

УДК 577.574.64:577.551.2:591.3

О. Б. Мехед

### НАКОПЛЕНИЕ ГЕРБИЦИДОВ ГРУППЫ 2,4-Д В ОРГАНИЗМЕ КАРПА РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Исследована зависимость накопления гербицидов группы 2,4-Д (кислоты, аммонийной соли, бутилового эфира) в разных тканях карпа от его возраста. Максимальная кумуляция наблюдается в мозге и печени рыб всех изученных возрастов. Наибольшей способностью к накоплению в тканях рыб обладает 2,4-Д бутиловый эфир.

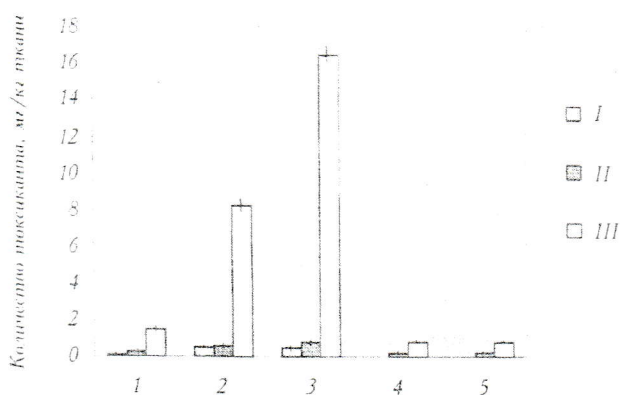
*Ключевые слова:* гербициды группы 2,4-Д (кислота, аммонийная соль, бутиловый эфир), накопление, карп, мальки, сеголетки и двухлетки.

Нерегламентированное использование химических средств защиты растений, в частности гербицидов, в сельском хозяйстве, большинство из которых — ксенобиотики, вызывает много неблагоприятных последствий для окружающей среды [5]. Отличительной особенностью пестицидов является невозможность прекращения их циркуляции в биосфере, перемещение на значительные расстояния от места использования, а также способность к накоплению стойких соединений в объектах окружающей среды, в частности в гидробионтах [1]. По данным госсанэпидслужбы России [4], разные экологические группы рыб загрязнены приоритетными пестицидами: морские рыбы — хлорорганическими, речные — ртуть- и медьсодержащими, а также препаратами группы 2,4-Д и хлорорганическими.

Гербициды — производные 2,4-дихлор-феноксиуксусной кислоты (2,4-Д) — относятся к умеренно стойким [11]. Установлено, что хлорпроизводные феноксиуксусной кислоты проникают в организм животных через неповрежденную кожу и пищеварительный тракт. Соли и эфиры 2,4-Д кислоты, которые попали в организм, быстро распадаются до 2,4-Д кислоты, циркулирующей в крови в виде комплекса с альбуминами. Кумулятивные свойства, которые в той или иной степени проявляют соединения этой группы, обусловлены функциональной кумуляцией [11].

Накопление 2,4-Д кислоты и ее метаболитов изучали у карпа, а также некоторых других видов рыб на 3-й и 7-й дни пребывания в условиях токсически загрязненной среды [2], метаболизм 2,4-Д описан для синежаберника [13]. Однако в доступной нам литературе не освещен вопрос о зависимости уровня накопления гербицидов от возраста рыб.

© Мехед О. Б., 2006



1. Количество токсиканта в тканях карпа — малька (2 мес). Здесь и на рис. 2 и 3: I — белые мышцы; 2 — печень; 3 — мозг; 4 — кишечник; 5 — жабры; I — кислота; II — аммонийная соль; III — бутиловый эфир.

Целью данного исследования было изучение зависимости накопления гербицидов группы 2,4-Д (кислота, аммонийная соль, бутиловый эфир) в разных тканях карпа в зависимости от возраста.

**Материал и методика исследований.** Объектом исследований служили мальки, сеголетки и двухлетки карпа чешуйчатого (*Cyprinus carpio* L.). Рыб содержали в аквариумах вместимостью

200 л при стандартном газовом и гидрохимическом режиме (содержание кислорода в воде — 6,0—7,0 мг/дм<sup>3</sup>, углекислого газа — 2,2—2,8 мг/дм<sup>3</sup>, pH 7,6—7,8). Опыты проводили в июне — сентябре 2002 г. Температура воды в аквариумах была близкой к таковой в естественных условиях. При исследовании количественного накопления гербицидов в тканях карпа концентрацию токсикантов (0,2 мг/дм<sup>3</sup>) создавали внесением расчетных количеств 10%-ной кристаллической 2,4-Д кислоты, 40%-ного водного раствора 2,4-Д аммонийной соли и раствора 2,4-Д бутилового эфира в ледяной уксусной кислоте.

