

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПЕСТИЦИДОВ НА ГИДРОБИОНТЫ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ ТАЙЛАНДА

Выявлена необходимость оценки токсикологического воздействия пестицидов на обитающие в данном регионе биологические виды с целью выявления наиболее чувствительных представителей, которые могут быть использованы в дальнейшем в токсикологических экспериментах. Показана значимость использования таких биологических параметров, как биологическое разнообразие (индекс Шаннона-Уиннера) и экотоксичность при оценке экологического влияния различных загрязняющих компонентов на окружающую среду.

Введение

Традиционный метод выявления пестицидов основан на идентификации с помощью химических исследований. На сегодняшний день известны два метода, с помощью которых может оцениваться реальная концентрация пестицидов в воде – активный и пассивный пробоотбор [1]. Первый метод (активный) связан с отбором большого объема воды, за которым следует её фильтрование и концентрирование на Эмпо дисках (полярных образцах) или твердофазная экстракция [2-4]. В основе метода пассивного пробоотбора лежит погружение образцов в определённые места пробоотбора и их нахождение в этих местах в течение месяца с целью концентрирования пестицидов [5-7].

Ранее в работе [1] было проведено сравнение результатов активного пробоотбора, анализа почвы и пассивного пробоотбора. Показано, что метод пассивного пробоотбора является наиболее подходящим для мониторинга пестицидов, присутствующих в водной среде в довольно низких концентрациях, при оценке их влияния на окружающую среду и здоровье организмов. Однако совместное использование биомониторинга и экотоксикологической оценки пестицидов могут обеспечить наиболее лучший результат, чем химический анализ. Для контроля

Т.В. Комарова*,
PhD, научный
сотрудник,
Национальный
научный центр
по токсикологии
окружающей среды
Университета
Квинсленда,
Австралия

Ч. Иваи,
аспирантка
факультета сельского
хозяйства отделения
земельных ресурсов
и окружающей среды,
Университета
Кон Каен, Тайланд

Х. Суджира,
сотрудник факультета
сельского хозяйства
отделения
энтомологии,
Университет
Кон Каен, Тайланд



пестицидов на рисовых полях Тайланда необходимо использовать комплексный подход [2, 3]. Также важно отличать относительный риск, основанный на сравнениях различных пестицидов, и фактический риск, основанный на измерении влияния пестицидов [2].

На всей территории Тайланда широко распространенным видом рыбы является Нильская тилапия (*Oreochromis niloticus*). Рыбы мигрируют в области рисовых полей во время наводнения, и их популяция максимальна к моменту созревания риса. Оценка воздействия пестицидов на данную экосистему может быть определена количеством разновидностей данного вида рыб. Уменьшение количества разновидностей восприимчивой к воздействию того или иного пестицида может уменьшить разнообразие особей данного вида и, в конечном счете, изменить структуру сообщества.

Целью работы явилось установление непосредственной связи присутствия пестицидов с разнообразием видов водных организмов и типом сельскохозяйственной деятельности.

* Адрес для корреспонденции: Tatiana_Komarova@health.qld.gov.au

Материалы и методы исследования

Пробы воды отбирались в 5 вариантах водных экосистем в северо-восточной части Тайланда (50 км от г. Кон Каен). Этот регион характеризуется наличием высокого содержания глины в пойменных почвах с низким содержанием органического углерода в осадочных породах (<2 %) [8]. Образцы воды собирались в течение 5 месяцев в конце сезона дождей.

Место отбора воды в варианте 1 характеризовалось наличием грунтовых вод и отсутствием синтетических пестицидов (использовались только растительные пестициды на основе экстракта *Oreochromis niloticus*). Все остальные места отбора орошались. Для всех образцов воды, кроме образца, полученного из места отбора (вариант 5), характерна высокая мутность и наличие взвешенных частиц. В *табл. 1* представлены физико-химические характеристики воды экспериментальных участков.

Образцы осадка были собраны на каждом месте 13 ноября 2005 г. Репрезентативные пробы включали 5 частей, взятых на 0-5 см ниже поверхности воды. До проведения анализа каждый образец осадка хранился охлажденным.

