

DOI: 10.17122/ntj-oil-2020-2-120-131

УДК 502:615.9:547.1

М.И. Маллябаева (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация), **Т.В. Тюмкина** (Институт нефтехимии и катализа, г. Уфа, Российская Федерация), **Э.М. Зайнутдинова** (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация), **Л.М. Халилов** (Институт нефтехимии и катализа, г. Уфа, Российская Федерация)

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИАЗИНОНА НА НЕКОТОРЫЕ ГЕОБИОНТЫ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

Marina I. Mallyabaeva (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation), **Tatyana V. Tyumkina** (Institute of Petrochemical and Catalysis, Ufa, Russian Federation), **Elvira M. Zainutdinova** (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation), **Leonard M. Halilov** (Institute of Petrochemical and Catalysis, Ufa, Russian Federation)

DIAZINON IMPACT ASSESSMENT ON SOME GEOBIONTS IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Введение

В статье показано влияние инсектицида «Землин», действующим веществом которого является диазинон, на почвенные организмы и на некоторые виды растений. Данный пестицид активно используется в агропромышленном секторе страны в борьбе с различными вредителями.

Цели и задачи

С целью выявления антропогенной нагрузки почвенной экосистемы при воздействии препарата «Землин», содержащего диазинон, и оценки токсичности инсектицида на почвенные организмы исследовались дождевые черви (*Lumbricus terrestris* L.) и бактерии, обитающие в почве: *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Arthrobacter* sp., *Azotobacter* sp., *Flavobacterium* sp.

Background

The article shows the effect of the insecticide «Zemlin», the active substance of which is diazinone, on soil organisms and on some plant species. This pesticide is actively used in the agro-industrial sector of the country in the fight against various pests.

Aims and Objectives

In order to detect the anthropogenic load of the soil ecosystem in the effects of the drug «Zemlin» containing diazinone, and to assess the toxicity of the insecticide on soil organisms, earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) and bacteria living in the soil: *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Arthrobacter* sp., *Azotobacter* sp., *Flavobacterium* sp.

Проведен анализ препарата на фитотоксичность на проростках лука (*Allium cepa*), капусты (*Brassica oleracea*) и гелихризума (*Helichrysum arenarium*). Исследована биодеструкция диазинона с помощью почвенных микроорганизмов-деструкторов.

Методы

Материалами для экспериментов являлись препарат «Землин», в котором действующим веществом является диазинон, и плодородный чернозём, отобранный из экологически чистой территории Кармаскалинского района Республики Башкортостан.

В данной работе проводились эксперименты по воздействию препарата на дождевых червей с учетом их поведения, моделировалось условие контакта дождевых червей (*Lumbricus terrestris* L.) с препаратом.

Проведены исследования на фитотоксичность, в качестве тест-объектов использовали огородные и цветочные культуры (лук, капуста, гелихризум).

Определение численности микроорганизмов в образцах почвы до и после воздействия инсектицидом в концентрациях ПК (производственная концентрация), 2ПК и 5ПК проводили методом «отпечатков» в чашках Петри на мясопептонном агаре (МПА), взятого в качестве питательной среды. Осуществляли посев взвеси почвенных проб и культивировали их от 2 до 5 сут в термостате при температуре 28 °С. В качестве источника углерода и энергии микроорганизмы использовали диазинон.

Изменение деструктивного материала определяли с помощью тонкослойной хроматограммы (ТСХ), применяли пластинки *Silufol UV-254*, элюент - ацетон, проявитель фосфорно-молибденовая кислота ($R_f = 0,3$). Хромато-масс-спектральный анализ проводили на приборе *Shimadzu GC-9A*.

Результаты

Результаты анализа воздействия инсектицида на основе диазинона на дождевых червях показали, что препарат оказывает высокое токсичное действие. При ПК на 3 сут живых дождевых червей наблюдалось 60 %.

В эксперименте по изучению фитотоксичности анализ показал, что после обработки препаратом «Землин» с различной концентрацией: ПК, 2ПК, 5ПК и контроль (без препарата) длина надземной и подземной частей растений, которые подвергались протравливанию, отличаются от контрольного образца.

Установлено, что при увеличении концентрации диазинона длина проростков уве-

The drug was analyzed for phytotoxicity on onion sprouts (*Allium cepa*), cabbage (*Brassica oleracea*) and *Helichrysum arenarium*. Biodestruction of diazinon with soil microorganisms- destructors has been investigated.

Methods

The material for experiments was the drug «Zemlin» in which the active substance is diazinone. A fertile black-and-yellow product, selected from the environmentally friendly territory of the Karmaskalinsky Region of the Republic of Bashkortostan.

In this work, experiments were conducted on the effects of the drug on earthworms, taking into account their behavior, modeled the condition of contact of earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) with the drug.

Studies on phytotoxicity were carried out, as test objects used vegetable and floral crops (onion, cabbage, helichrysum).

Determining the number of microorganisms in soil samples before and after exposure to insecticide in PC concentrations (production concentration), 2PC and 5PC were carried out by «fingerprinting» in petri dishes on meat-pepton agar (MPA) taken as nutrient environment. We planted soil samples and cultivated them from 2 to 5 days in a thermostat at 28 °C. Microorganisms used diazinone as a source of carbon and energy.

The change in the destructive material was determined with the help of a thin-layer chromatogram (TSX), the plates *Silufol UV-254* were used, the eluent was acetone, the developer of phosphorus-molybdenic acid ($R_f = 0.3$). Chromato-mass spectral analysis was carried out on the device *Shimadzu GC-9A*.

Results

Analysis of the effects of the insecticide on the basis of diazinone on earthworms showed that the drug has a high toxic effect. In PC for 3 days live earthworms were observed 60 %.

In an experiment to study phytotoxicity, the analysis showed that after treatment with the drug «Zemlin» with different concentrations: PC, 2PC, 5PC and control (drug free) the length of the above-ground and underground parts of plants that were etched, different from the control sample.