Для анализа использовали белые мышцы, печень, кишечник, жабры и мозг карпа. Количественное определение гербицидов в органах и тканях, а также определение остаточных количеств гербицидов в воде проводили по методикам, описанным в литературе [9, 10], экстракцию тканей и очистку экстрактов — согласно методическим указаниям [12]. Полученные данные обрабатывали статистически [8].

### Результаты исследований и их обсуждение

Результаты исследований накопления трех форм токсиканта 2,4-Д (кислоты, аммонийной соли, бутилового эфира) в разных тканях рыб свидетельствуют о том, что их кумуляция в значительной мере зависит от состава вещества (рис. 1—3).

Независимо от возраста рыб наибольшее количество токсиканта отмечено в печени и мозге, что подтверждается литературными данными для других токсикантов органической природы [6, 7, 14, 15].

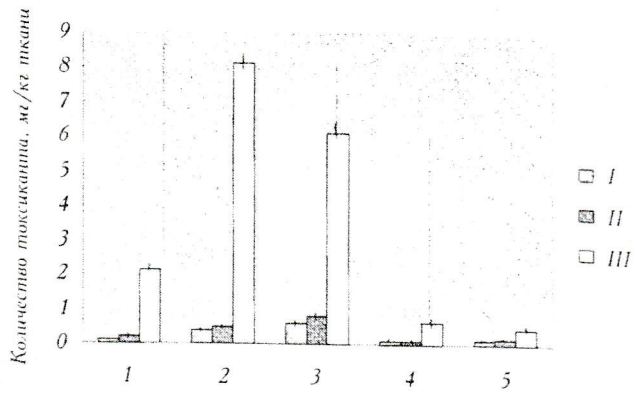
Не отмечено существенных отклонений в уровне накопления 2,4-Д кислоты в одинаковых тканях рыб разного возраста. В частности, в белых мыш-

цах мальков и сеголеток он составлял соответственно  $0,10 \pm 0,01$  и  $0,10 \pm 0,02$  мг/кг, в то же время у двухлеток в мышечной ткани выявлены лишь следовые количества токсиканта. В целом мышечная ткань, кишечник и жабры карпа характеризовались наименьшим количеством накопленного токсиканта, что совпадает с данными литературы [2]. Так, во всех перечисленных тканях двухлетнего карпа и в кишечнике и жабрах мальков выявлены лишь следовые количества токсиканта, а у пятимесячной рыбы количество 2,4-Д в мышцах и кишечнике было одинаковым и составляло  $0,10 \pm 0,01$  и  $0,10 \pm 0,02$  мг/кг ткани, а в жабрах —  $0,15 \pm 0,05$  мг/кг. Обращает на себя внимание высокое содержание кислоты в печени

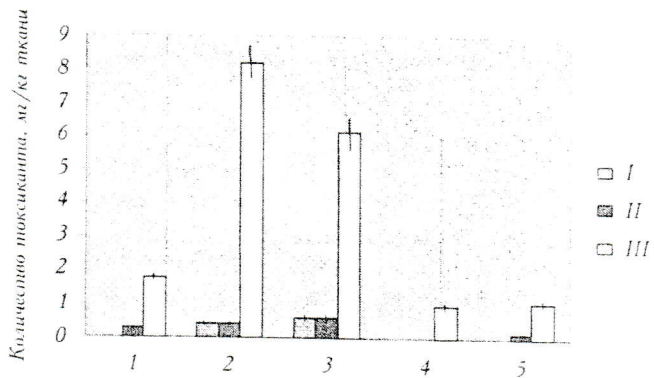
всех исследованных возрастных категорий рыб ( $0,55 \pm 0,12$ ,  $0,40 \pm 0,02$  и  $0,40 \pm 0,03$  мг/кг ткани соответственно у мальков, сеголеток и двухлеток) и в мозговой ткани ( $0,50 \pm 0,08$ ,  $0,60 \pm 0,16$  и  $0,61 \pm 0,11$  мг/кг ткани). При этом содержание токсиканта в тканях сеголеток и двухлеток практически не отличалось, в то время как у мальков наибольшее накопление отмечено в печени.

