

УДК 631.46:632.122.2:632.95

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ И ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПЕСТИЦИДАМИ

© 2024 г. С. И. Наджафова^{1,*}, Ф. Ш. Кейсерухская¹¹Институт микробиологии Министерства науки и образования Азербайджана
AZ 1004 Баку, ул. М. Мушвига, 103, Республика Азербайджан

*E-mail: nadjafovas@yahoo.com

Приведены результаты исследования численности и ферментативной активности микроорганизмов в почвах р-на Зардоб (Азербайджан), с территории базы по хранению пестицидов. Выявлено, что почвы базы загрязнены в очень сильной степени, и содержание пестицидов (в том числе и ДДТ) превышали ПДК в десятки–сотни раз. Микробиологические исследования почвенных образцов показали, что в отличие от чистой почвы во всех образцах почв, загрязненных пестицидами, численность микроорганизмов и ферментативная активность снижались, что свидетельствовало об отрицательном воздействии загрязнения почв пестицидами на структуру и активность микробиоценоза и являлось показателем ограниченного ассимиляционного потенциала и низкой самоочищающей способности этих почв по отношению к поллютантам.

Ключевые слова: почвы, пестициды, ПДК, микроорганизмы, ферментативная активность почвы.

DOI: 10.31857/S0002188124030086, **EDN:** DNMYMR

ВВЕДЕНИЕ

В процессе сельскохозяйственного производства одной из глобальных экологических проблем является негативное воздействие пестицидов на окружающую среду и здоровье людей. В Советский период в Азербайджане сельское хозяйство относилось к ключевому сектору экономики республики и являлось развитой инфраструктурой. Сельское хозяйство относилось к ключевому сектору экономики Азербайджанской Республики. Так как почвенно-климатические условия в Азербайджане благоприятны для развития вредителей и болезней сельскохозяйственных растений, республика по удельному расходу ядохимикатов на площадь сельскохозяйственных земель занимала одно из ведущих мест. Только в 1990 г. в республике было использовано 35 тыс. т различных ядохимикатов и более 400 тыс. т минеральных удобрений [1], при среднесоюзном уровне 1.5 кг в Азербайджане использовали 14 кг ядохимикатов/га [2].

Вместе с тем к обычным проблемам использования химических средств защиты растений добавились другие проблемы, которые были связаны в первую очередь с нарушениями санитарных норм и правил при транспортировке, хранении и применении, а также ликвидации пестицидов [3].

Грубое нарушения правил применения, транспортировки, хранения, а также отсталая технология

орошения и промывки почв приводила к тому, что значительное количество их, вымываясь, попадала в реки и дренажные коллекторы, а оттуда – в море [4]. Остатки устаревших и запрещенных к использованию ядохимикатов продолжают создавать экологическую угрозу как природным ландшафтам, так и здоровью населения. В связи с этим проблема загрязнения пестицидами почв в стране представляется очень актуальной и насущной и требует проведения системных исследований в области изучения почвенного покрова страны и его способности самоочищаться от ядохимикатов.

Цель работы – изучение численности и ферментативной активности микроорганизмов в почвах, загрязненных пестицидами.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования были образцы сероземных почв с территории базы по хранению пестицидов в р-не Зардоб (химический амбар бывшего “Объединения химии”). Отбор осуществляли по принципу “конверта” [5] в стерильный пакет. Всего было отобрано 12 почвенных образцов с разных горизонтов 0–20, 20–40 и 40–60 см. Контролем служил почвенный образец с территории, находящегося на расстоянии 1 км от амбара пестицидов. Численность микроорганизмов в почве,

содержащей различные концентрации пестицида, определяли методом последовательных разведений почвенной суспензии [5]. Дыхание почв определяли по интенсивности продуцирования углекислого газа [6]. Активность ферментов определяли по Хазиеву [7]. В отобранных образцах почв содержание пестицидов определяли общепринятыми методами [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех образцах почв в лабораторных условиях были определено содержание пестицидов. Общая площадь исследованной территории составляла ≈2 га. В почвенных образцах степень превышения ПДК пестицидов составляла от 2.5 до 12508 раз, при этом только в верхнем 0–20 см горизонте

превышение ПДК составляло 74–12508 раз (табл. 1).