It has been established that the length of the sprouts increases when the concentration of diazinon increases. Diazinon does not have toxicity to seeds, and enhances their growth and development.

In an experiment to establish the effects of the insecticide on soil bacteria, it was found that in soil, untreated toxicant, the dominant mi-

личивается. Диазинон не обладает токсичностью для семян, а усиливает их рост и развитие.

В эксперименте по установлению влияния инсектицида на почвенные бактерии было установлено, что в почве, необработанной токсикантом, в составе микроорганизмов доминирующими являются *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Arthrobacter* sp., *Azotobacter* sp. и *Flavobacterium* sp. При увеличении концентрации вещества препарата (ПК, 2 ПК, 5 ПК) наблюдается изменение качественного и количественного составов микроорганизмов почвы. Снижение количества микроорганизмов происходит уже при производственной концентрации. Загрязнение 2 ПК приводит к исчезновению из микросреды почвы *Azotobacter* sp., *Arthrobacter* sp. и *Flavobacterium* sp. Токсическое действие диазинона выдерживают бактерии вида *Pseudomonas* sp. и *Bacillus* sp.

Биодеструкцию диазинона проводили в течение 65 сут. Через 14 сут в ЯМР и ГХ-МС спектрах появились продукты гидролиза диазинона. Полная химическая трансформация изучаемого пестицида происходит на 65 сут (контроль по ТСХ), в ЯМР ^{31}P спектре какие-либо сигналы атома фосфора отсутствуют. Одновременно в спектре ГХ-МС диазинон также не наблюдается, однако был зафиксирован пик, идентифицированный как 4,6-диметил-N-фенилпиридин-2-амин, который может быть рассмотрен в качестве продукта биодegradации под действием бактерий *Pseudomonas* sp.

Microorganisms are *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Arthrobacter* sp., *Azotobacter* sp. and *Azotobacter* sp. and *Flavobacterium* sp. When the concentration of the substance of the drug (PC, 2PC, 5 PC) increases, there is a change in the quality and quantitative composition of soil microorganisms. The decrease in the number of microorganisms occurs already during the production concentration. 2 PC pollution of leads to the disappearance from the microenvironment of the soil *Azotobacter* sp., *Arthrobacter* sp. and *Flavobacterium* sp. Toxic action of diazinon is sustained by bacteria of the species *Pseudomonas* sp. and *Bacillus* sp.

Biodestruction of the diazinon was carried out for 65 days. After 14 days in the NMR and GLC-MS spectrums products of hydrolyse diazinone appeared. The complete chemical transformation of the studied pesticide takes place on 65 days (control on TLH), in the NMR ^{31}P spectrum there are no signals of the phosphorus atom. At the same time, there is no diazinone in the GLC-MS spectrum, but there has been a peak identified as 4,6-dimethyl-N-phenylpyridin-2-amin, which can be considered as a biodegradation product under the influence of *Pseudomonas* sp. bacteria.

Ключевые слова: химическое загрязнение; пестицид; инсектицид; диазинон; биотестирование; фитотоксичность; микроорганизмы; дождевые черви; токсичность; биодеструкция

Key words: chemical pollution; pesticide; insecticide; diazinone; biotesting; phytotoxicity; microorganisms; earthworms; toxicity; biodestruction

Введение

Использование инсектицидов в сельском хозяйстве с каждым годом увеличивается в связи с ростом популяций вредителей и увеличением спроса на сельскохозяйственную продукцию.

Загрязнение поверхностных слоев почв инсектицидами является экологической проблемой во всем мире.

В агропромышленном секторе страны для борьбы с вредителями масштабно применяются инсектициды, обладающие широким спектром токсического действия, к кото-

рым принадлежит фосфорорганический инсектицид, содержащий диазинон [1, 2].

Хроническое воздействие фосфорорганических пестицидов приводит к эндокринным и неврологическим нарушениям, вызывает аутоиммунные расстройства и развитие опухолей [3]. Показано, что диазинон обладает генотоксическим потенциалом, вызывая повреждение структуры молекулы ДНК, а также оказывает цитотоксический эффект, действуя на лимфоциты человека [4].

Механизмы токсического действия диазинона изучены на различных видах животных. Фосфорорганические соединения ингибируют фермент холинэстеразу, вызывая целый ряд токсических процессов у угревых рыб [5]. У пчел также происходит нарушение движения нервных импульсов, вызывая судорожные активные сокращения мышц, паралич и гибель [6].

Данный пестицид действует не только на нервную систему, но и на ряд других систем организма, что подтверждается большим количеством исследований, проведенных на млекопитающих. Так, показано, что диазинон вызывает снижение активности антиоксидантных ферментов, включая энзимы, участвующие в метаболизме глутатиона в почках. Происходит окислительный стресс, который индуцирует нефротоксические процессы у крыс [7].

Другие исследования, проведенные на крысах, показали, что в одном случае диазинон вызывает снижение количества эритроцитов, уровня гемоглобина и гематокрита, что приводит к анемии [8], в другом случае, наоборот, индуцирует повышение данных показателей [9].

При анализе гепатотоксического эффекта диазинона у самцов крыс было отмечено изменение биохимических показателей крови. Данный экотоксикант вызывает гистопатологические процессы в печени, почках и яичках [10, 11].

Показано, что диазинон оказывает различное действие на ткани органов пищеварительной и выделительной систем в зависимости от дозы [12]. Гистопатологические изменения в тканях поджелудочной железы и печени крыс-альбиносов наблюдались при вве-

дении токсиканта в дозе 200 мг/кг [13]. Различные дозы диазинона вызывают изменения сердечных и скелетных мышечных волокон самок крыс. Гистологический анализ выявил дегенерацию этих тканей [14].