Полученные результаты (см. рис. 1—3) свидетельствуют о большей степени кумуляции аммонийной соли 2,4-Д по сравнению с кислотой, что подтверждается данными других исследователей [2, 3].

У рыб всех возрастных групп наибольшее накопление токсиканта наблюдается в мозге и печени, наименьшее — в жабрах и кишечнике, а различия в степени накопления указывают на выраженную зависимость от возраста. В частности, у сеголеток в мозговой ткани содержание 2,4-Д в 8 раз выше, чем в кишечнике ( $0,80 \pm 0,01$  мг/кг против  $0,10 \pm 0,01$ ), у мальков раз-



2. Количество токсиканта в тканях карпа — сеголетка (5 мес).



3. Количество токсиканта в тканях карпа — двухлетки.

ница составляет всего 4 раза ( $0,80 \pm 0,04$  и  $0,20 \pm 0,06$  мг/кг ткани), а у двухлеток гербицид в кишечнике вообще не обнаружен, в отличие от других тканей ( $0,27 \pm 0,03$  мг/кг в белых мышцах,  $0,40 \pm 0,07$  — в печени,  $0,61 \pm 0,04$  — в мозговой ткани и  $0,15 \pm 0,08$  мг/кг в жабрах).

Существенные отличия отмечаются в уровне накопления бутилового эфира во всех тканях рыб разного возраста, но тенденция к максимальному накоплению токсиканта в печени (сеголетки —  $8,12 \pm 0,04$ , двухлетки —  $8,14 \pm 2,00$  мг/кг ткани) и мозге (мальки —  $16,40 \pm 0,93$  мг/кг ткани) сохраняется. При этом минимальный уровень кумуляции обнаружен в жабрах ( $0,78 \pm 0,04$  у двухмесячного карпа и  $0,48 \pm 0,11$  мг/кг у пятимесячного) и в кишечнике ( $0,98 \pm 0,01$  мг/кг ткани у двухлеток). Белые мышцы по способности к накоплению токсиканта занимают промежуточное положение:  $1,50 \pm 0,20$ ,  $2,16 \pm 0,32$  и  $1,80 \pm 0,19$  мг/кг соответственно у мальков, сеголеток и двухлеток.

Сравнение показателей кумуляции разных форм гербицида в тканях рыб при одинаковой его концентрации в среде позволило сделать вывод о значительно большей степени накопления эфира по сравнению с кислотой и аммонийной солью. Так, если количество метаболитов кислоты в тканях рыб принять за единицу, то соотношение уровней накопления кислоты, аммонийной соли и эфира в мозге составит 1:1,6:32,8 для мальков, 1:1,35:10,2 для сеголеток и 1:1:10,3 для двухлеток.

Указанная тенденция наблюдается и в других тканях. Рассмотрим более подробно результаты опытов, проведенных на сеголетках. Так, если уровень накопления соли и кислоты в кишечнике рыб почти одинаковый, то кумуляция метаболитов эфира в 6,4 раза больше ( $0,64 \pm 0,12$  против  $0,10 \pm 0,02$  мг/кг ткани). В жабрах рыб этого возраста превышение составляет всего 3,2 раза. В печени уровень накопления эфира по сравнению с таковым соли и кислоты соответственно в 16,57 и 20,30 раза выше ( $0,40 \pm 0,02$  мг кислоты,  $0,49 \pm 0,08$  мг аммонийной соли и  $8,12 \pm 0,40$  мг эфира на 1 кг ткани). И, наконец, в белых мышцах количество эфира превосходит количество кислоты в 21,6 раза ( $2,16 \pm 0,32$  против  $0,10 \pm 0,02$  мг/кг), а количество соли ( $0,21 \pm 0,04$  мг/кг) — в 10,3 раза.

Степень накопления бутилового эфира 2,4-Д кислоты зависит от возраста рыб: у двухмесячных особей отмечено большее накопление эфира во всех тканях. Преобладающее накопление токсиканта у более молодых особей установлено также в жабрах ( $0,78 \pm 0,04$  против  $0,48 \pm 0,11$  мг/кг) и в кишечнике. В то же время в печени этот показатель практически одинаковый, а в мышцах даже наблюдается некоторое преобладание количества токсиканта у сеголеток.