Результаты микробиологических анализов отобранных почвенных образцов показали, что в отличие от контроля (чистой почвы) во всех образцах почв, загрязненных пестицидами, численность микроорганизмов значительно снижалась, причем общее количество их в слое 0–20 см было существенно меньше, чем в более глубоких слоях. Выявлена отрицательная зависимость между содержанием пестицидов и численностью почвенных микроорганизмов, $r = -0.79 \pm 0.15$ (табл. 2).

Исследования ферментативной активности почв, загрязненных пестицидами, показали, что в отличие от чистой фоновой почвы, в почве, загрязненной пестицидами, существенно снижалась

Таблица 1. Содержание пестицидов в почвах, отобранных с территории вблизи базы

Образец, №	Глубина, см	Общее количество пестицидов	
		мг/кг	Степень превышения ПДК
1	0–20	1250	12508
2	0–20	923	9234
3	0–20	9.7	97
4	0–20	7.4	74
5	0–40	4.7	47
6	0–40	1220	12203
7	0–40	5.4	54
8	0–40	66.6	666
9	0–60	1.2	12
10	0–60	7.0	70
11	0–60	0.5	5
12	0–60	0.25	2.5
Контроль (чистая почва)	0–20	–	–

Таблица 2. Численность микроорганизмов в почве, загрязненной пестицидами

Образец, №	Численность микроорганизмов				
	содержание пестицидов, мг/кг почвы	общее количество	общее количество сапрофитов	спорообразующие	актиномицеты
Горизонт 0–20 см					
1	1250	$3 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$	1240	1440
2	923	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^2$	1240	1440
3	9.7	$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	2200	2750
4	7.4	$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	2240	2790
Горизонт 40 см					
5	4.7	$6 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	2340	2870
6	1220	$3 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	1242	1902
7	5.4	$4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	2350	2560
8	66.6	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$	1240	1760

Таблица 2. Окончание

Образец, №	содержание пестицидов, мг/кг почвы	Численность микроорганизмов			
		общее количество	общее количество сапрофитов	спорообразующие	актиномицеты
		КОЕ/г почвы			
Горизонт 60 см					
9	1.2	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^4$	1280	1430
10	7.0	$5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^3$	1100	1560
11	0.5	$3 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^5$	1940	2540
12	0.25	$4 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^5$	2240	2990
Контроль	—	$2 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^6$	3240	4340

Таблица 3. Ферментативная активность почв, загрязненных пестицидами

Образец, №	Содержание пестицидов, мг/кг почвы	Каталаза, $\text{KMnO}_4/\text{г}$ почвы	Инвертаза, мг глюкозы/г почвы	Уреаза, мг $\text{NH}_3/100$ г почвы	Дегидрогеназа, мг ТТФ/10 г почвы
Горизонт 20 см					
1	1250	0.35 ± 0.03	16 ± 0.03	1.4 ± 0.03	4.8 ± 0.03
2	923	0.45 ± 0.03	19 ± 0.03	1.6 ± 0.03	4.4 ± 0.03
3	9.7	0.46 ± 0.03	23 ± 0.03	1.8 ± 0.03	5.1 ± 0.03
4	7.4	0.45 ± 0.03	24 ± 0.03	1.9 ± 0.03	5.4 ± 0.03
Горизонт 40 см					
5	4.7	0.47 ± 0.03	29 ± 0.03	1.5 ± 0.03	5.5 ± 0.03
6	1220	0.34 ± 0.03	18 ± 0.03	1.4 ± 0.03	4.2 ± 0.03
7	5.4	0.46 ± 0.03	21 ± 0.03	2.2 ± 0.03	5.7 ± 0.03
8	66.6	0.40 ± 0.03	21 ± 0.03	1.5 ± 0.03	5.0 ± 0.03
Горизонт 60 см					
9	1.2	0.49 ± 0.03	24 ± 0.03	2.1 ± 0.03	7.0 ± 0.03
10	7.0	0.37 ± 0.03	21 ± 0.03	1.4 ± 0.03	5.8 ± 0.03
11	0.5	0.52 ± 0.03	23 ± 0.03	2.1 ± 0.03	8.5 ± 0.03
12	0.25	0.55 ± 0.03	24 ± 0.03	2.3 ± 0.03	8.8 ± 0.03
Контроль	—	0.65 ± 0.03	29 ± 0.03	2.9 ± 0.03	9.6 ± 0.03