Процесс пробоотбора проводился в соответствии с инструкциями, используемыми в Национальном научном центре по токсикологии окружающей среды Университета Квинсленда (Австралия). Все используемые методы были аттестованы в лабораторных условиях на предмет воспроизводимости, точности и потери по отношению к пестицидам. [9] Milli Q вода пропусклась через приготовленные Эмпо диски с целью удаления каких-либо органических загрязнителей, вода также использовалась в качестве контрольных образцов.

После отбора с экспериментальных участков пробы и пассивные образцы анализировались на наличие пестицидов в лаборатории в

А. Сомпан,
аспирантка
факультета сельского
хозяйства отделения
земельных ресурсов
и окружающей среды,
Университета
Кон Каен, Тайланд

Ф.К. Алимова,
д.б.н., профессор,
заведующий
кафедрой биохимии
Казанского
(Приволжского)
Федерального
Университета.

Э.А. Шишкина,
аспирант, младший
научный сотрудник
кафедры биохимии
Казанского
(Приволжского)
Федерального
Университета.

И. Мюллер,
PhD, профессор,
Национальный
научный центра
по токсикологии
окружающей среды
Университета
Квинсленда,
Австралия

Б. Ноллер,
PhD, профессор,
Центр
по реабилитации
рудниковых пород,
Университета
Квинсленда,
Австралия

соответствии с ISO 17025. Для определения пестицидов в осадках был использован модифицированный метод «Метод 16313», описанный в [1].

Биомониторинг проводился на водных насекомых, зоопланктоне и фитопланктоне рисовых полей, а также на осадке, отобранном на исследованной территории. Водный биоматериал собирался каждый месяц на каждом месте в течение сезона производства риса (май - сентябрь 2005 г). Отобранные разновидности были отсортированы и посчитаны. Используя водные данные о биоматериале исследуемой области, был вычислен индекс Шаннона-Уиннера – индекс разнообразия образцов, чтобы связать разнообразие мест с их степенью загрязнения пестицидами [10]. Данный индекс вычисляется по формуле:

$$(H') = - \sum P_i \log P_i,$$
$$P_i = n_i / N,$$

Где: P_i - пропорция для каждого i вида.

I - наименование вида.

n - число, которое индивидуально для каждого вида.

N - конечное число найденных видов.

Результаты и их обсуждение

Во всех исследуемых 5 вариантах температура воды была типично высокая, но концентрации растворенного кислорода были близкими к влажным условиям. Как показано в *табл. 1* место отбора варианта 1 характеризуется наиболее высоким показателем электропроводности (ЕС) по сравнению с другими, имеет кислый рН фактор, что могло быть вызвано наличием грунтовых вод и использованием органических удобрений. Место отбора варианта 4 также характеризуется высоким показателем ЕС, таким же значением рН и с тем же источником поливной воды, как и в местах 4 и 5; следо-



Таблица 1

Параметры качества образцов воды

Варианты опыта	T (°C)	растворенный O ₂ мг/л	pH	Электропроводность. (мкСм)
1 – гидросфера в условиях органического земледелия без пестицидов (контроль) – пруды	30,4	5,25	5,4	2160
2 – гидросфера традиционных рисовых полей без пестицидов	32,2	6,30	6,1	489
3 – гидросфера рисовых полей с интенсивным использованием пестицидов	35,3	4,8	6,9	174
4 – поля с интенсивным использованием пестицидов	34,0	6,0	7,3	1000
5 – орошаемая вода ирригационных каналов рисовых полей	32,5	6,2	7,35	224

вательно, к данной поливной воде добавлялись соли.

У всех мест отбора, получающих поливную воду, была относительно высокая мутность воды. Наличие высокой мутности служит важным показателем для вод, используемых на рисовых полях.