Имеются также исследования по биодеградации диазинона как в водной среде, так и в различных типах почвы. Авторы [15] провели биодеградацию инсектицида из водных растворов с помощью дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Наибольшая скорость деградации 96 % при начальной концентрации диазинона 2,5 мг/л.

Разрушающие диазинон бактерии выделены из сельскохозяйственных почв, штамм *Serratia marcescens* D1101 способен полностью разрушать 50 мг/л диазинона в течение 11 сут [16].

Для удаления или детоксикации остатков диазинона на плодах томатов предложено авторами [17] использовать эпифитные дрожжи *Rhodotorul aglutinis* и *Rhodotorul arubra*.

Разрушающую диазинон бактерию *Pseudomonas aeruginosa* выделяли из сельскохозяйственных дренажных канавок. Исследовали влияние концентрации диазинона, а также температуры и pH на рост бактерий и скорость деградации диазинона. Максимальная способность к разрушению диазинона (83,6 %) достигалась при концентрации диазинона 400 ppm (~ 5 г/м³) при значении pH 7,0 и температуре 30 °C в течение 14 сут [18].

Для биоремедиации загрязненных диазиноном почв предложены выделенные бактериальные штаммы *Serratia sp.* and *Pseudomonas sp.* [19].

Выделенные бактерии *Pseudomonas aeruginosa* и *Flavobacterium sp.* из агропочв города Марвдашт в Иране также способны разрушать диазинон [20].

Цели и задачи

Много исследований по влиянию на живые организмы и биодеградации диазинона проводилось за рубежом, но комплексной оценки влияния его на почвенную экосистему в Республике Башкортостан не проводилось.

С целью выяснения антропогенной деградации почвенной экосистемы при воздействии диазинона была исследована биодеструкция диазинона с помощью почвенных микроорганизмов, выделенных и идентифицированных из плодородного чернозема экологически чистого района Республики Башкортостан. В качестве тестируемых организмов для оценки токсичности инсектицида для почвенных организмов использовались дождевые черви, так как они активизируют создание гумуса [21], и бактерии, обитающие в почве, поскольку они наиболее чувствительны к загрязнению. Проведено также тестирование проростков лука (*Allium cepa*), капусты (*Brassica oleracea*) и гелихризума (*Helichrysum arenarium*) на токсичность препарата «Землин», действующим веществом которого является диазинон.

Материалы и методы исследования

Материалом для экспериментов являлся препарат «Землин», в котором действующим веществом является диазинон - [О,О-диэтил-О-(2-изопропил-4-метил-пиримидил-6)тиофосфат], - (C₁₂H₂₁N₂O₃PS) (рисунок 1).

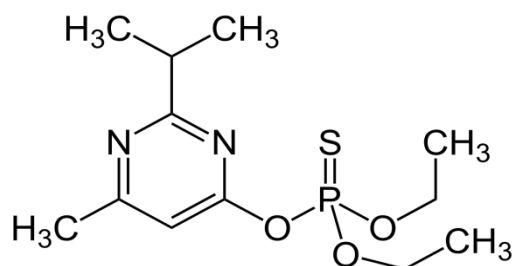


Рисунок 1. Структурная формула диазинона

В данной работе проводились эксперименты по воздействию препарата на дождевых червей с учетом их поведения, моделировалось условие контакта дождевых червей (*Lumbricus terrestris* L.) с препаратом согласно методике [22, 23].

В емкости с опытными образцами почвы (1 кг) - плодородного чернозёма, отобран-

ного из экологически чистой территории Кармаскалинского района Республики Башкортостан, препарат смешивали с песком из расчета 30 г «Землин» и 500 г песка и вносили в каждую ёмкость пестицид из расчёта производственной концентрации: ПК (5 г), 2ПК (10 г), 5ПК (25 г) и контроль (без пестицида), почву перемешивали, увлажняли водой (60 %), вносили по 10 особей половозрелых дождевых червей.

Контрольные и опытные инкубационные сосуды на протяжении всего опыта находились в одинаковом режиме температуры (20-25 °С) и увлажнения (60 %).

Изучение токсичности препарата «Землин» проводили с помощью методики [24], измеряя длину подземной и надземной частей проростков лука, капусты и гелихризума.

Влияние инсектицида на почвенные бактерии проводили следующим образом: в четыре пластиковых контейнера отобрали по 100 г почвы и внесли раствор препарата в концентрациях ПК, 2ПК и 5ПК, тщательно перемешивая. Инсектицид предварительно разводили в растворителе (в воде), получены следующие дозы:

ПК - 0,05 г препарата на 100 мл воды;

2ПК - 0,1 г препарата на 100 мл воды;

5ПК - 0,25 г препарата на 100 мл воды.

В четвертый (контрольный) контейнер добавляли только воду. Контрольные и экспериментальные контейнеры на протяжении всего времени проведения опыта находились в одинаковом режиме температуры (20-25 °С) и влажности (60 % ПВ).

Определение состава и численности микроорганизмов в образцах почвы проводили методом «отпечатков» в чашках Петри на мясопептонный агар (МПА), взятого в качестве питательной среды. Выполнили посев взвеси почвенных проб и культивировали их от 2 до 5 сут в термостате при температуре 28 °С по методике [25].

Для исследования биодеструкции диазинона первоначально из препаративной формы исходного инсектицида выделили действующее вещество методом экстракции. Экстракцию проводили следующим образом: 30 г препарата растворили в смеси, состоящей из 200 мл H₂O и 100 мл этилацетата, че-

рез 1 ч отделили твердую фазу, добавили 300 мл этилацетата и тщательно перемешали, отделили водную фазу от эфирной, упаривали до получения сухого остатка.

Культивирование выделенных из почвы микроорганизмов проводили на минеральной среде, состоящей из г/л:

$NaNO_3$ 2,0;
 KH_2PO_4 1,0;
 $NH_4(SO_4)_2$ 2,0;
 $CaHPO_4$ 1,0;

дистиллированная вода.