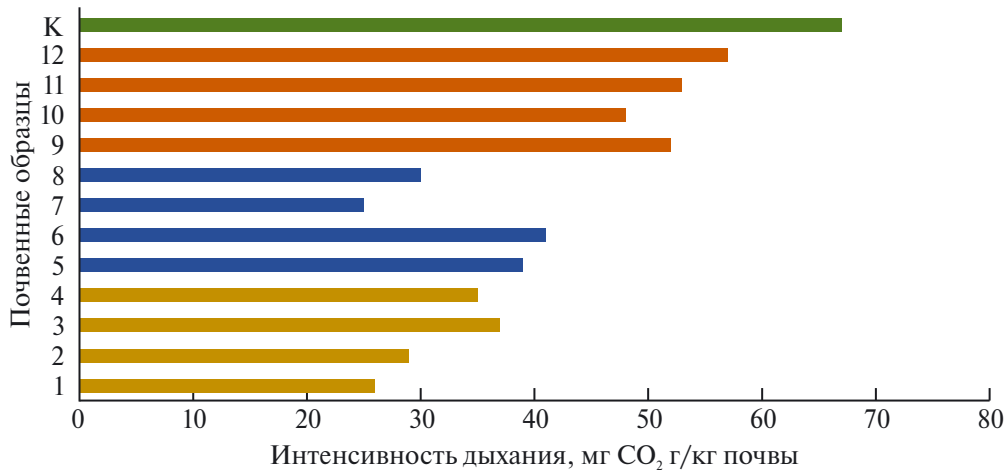


Рис. 1. Интенсивность дыхания образцов, отобранных из разных горизонтов почвы, загрязненной пестицидами.

активность ферментов — каталазы, инвертазы, уреазы и дегидрогеназы (табл. 3).

В соответствие с этим также в 2.0–2.5 раза подавлялась и дыхательная активность почв (рис. 1).

Таким образом, в почвах, загрязненных пестицидами, в отличие от фоновых чистых почв, биогенность почв подавлялась, что свидетельствовало об отрицательном воздействии загрязнения почв пестицидами на структуру и активность микробиоценоза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что численность микроорганизмов и интенсивность микробиологических процессов в почве, загрязненной пестицидами, значительно меньше, чем в чистых почвах, что указывало на очень ограниченный ассимиляционный потенциал и низкую способность этих почв к самоочищению от органических поллютантов. Это подтверждено и снижением дыхательной активности почв в 2.0–2.5 раза.

Таким образом, за последние десятилетия природные экосистемы Азербайджана подвергались и подвергаются мощному антропогенному давлению, что приводит к изменениям качества как их компонентов — почв, вод, атмосферного воздуха, которые являются взаимосвязанной и взаимозависимой биосистемой, обладают определенным ассимиляционным потенциалом в отношении загрязнителей окружающей среды, так и экосистемы в целом. Вместе с тем необходимо особо подчеркнуть, что исследования в отношении ассимиляционной емкости экосистем страны и их компонентов (почвенного покрова, водных экосистем) ранее не проводили.

Из вышесказанного следует, что необходимо сосредоточить усилия на решении важнейшей научной задачи — изучении основных закономерностей эволюции ландшафтов страны под воздействием антропогенных воздействий с целью рационального использования их ресурсов, совершенствования методов прогнозирования устойчивости, повышения эффективности мероприятий в области охраны окружающей среды. Эти исследования, прежде всего, необходимы для того, чтобы в условиях повышения темпов экономического развития страны оценить реальную ассимиляционную емкость почвенного покрова разных биоклиматических зон в отношении органических загрязнений с целью разработки научной основы путей перспективного управления этими ландшафтами в рамках концепции “Устойчивого развития”.