Тестирование экологически токсичных пестицидов, используемых на рисовых полях, было проведено на примере Нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*), которая является обычным источником пищи. Токсичность различных пестицидов, используемых на данной территории (β-эндосульфат, хлорпурифос, метамидофос, карбосульфат) была изучена с помощью биопробы в лабораторных условиях в Университете Кон-Каена (Тайланд). Полученные данные о смертности были проанализированы для средней смертельной концентрации (LC₅₀) в течение 48 час с 95 %-ой достоверностью. Результаты показали, что на 48 час значение LC₅₀ для пестицидов β-эндосульфат, хлорпурифос,

метамидофос, карбосульфат для Нильской тилапии составила 5.8×10^{-4} , 2.4×10^{-2} , 3,2 и 0,35 мг/л, соответственно. Результаты также показали, что по прошествии 48 час LC₅₀ для малатиона и хлорпурифоса составила 10.4 (9,1-11,9) и 0,08 (0,03-0,2) мг/л, соответственно.

Данное исследование позволяет оценить экотоксикологическое влияние пестицидов на водные биоматериалы и экосистему в целом. Полноценность этого подхода может быть продемонстрирована сравнением с уже известными данными LC₅₀ (табл. 2).

Однако эффекты более низких концентраций пестицидов нужно рассматривать как следствие изучения сублетальных эффектов малатиона и хлорпурифоса на данной рыбе методом возобновимой биопробы. В частности, возобновимые биопробы показали, что малатион при концентрации 0,5 мг/л и хлорпурифос при концентрациях 0,00025–0,00045 мг/л влияют на репродуктивные функции рыбы.

**Таблица 2**Суммарное LC₅₀ для обнаружения пестицидов

Пестицид	Вид	LC ₅₀ (мг/л)
дикофол [11]	Сом	0,30 (96 ч)
	Bluegill	0,51 (96 ч)
	Толстоголовый голянь	0,183 (96 ч)
	Eastern oyster embryo	15,1 (96 ч)
	Mysid shrimp	0,14 (96 ч)
оксидиазон [12]	Радужная форель	1.2 (96 ч)
	Водоросли	6-3000 (EC ₅₀ 96 ч)
эндосульфат [2,13]	Лягушки	2-12 (острый)
	Рыбы	0,3-5085 (острый)
	Ракообразные	7-7000 (острый)

Таблица 3

Индекс разнообразия (Н') водных насекомых

Индекс разнообразия (Н')	Месяц (2005 г)					
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Вариант 1 (водоем с органическими веществами)	0	0	4,14	4,16	4,07	5,43
Вариант 3 (водоем, где использовались пестициды)	0	0	3,90	3,19	3,13	5,76

Таблица 4

Суммарный индекс разнообразия (Н') для фитопланктона и зоопланктона

Месторасположение	Индекс разнообразия (Н')	
	фитопланктон	зоопланктон
Вариант 1 (органическое сельское хозяйство, нет синтетических пестицидов, используются только ботанические пестициды, включая Ним)	7,18	9,39
Вариант 2 (обычные рисовые поля, диапазон пестицидов широк, в том числе используется карбофуран, эндосульфа, хлорпирифос, дикофол, малатион, монокротофос, синтетические пиретроиды)	5,76	8,26
Вариант 3 (рисовые поля, интенсивное использование пестицидов, в том числе эндосульфана и оксадиазона)	4,18	5,31
Вариант 4 (тяжелое использование пестицидов, в том числе эндосульфана и оксадиазона)	1,43	2,77

Индекс разнообразия для водных насекомых у вариантов 1 и 3 показывает постепенное увеличение водной биологической вариативности насекомых, достигающей максимума в конце сезона дождей и расширенной биомассы из-за доступности воды и питательных веществ (табл. 3).

В табл. 4 представлены показатели индекса Шаннона-Уиннера для фитопланктона и зоопланктона, найденных в воде для вариантов 1-4 в октябре 2005 г. Для варианта 5 не было собрано коллекции, поскольку ирригационная вода канала была очень быстрой. Самое высокое биологическое разнообразие отмечено в варианте 1, в котором не использовались пестициды. Существует явная закономерность между уменьшающимися индексами биологического разнообразия и увеличивающимся использованием пестицидов. Уменьшение количества разновидностей, восприимчивой к воздействию данного пестицида, может уменьшить разнообразие особей данного вида и, в конечном счете, изменить структуру сообщества.