В качестве источника углерода и энергии микроорганизмы использовали диазинон 0,1 г на 100 мл среды. Бактерии культивировали в термостате при температуре 30 °С в течение 60 сут.

Изменение деструктивного материала определяли с помощью тонкослойной хроматограммы (ТСХ), применяли пластинки *Silufol UV-254*, элюент - ацетон, проявитель - фосфорно-молибденовая кислота ($R_f = 0,3$).

Хромато-масс-спектральный анализ проводили на приборе *Shimadzu GC-9A*, колонка 2000 × 2 мм, неподвижная фаза - силикон *SE-30* (5 %) на носителе *ChromatonN-AW-HMDS* (0,125–0,160 мм), газ-носитель - гелий (30 мл/мин), программирование температуры от 50 °С до 300 °С со скоростью 8 °С/мин.

Результаты и их обсуждение

Результаты анализа воздействия инсектицида на основе диазинона на дождевых червей, чувствительных к загрязнению внешней среды, показали, что данное вещество оказывает высокое токсичное действие (в условиях модельного загрязнения). При ПК на 3 сут живых дождевых червей наблюдалось 60 % (рисунок 2).

С увеличением производственной концентрации инсектицида степень токсичности действующего вещества возрастает, что приводит к необратимым нарушениям в физиологических процессах, вызывая гибель дождевых червей.

Следующим этапом проведения эксперимента было изучение фитотоксичности. Результаты анализа после обработки препа-

ратом «Землин» с различной концентрацией: ПК, 2ПК, 5ПК и контроль (без препарата) показали, что длина надземной и подземной частей растений, которые подвергались протравливанию, отличаются от контрольного образца.

На рисунках 3-5 представлены средние длины надземной и подземной частей испытуемых объектов в зависимости от дозы препарата.

Установлено, что при увеличении концентрации диазинона длина проростков увеличивается. Диазинон не обладает фитотоксичностью для семян, а усиливает их рост и развитие. В эксперименте по установлению влияния инсектицида на почвенные бактерии было установлено, что в чистой почве, не обработанной токсикантом, в составе микроорганизмов доминирующими являются *Bacillus* sp., в большом количестве присутствуют *Arthrobacter* sp., *Azotobacter* sp. и *Flavobacterium* sp. (таблица 1).

Бактерии выполняют главную роль в процессах почвенной экосистемы. Ряд микроорганизмов принимает участие в биодеструкции пестицидов [15-20].

Состав почвенных организмов представлен в таблице 1.

Анализ токсичности диазинона для почвенных бактерий показал, что при увеличении концентрации вещества (ПК, 2ПК, 5ПК) наблюдается изменение качественного и количественного составов микроорганизмов почвы. Угнетение и снижение количества микроорганизмов происходит уже при производственной концентрации. Загрязнение 2ПК приводит к исчезновению из микросреды почвы *Azotobacter* sp., *Arthrobacter* sp. и *Flavobacterium* sp.

Токсическое действие диазинона выдерживают бактерии вида *Pseudomonas* sp. и *Bacillus* sp. При 5ПК происходит гибель всей существующей микрофлоры, полностью происходит подавление роста выделенных бактерий.

Из-за действия диазинона происходит обеднение почвенного состава, появляются микроорганизмы - доминанты, устойчивые к определенному уровню загрязнения пестицидом.