В Азербайджане составлен “Паспорт почв” 26-ти генетических типов, в которых отражены

экобиоморфологические показатели почв различных почвенно-климатических зон страны [9]. Однако в этих паспортах отсутствуют показатели устойчивости различных генетических типов почв в случае их загрязнения органическими поллютантами, которые могли бы дать определенную информацию об их ассимиляционном потенциале, и в соответствие с этим ранжировать почвы различных ландшафтных зон по их самоочищающей способности. Так как изучение буферности всех генетических типов почв, выявление их ассимиляционной емкости по отношению к различным органическим поллютантам, в том числе и пестицидам, которые характеризуются разной степенью полураспада в природных средах, позволит классифицировать эти почвы по их самоочищающей способности. Все это подготовит научную основу для безопасного применения пестицидов для каждого типа почв, установку уровня ПДК для каждого типа пестицида и степень их опасности для людей, позволит качественно обогатить “Паспорта почв” [10, 11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кейсерухская Ф.Ш. Влияние пестицидов на биогенность почв // Бюл. науки и практ. 2022. Т. 8. № 9. С. 171–177.
<https://doi.org/10.33619/2414-2948/82/24>
2. Наджафова С.И., Кейсерухская Ф.Ш., Исмаилов Н.М. Экологическое земледелие в Азербайджане через призму биогенности и ассимиляционного потенциала почв биоклиматических ландшафтных зон страны // Sci. Rise. 2018. Т. 7. С. 26–30.
<https://doi.org/10.15587/2313-8416.2018.140136>
3. Наджафова С.И., Исмаилов Н.М., Абдурахманов Ф.Ю. Экологические последствия использования в земледелии Азербайджана химических препаратов // Мат-лы Международ. научн.-практ. конф. “Современное экологическое состояние Приаралья, перспективы решения проблем”. Кызылорда, 2011. С. 184–187.
4. Кейсерухская Ф.Ш., Наджафова С.И., Агаева К.Т. Использование пестицидов и их экологические последствия для ландшафтов Азербайджана // Международ. научн. экол. конф. с участием МГУ им. М.В. Ломоносова “Отходы, причины их образования и перспективы использования”. Краснодар, 2019. С. 195–198.
5. Практикум по микробиологии / Под ред. А.И. Нетрусова. М.: Академия, 2005. 608 с.
6. Звягинцев Д.Г., Асеева И.Б., Бабьева И.П., Мирчинк Т.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1980. 224 с.
7. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
<https://library-full.nadzor-info.ru/doc/35410>

8. Бабаев М.П., Рамазанова Ф.М., Наджафова С.И. Почвы Азербайджанской Республики. М.: Lambert, 2019, 275 с.
9. Ismaylov N.M., Nadzhafova S.I., Keyserukhsкая F., Gasymova A.S. Soil-assimilation potential as a component of the soil passport and the assimilation potential of landscapes // J. Arid Ecosyst. 2020. V. 10. № 1. P. 58–62.
<https://doi.org/10.1134/S2079096120010072>
10. Babayev M.P., Ismailov N.M., Nadzhafova S.I., Keiserukhsкая F. Sh., Orudzheva N.I. Approaches to determining maximum permissible concentrations of oil and oil products for different soil types on the basis of the assimilation potential (by the example of Azerbaijan soils) // Euras. Soil Sci. 2020. V. 53. № 11. P. 1629–1634.
<https://doi.org/10.1134/S1064229320110046>

Investigation of the Number and Enzymatic Activity of Microorganisms in Soils Contaminated with Pesticides

S. I. Nadjafova^{a, #}, F. S. Keyseruxskaya^a

^a*Institute of Microbiology of the Ministry of Science and Education of Azerbaijan,
M. Mushviq str. 103, Baku AZ 1004, Azerbaijan*

[#]*E-mail: nadjafovas@yahoo.com*

The results of a study of the number and enzymatic activity of microorganisms in the soils of the Zardob district (Azerbaijan), from the territory of the pesticide storage base, are presented. It was revealed that the soils of the base were polluted to a very strong extent, and the content of pesticides (including DDT) exceeded the maximum permissible concentration (MPC) by tens to hundreds of times. Microbiological studies of soil samples showed that, unlike pure soil, in all soil samples contaminated with pesticides, the number of microorganisms and enzymatic activity decreased, which indicated the negative impact of soil contamination with pesticides on the structure and activity of microbiocenosis and was an indicator of limited assimilation potential and low self-cleaning ability of these soils in relation to pollutants.

Keywords: soils, pesticides, MPC, microorganisms, enzymatic activity of the soil.