В ходе данной работы подтверждена необходимость оценки токсикологического воздействия пестицидов на обитающие в данном регионе биологические виды с целью выявления наиболее чувствительных представителей, которые могут быть использованы в дальнейшем в токсикологических экспериментах.

Заключение

Таким образом, интегрирование данных о концентрациях загрязняющих компонентов в окружающей среде, полученных с помощью пассивных образцов, с данными об экотоксичности и индексами Шаннона-Уиннера, характеризующими определенную регион, позволяют оценить влияние пестицидов при сравнении места отбора 1 с другими местами отбора, где использовались пестициды.

Литература

1. Комарова Т.В. Оценка методов контроля содержания пестицидов в гидросфере / Т.В. Комарова, Ч.Б. Иваи, Х. Суджира, А. Сомпан, Ф. Алимова, И. Мюллер, Б. Ноллер // Вода: химия и экология. 2010. № 9. С. 2-7
2. Crossan A.X, Nguyen Thu Trang, Pham Ngoc Ha & Kennedy I.R. Eds. Safer selection and use of pesticides : Integrating risk assessment, monitoring and management of pesticides. ACIAR Monograph 117. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, 2005.
3. Suter G.W. // Ecological Risk Assessment, Lewis, Boca Raton, FL., 1993.3 CIRAD. Regional Agro-Pesticide Index. 1990. V. 1, Asia. Bangkok: ARSAP/CIRAD,
4. Kingston J.K. Development of a novel passive sampling system for the timeaveraged



measurement of a range of organic pollutants in the aquatic environments / Kingston J.K., Greenwood R., Mills G.A., Morrison, G.M., Persson LB. // Environ. Sci. Technol. 2000, V. 36, P. 1791-1797.

5. Huckins J.N. Lipid-containing semipermeable membrane devices for monitoring organic contaminants in water. / Huckins J.N., Manuweera G.K., Petty J.D., Mackay D., Leno J.A. // Environ. Sci. Technol. 1993. V. 27. P. 2489-2496.

6. Gale R.W. Three-compartment model for contaminant accumulation by semipermeable membrane devices // Environ. Sci. Technol. 1998. V. 32. 2292-2300.

Ключевые слова:

пестициды,
экосистема,
экотоксикологическая
оценка,
биологическое
разнообразие,
водные организмы

7. Petty J.D. Determination of waterborne bioavailable organochlorine pesticide residues in the lower Missouri river / Petty J.D., Huckins J.N., Orazio C.E., Lebo J.A., Poulton B.C., Gale R.W., Charbonneau C.S., Kaiser E.M. // Environ. Sci. Technol. 1995. V. 29. P. 2561-2566.

8. Bell R.W. Rainfed lowland rice-growing soils of Cambodia, Laos and North-east Thailand / Bell R.W., Seng V. // In Water in agriculture ACIAR Proceedings No. 116e Canberra, 2004. P. 161-173.

9. Dicofol. Pesticide News. 1999. V.43, P. 20-21.

10. ISO/IEC 17025-1999 – Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий – Изд. Официальное. -26 с.

11. Oxadiazon 2002 Essenchem Chemical Co., Ltd. Supported by www.ourank.cn

12. Tomlin, C.D.S. Ed. The pesticide manual: a world compendium. 12th Edit. Pesticide Manual. British Corp. protection. 2000.- P14.

13. Kennedy, L.R., Sanchez-Bayo, F., Kimber, S.W., Hugo, L. and Ahmad, N. Off-site movement of endosulfan from irrigated cotton in New South Wales. J. Environ. Qual. 2001, 30, 683-696..PAN-UK.

T.V. Komarova, Ch. Iwai, H. Sudzhira, A. Sompan, F.K. Alimova, E.A. Shishkina, I. Muller, B. Noller,

IMPACT OF PESTICIDES ON BIOLOGICAL PARAMETERS OF HYDROSPHERE

The need to assess the pesticides toxicological effects on biological species with the purpose of identifying the most sensitive ones is shown in the work. The significance of such

biological parameters, as biological diversity (Shannon-Winner index) and ecotoxicology in assessing the role of various contaminants on the environment have been described.

Key words: pesticides, ecosystem, ecotoxicological assessment, biological diversity, aquatic organisms