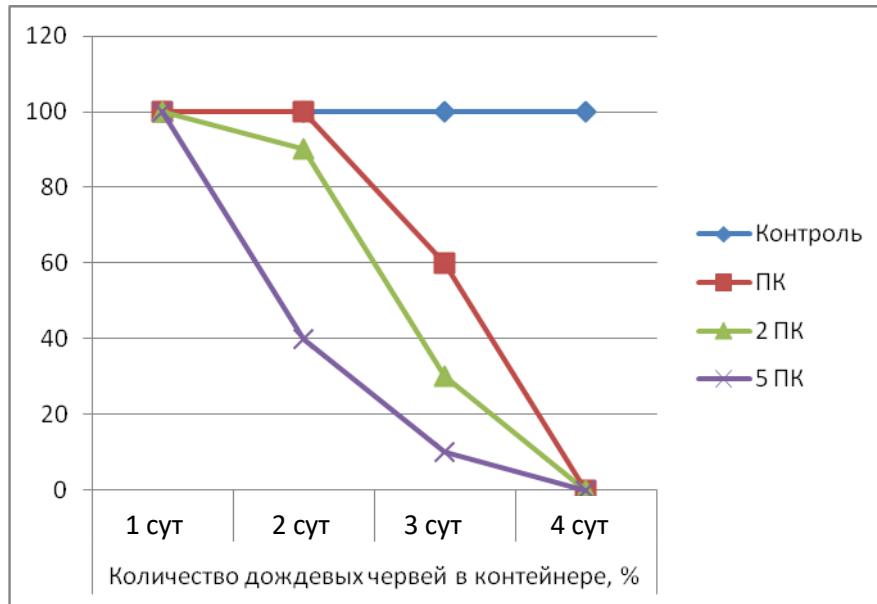


Рисунок 2. Динамика изменения количества живых червей

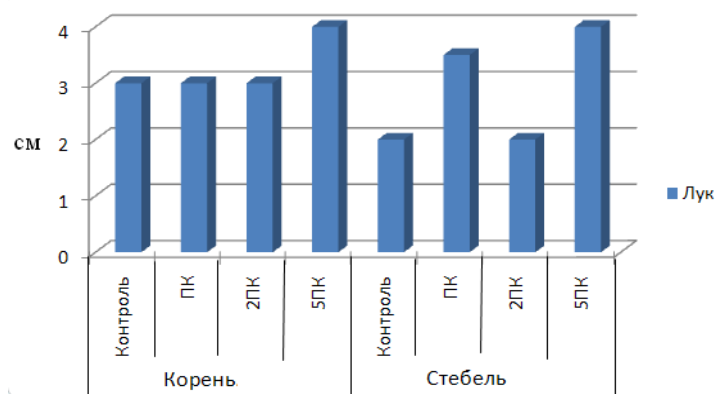


Рисунок 3. Средняя длина проростков лука

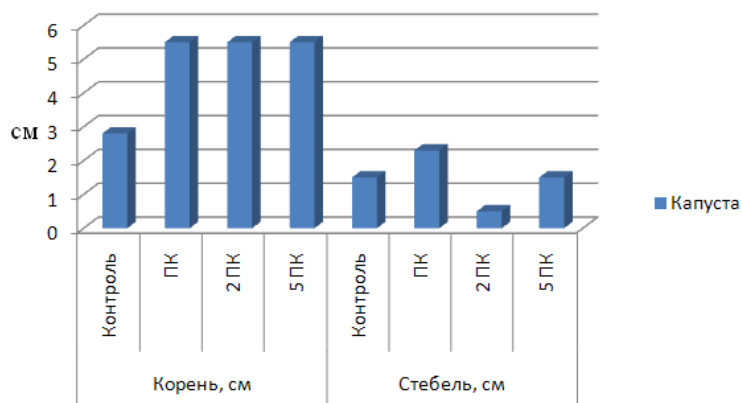


Рисунок 4. Средняя длина проростков капусты

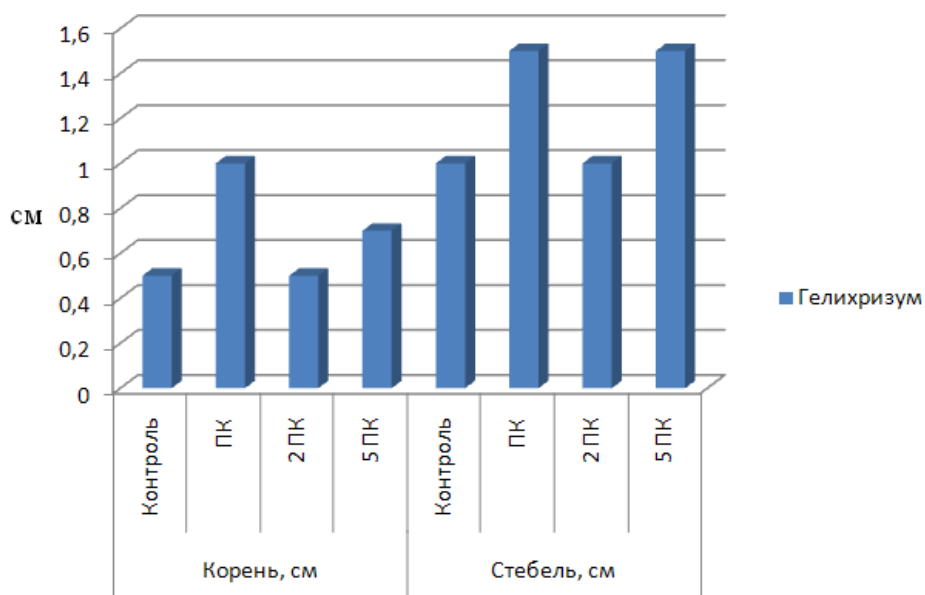


Рисунок 5. Средняя длина проростков гелихризума

Таблица 1. Состав почвенных микроорганизмов

Микроорганизмы	Контроль	ПК	2 ПК	5 ПК
<i>Pseudomonas</i> sp.	$(2,00 \pm 0,02) \cdot 10^5$	$(1,00 \pm 0,03) \cdot 10^3$	$(2,00 \pm 0,02) \cdot 10^2$	-
<i>Bacillus</i> sp.	$(2,00 \pm 0,02) \cdot 10^4$	$(1,00 \pm 0,02) \cdot 10^2$	$(1,00 \pm 0,02) \cdot 10^1$	
<i>Arthrobacter</i> sp.	$(2,00 \pm 0,03) \cdot 10^3$	$(1,00 \pm 0,03) \cdot 10^2$	-	
<i>Azotobacter</i> sp.	$(1,00 \pm 0,02) \cdot 10^3$	$(1,00 \pm 0,02) \cdot 10^1$	-	
<i>Flavobacterium</i> sp.	$(2,00 \pm 0,03) \cdot 10^2$	$(2,00 \pm 0,03) \cdot 10^1$	-	

Такая выживаемость микроорганизмов позволяет изучать их как микроорганизмы-деструкторы.

Микроорганизмы, обладающие наибольшей устойчивостью к загрязнению, можно отнести к организмам-биодеструкторам, их необходимо протестировать и выделить продукты метаболизма.

Нами в качестве микроорганизмов-деструкторов выбраны *Pseudomonas* sp.

Мониторинг процесса биодеструкции диазинона проводили в течение 65 сут. Первоначально инсектицид выделили из препаративной формы, провели идентификацию исходной молекулы сравнением с литературными данными ($\delta_p = 60,0$ м.д., библиотека NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library (National Institute of Standards and Technology, 2008)). Через 14 сут в ЯМР- и ГХ-МС-спектрах появились продукты гидролиза диазинона.

Полная химическая трансформация изучаемого пестицида происходит на 65 сут (контроль по ТСХ), поскольку в ЯМР ³¹P спектре какие-либо сигналы атома фосфора отсутствуют.

Одновременно в спектре ГХ-МС диазинон также не наблюдается, однако был зафиксирован пик, идентифицированный как 4,6-диметил-N-фенилпиридин-2-амин, который может быть рассмотрен в качестве кандидата на продукт биодegradации под действием бактерий *Pseudomonas* sp.

Выводы

Анализ воздействия инсектицида на основе диазинона на дождевых червей показал, что данное вещество оказывает высокотоксичное действие. При заявленной производителем норме расхода пестицида (ПК) происходит гибель дождевых червей на 4 сут.

При исследовании фитотоксичности препарата «Землин» было установлено, что при увеличении его концентрации длина подземной и надземной частей растений (тест-

объектов) увеличивается, не оказывая негативного воздействия на жизнеспособность проростков.

Установлено, что нарушение приемов обработки почвы пестицидом в дозах 2ПК отрицательно влияет на микробиоту почвы, как на бактерии: грамотрицательные - *Pseudomonas* sp., спорообразующие - *Bacillus* sp., и приводит к исчезновению из микросреды почвы *Azotobacter* sp., *Arthrobacter* sp. и *Flavobacterium* sp.

Мониторинг биодеструкции диазинона под действием микроорганизмов-деструкторов *Pseudomonas* sp. показал, что полная химическая трансформация пестицида происходит через 65 сут.

Благодарность

Результаты получены при финансовой поддержке РФ в лице Минобрнауки России Грантом ФЦП № 2019-05-595-000-058 с использованием оборудования ЦКП «Агидель» УФИЦ РАН.

Список литературы

1. Маллябаева М.И., Ягафарова Г.Г., Тюмкина Т.В., Балакирева С.В., Зайнутдинова Э.М. Исследование влияния метальдегида на биоценоз почвы и механизм его биотрансформации // Башкирский химический журнал. 2016. Т. 23. № 3. С. 63-67.
2. Кадырова Э.Р., Хизбуллина Э.И., Ягафарова Г.Г., Мигранова И.Г., Ступак Е.Э. Влияние краткосрочного и длительного воздействия тяжелых металлов на окислительный стресс проростков *Triticum Aestivum* L. // Башкирский химический журнал. 2017. Т. 24. № 2. С. 46-51.
3. Johnson R.D, Manske D.D. Pesticide and Other Chemical Residues in Total Diet Samples // *Pesticides Monitoring Journal*. 1977. Vol. 11. P. 116-131.
4. Dilek F., Gökalp M., Kanev M., Ozdemir K. Genotoxic Effects of Diazinon on Human Peripheral Blood Lymphocytes // *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*. 2015. Vol. 66. Issue 2. P. 153-158. DOI: 10.1515/aiht-2015-66-2584.
5. Ceron J.J., Ferrando M.D., Sancho E., Gutierrez-Panizo C., Andreu-Moliner E. Effects of Diazinon Exposure on Cholinesterase Activity in Different Tissues of European Eel (*Anguilla Anguilla*) //

References

1. Mallyabaeva M.I., Yagafarova G.G., Tyumkina T.V., Balakireva S.V., Zainutdinova E.M. Issledovanie vliyaniya metal'degida na biotsenoz pochvy i mekhanizm ego biotransformatsii [Research of Metaldehyde Influence on the Soil Biocenosis and his Biotransformation Mechanism]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal - Bashkir Chemical Journal*, 2016, Vol. 23, No. 3, pp. 63-67. [in Russian].
2. Kadyrova E.R., Khizbullina E.I., Yagafarova G.G., Migranova I.G., Stupak E.E. Vliyanie kratkosrochnogo i dlitel'nogo vozdeistviya tyazhelykh metallov na okislitel'nyi stress prorostkov *Triticum Aestivum* L. [Effect of Short-Term and Long-Lived Influence of Heavy Metals on the Oxidative Stress of *Triticum Aestivum* L. Seedlings]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal - Bashkir Chemical Journal*, 2017, Vol. 24, No. 2, pp. 46-51. [in Russian].
3. Johnson R.D, Manske D.D. Pesticide and Other Chemical Residues in Total Diet Samples. *Pesticides Monitoring Journal*, 1977, Vol. 11, pp. 116-131.
4. Dilek F., Gökalp M., Kanev M., Ozdemir K. Genotoxic Effects of Diazinon on Human Peripheral Blood Lymphocytes. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 2015, Vol. 66, Issue 2, pp. 153-158. DOI: 10.1515/aiht-2015-66-2584.

- Ecotoxicology and Environmental Safety. 1996. Vol. 35. Issue 3. P. 222-225. DOI: 10.1006/eesa.1996.0102.
6. Ware G.W. *The Pesticide Book*. Fresno: Thomson Publications, 2000. 418 p.
7. Shah M.D., Iqbal M. Diazinon-Induced Oxidative Stress and Renal Dysfunction in Rats // *Food and Chemical Toxicology*. 2010. Vol. 48. Issue 12. P. 3345-3353. DOI: 10.1016/j.fct.2010.09.003.
8. Alahyary P, Ilkhani M., Azarbaijani F., Nejati V. The Potential Toxicity of Diazinon on Physiological Factors in Male Rat // *Pakistan Journal of Biological Science*. 2008. Vol. 11. Issue 1. P. 127-130. DOI: 10.3923/pjbs.2008.127.130.
9. Kalender Y., Uzunhisarcikli M., Ogutcu A., Acikgoz F., Kalender S. Effects of Diazinon on Pseudocholinesterase Activity and Haematological Indices in Rats: the Protective Role of Vitamin E // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2006. Vol. 22. Issue 1. P. 46-51. DOI: 10.1016/j.etap.2005.11.007.
10. Kalender S., Ogutcu A., Uzunhisarcikli M., Acikgoz F., Durak D., Ulusoy Y. Diazinon-Induced Hepatotoxicity and Protective Effect of Vitamin E on Some Biochemical Indices and Ultrastructural Changes // *Toxicology*. 2005. Vol. 211. Issue 3. P. 197-206. DOI: 10.1016/j.tox.2005.03.007.
11. Al-Attar M. Effect of Grapeseed Oil on Diazinon-Induced Physiological and Histopathological Alterations in Rats // *Saudi Journal of Biological Science*. 2014. Vol. 22. Issue 3. P. 284-292. DOI: 10.1016/j.sjbs.2014.12.010.
12. Hassan M.A., Rahaman T., Ferdous K.A., Parvez M.N.H., Islam M.S. Effect of Dietary Exposure to Diazinon on Different Organs and Hematological Parameters of Rabbit // *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2019. Vol. 7. Issue 2. P. 168-175.
13. Gokcimen A., Gulle K., Demirin H., Bayram D., Koca A., Altuntas I. Effect of Diazinon at Different Doses on Rat Liver and Pancreas Tissues // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2007. Vol. 87. Issue 2. P. 103-108. DOI: 10.1016/j.pestbp.2006.06.011.
14. Abdou H.M., El Mazoudy R.H. Oxidative Damage, Hyperlipidemia and Histological Alterations of Cardiac and Skeletal Muscles Induced by Different Doses of Diazinon in Female Rats // *Journal of Hazard Material*. 2010. Vol. 182. Issue 1-3. P. 273-278. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.06.026.
15. Ehrampoush M.H., Sadeghi A., Ghaneian M.T., Bonyadi Z. Optimization of Diazinon Biodegradation from Aqueous Solutions by *Saccharomyces Cerevisiae* Using Response Surface Methodology // *AMB Express*. 2017. Vol. 7. P. 68. DOI: 10.1186/s13568-017-0366-5.
16. Abo-Amer A.E. Biodegradation of Diazinon by *Serratia Marcescens* DI101 and its Use in Bioremediation of Contaminated Environment // *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2011. Vol. 21. Issue 1. P. 71-80. DOI: 10.4014/jmb.1007.07024.
17. Bempelou E., Vontas J.G., Liapis K.S., Ziogas V.N. Biodegradation of Diazinon by the Epiphyt-
5. Ceron J.J., Ferrando M.D., Sancho E., Gutierrez-Panizo C., Andreu-Moliner E. Effects of Diazinon Exposure on Cholinesterase Activity in Different Tissues of European Eel (*Anguilla Anguilla*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1996, Vol. 35, Issue 3, pp. 222-225. DOI: 10.1006/eesa.1996.0102.
6. Ware G.W. *The Pesticide Book*. Fresno, Thomson Publications, 2000. 418 p.
7. Shah M.D., Iqbal M. Diazinon-Induced Oxidative Stress and Renal Dysfunction in Rats. *Food and Chemical Toxicology*, 2010, Vol. 48, Issue 12, pp. 3345-3353. DOI: 10.1016/j.fct.2010.09.003.
8. Alahyary P, Ilkhani M., Azarbaijani F., Nejati V. The Potential Toxicity of Diazinon on Physiological Factors in Male Rat. *Pakistan Journal of Biological Science*, 2008, Vol. 11, Issue 1, pp. 127-130. DOI: 10.3923/pjbs.2008.127.130.
9. Kalender Y., Uzunhisarcikli M., Ogutcu A., Acikgoz F., Kalender S. Effects of Diazinon on Pseudocholinesterase Activity and Haematological Indices in Rats: the Protective Role of Vitamin E. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 2006, Vol. 22, Issue 1, pp. 46-51. DOI: 10.1016/j.etap.2005.11.007.
10. Kalender S., Ogutcu A., Uzunhisarcikli M., Acikgoz F., Durak D., Ulusoy Y. Diazinon-Induced Hepatotoxicity and Protective Effect of Vitamin E on Some Biochemical Indices and Ultrastructural Changes. *Toxicology*, 2005, Vol. 211, Issue 3, pp. 197-206. DOI: 10.1016/j.tox.2005.03.007.
11. Al-Attar M. Effect of Grapeseed Oil on Diazinon-Induced Physiological and Histopathological Alterations in Rats. *Saudi Journal of Biological Science*, 2014, Vol. 22, Issue 3, pp. 284-292. DOI: 10.1016/j.sjbs.2014.12.010.
12. Hassan M.A., Rahaman T., Ferdous K.A., Parvez M.N.H., Islam M.S. Effect of Dietary Exposure to Diazinon on Different Organs and Hematological Parameters of Rabbit. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2019, Vol. 7, Issue 2, pp. 168-175.
13. Gokcimen A., Gulle K., Demirin H., Bayram D., Koca A., Altuntas I. Effect of Diazinon at Different Doses on Rat Liver and Pancreas Tissues. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2007, Vol. 87, Issue 2, pp. 103-108. DOI: 10.1016/j.pestbp.2006.06.011.
14. Abdou H.M., El Mazoudy R.H. Oxidative Damage, Hyperlipidemia and Histological Alterations of Cardiac and Skeletal Muscles Induced by Different Doses of Diazinon in Female Rats. *Journal of Hazard Material*, 2010, Vol. 182, Issue 1-3, pp. 273-278. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.06.026.
15. Ehrampoush M.H., Sadeghi A., Ghaneian M.T., Bonyadi Z. Optimization of Diazinon Biodegradation from Aqueous Solutions by *Saccharomyces Cerevisiae* Using Response Surface Methodology. *AMB Express*, 2017, Vol. 7, pp. 68. DOI: 10.1186/s13568-017-0366-5.
16. Abo-Amer A.E. Biodegradation of Diazinon by *Serratia Marcescens* DI101 and Its Use in Bioremediation of Contaminated Environment. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2011, Vol. 21, Issue 1,

ic Yeasts *Rhodotorula Glutinis* and *Rhodotorula Rubra* // *Hellenic Plant Protection Journal*. 2013. Vol. 6. Issue 2. P. 69-82.

18. Essa A.M.M., Amany M.R., Radwan T.E.E., Ibrahim W.M. Biodegradation of the Organophosphorus Insecticide Diazinon by *Pseudomonas Aeruginosa* Isolated from Agricultural Drainage Ditches // *Egyptian Journal of Botany*. 2016. Vol. 56. No. 1. P. 353-370.

19. Cycon M., Wojcik M., Piotrowska-Seget Z. Biodegradation of the Organophosphorus Insecticide Diazinon by *Serratia* sp. and *Pseudomonas* sp. and Their Use in Bioremediation of Contaminated Soil // *Chemosphere*. 2009. Vol. 76. Issue 4. P. 494-501. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2009.03.023.

20. Khani M., Kafilzadeh F. Diazinon Degradation by *Pseudomonas Aeruginosa* and *Flavobacterium Bacteria* and Assessing the Growth Kinetics // *Journal of Biology and Today's World*. 2015. Vol. 4. Issue 2. P. 44-48. DOI: 10.15412/j.jbtw.01040202.

21. Игонин А.М. Разведение и использование дождевых червей. М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 1995. 88 с.

22. Долженко Т.В., Козлова Е.Г., Долженко О.В. Оценка действия инсектицидов на полезных членистоногих // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2016. № 2-3. С. 21-23.

23. Фомин Г.С., Фомин А.Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам: справочник. М.: ВНИИ-стандарт, 2001. 300 с.

24. Кабиров Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н.В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // *Экология*. 1997. № 6. С. 408-411.

25. Нетрусова А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.

pp. 71-80. DOI: 10.4014/jmb.1007.07024.

17. Bempelou E., Vontas J.G., Liapis K.S., Zizogas V.N. Biodegradation of Diazinon by the Epiphytic Yeasts *Rhodotorula Glutinis* and *Rhodotorula Rubra*. *Hellenic Plant Protection Journal*, 2013, Vol. 6, Issue 2, pp. 69-82.

18. Essa A.M.M., Amany M.R., Radwan T.E.E., Ibrahim W.M. Biodegradation of the Organophosphorus Insecticide Diazinon by *Pseudomonas Aeruginosa* Isolated from Agricultural Drainage Ditches. *Egyptian Journal of Botany*, 2016, Vol. 56, No. 1, pp. 353-370.

19. Cycon M., Wojcik M., Piotrowska-Seget Z. Biodegradation of the Organophosphorus Insecticide Diazinon by *Serratia* sp. and *Pseudomonas* sp. and their Use in Bioremediation of Contaminated Soil. *Chemosphere*, 2009, Vol. 76, Issue 4, pp. 494-501. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2009.03.023.

20. Khani M., Kafilzadeh F. Diazinon Degradation by *Pseudomonas Aeruginosa* and *Flavobacterium Bacteria* and Assessing the Growth Kinetics. *Journal of Biology and Today's World*, 2015, Vol. 4, Issue 2, pp. 44-48. DOI: 10.15412/j.jbtw.01040202.

21. Igonin A.M. *Razvedenie i ispol'zovanie dozhdevykh chervei* [Breeding and Use of Earthworms]. Moscow, Informatsionno-vnedrencheskii tsentr «Marketing» Publ., 1995. 88 p. [in Russian].

22. Dolzhenko T.V., Kozlova E.G., Dolzhenko O.V. Otsenka deistviya insektitsidov na poleznykh chlenistonogikh [Action's Evaluation of Insecticides on Beneficial Arthropods]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka - Russian Agricultural Sciences*, 2016, No. 2-3, pp. 21-23. [in Russian].

23. Fomin G.S., Fomin A.G. *Pochva. Kontrol' kachestva i ekologicheskoi bezopasnosti po mezhdunarodnym standartam. Spravochnik* [The Soil. Quality Control and Environmental Safety According to International Standards. Directory]. Moscow, VNIStandart Publ., 2001. 300 p. [in Russian].

24. Kabirov R.R., Sagitova A.R., Sukhanova N.V. Razrabotka i ispol'zovanie mnogokomponentnoi test-sistemy dlya otsenki toksichnosti pochvennogo pokrova gorodskoi territorii [Development and Use of a Multicomponent Test System for Assessing the Toxicity of Soil Cover in an Urban Area]. *Ekologiya - Russian Journal of Ecology*, 1997, No. 6, pp. 408-411. [in Russian].

25. Netrusova A.I., Egorova M.A., Zakharchuk L.M. *Praktikum po mikrobiologii* [Microbiology Workshop]. Moscow, Izdatel'skii tsentr «Akademiya» Publ., 2005. 608 p. [in Russian].

Авторы

• Маллябаева Марина Ивановна, канд. хим. наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Доцент кафедры «Прикладная экология»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: mmallyabaeva@yandex.ru

• Тюмкина Татьяна Викторовна, канд. хим. наук
Институт нефтехимии и катализа
Уфимского федерального исследовательского
центра Российской академии наук
Старший научный сотрудник
Российская Федерация, 450075, г. Уфа,
пр. Октября, 141
e-mail: ttvnmr@gmail.com

• Зайнутдинова Эльвира Муратовна, канд. биол.
наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Доцент кафедры «Прикладная экология»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: elvira-zaynutdinova@rambler.ru

• Халилов Леонард Мухибович, д-р хим. наук
Институт нефтехимии и катализа
Уфимского федерального исследовательского
центра Российской академии наук
Заведующий лабораторией структурной химии
Российская Федерация, 450075, г. Уфа,
пр. Октября, 141
e-mail: KhalilovLM@gmail.com

The Authors

• Mallyabaeva Marina I., Candidate of Chemical
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Applied Ecology Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: mmallyabaeva@yandex.ru

• Tyumkina Tatyana V., Candidate of Chemical
Sciences
Institute of Petrochemistry and Catalysis,
Ufa Federal Research Center,
Russian Academy of Sciences
Senior Researcher
141, October ave., Ufa, 450075, Russian Federation
e-mail: ttvnmr@gmail.com

• Zainutdinova Elvira M., Candidate of Biological
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Applied Ecology Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: elvira-zaynutdinova@rambler.ru

• Halilov Leonard M., Doctor of Chemical Sciences
Institute of Petrochemistry and Catalysis,
Ufa Federal Research Center,
Russian Academy of Sciences
Head of Structural Chemistry Laboratory
141, October ave., Ufa, 450075, Russian Federation
e-mail: KhalilovLM@gmail.com