При сравнении уровня накопления 2,4-Д бутилового эфира в печени двухлеток и рыб другого возраста существенные отличия не обнаружены. В мозге количество исследуемого вещества практически такое же, как и у сеголеток ( $8,14 \pm 2,00$  мг/кг), но в 2,7 раза меньше, чем у мальков. Обнаружено также понижение уровня токсиканта в белых мышцах двухлеток ( $1,80 \pm 0,19$  мг/кг) по сравнению с таковым у пятимесячной рыбы, который,

однако, остается несколько более высоким, чем у двухмесячной ( $1,50 \pm 0,20$  мг/кг). В жабрах и кишечнике взрослых карпов накопление 2,4-Д эфира было наибольшим. Высокий уровень кумуляции рыбой 2,4-Д бутилового эфира отмечен также другими исследователями [2, 3, 11, 16].

### Заключение

Исследована возможность накопления различных форм гербицидов группы 2,4-Д (кислота, аммонийная соль, бутиловый эфир) в тканях карпа (мозге, печени, белых мышцах, кишечнике и жабрах) разного возраста (2 мес, 5 мес, двухлетки).

Независимо от возраста рыб наибольшее накопление гербицидов отмечено в печени и мозге, наименьшее — в кишечнике и жабрах. Белые мышцы по накоплению 2,4-Д занимают промежуточное положение, что позволяет сделать вывод о функциональной кумуляции исследуемых веществ.

На основании сравнения способности разных форм пестицида к накоплению в тканях рыб можно сделать вывод о максимальной кумуляции 2,4-Д бутилового эфира и минимальной — 2,4-Д кислоты.

\*\*

*Досліджено залежність накоплення гербіцидів групи 2,4-Д (кислоти, амонійної солі, бутилового ефіру) у різних тканинах коропа різного віку (2 міс, 5 міс, дворічки). Найбільша кумуляція спостерігається у мозку та печінці риб незалежно від віку. Встановлено максимальну здатність до кумуляції в тканинах риб 2,4-Д бутилового ефіру.*

\*\*

*In the model experiments it is studied the effect of accumulation some herbisidaes (2,4-dichlorphenoxyacid, 2,4-dichlorphenoxyacid ammonium salt and 2,4-dichlorphenoxyacid butyl ether) in tissues, liver, bowels, gills and brain of carp (which have been born this year and two years old). Investigations of accumulation herbisidaes confirmed the correlations of storage and fishes age, tissue, herbisidaes constitution.*

\*\*

1. Безопасное использование пестицидов в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства / Е.А. Антонович, А.В. Болотный, В.С. Бурый и др.; Сост. Е.А. Антонович. — Киев: Урожай, 1988. — 248 с.
2. Врочинський К.К. Пестициди і охорона водних ресурсів. — К.: Урожай, 1987. — 160 с.
3. Врочинский К.К., Маковский В.Н. Применение пестицидов и охрана окружающей среды. — Киев: Вища шк., 1979. — 208 с.
4. Иванов А.А. Результаты мониторинга загрязнения рыбы и рыбопродуктов пестицидами // Здоровье населения и среда обитания: Ежемес. информ. бюл. — 1999. — № 11. — С. 19—21.

5. Кириляк А.П. Справочник по технике безопасности при работе с пестицидами / Под ред. Г.Г. Рудь, Н.А. Шоха. — 2-е изд., доп. — Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1986. — 199 с.
6. Маляревская А.Я. Обмен веществ у рыб в условиях антропогенного евтрофирования водоемов. — Киев: Наук. думка, 1979. — 253 с.
7. Маляревская А.Я., Биргер Т.И., Комаровский Ф.Я. и др. Сравнительная характеристика действия синезеленых водорослей и пестицидов на рыб // Формирование и контроль качества поверхностных вод. — Киев: Наук. думка, 1976. — Вып. 3. — С. 71—80.
8. Ойвин И.А. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований // Патол. физиология и эксперим. терапия. — 1960. — № 4 — С. 76—85.
9. Определение бутилового эфира 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты (2,4-Д) в воздухе, воде и растительном материале газожидкостной хроматографией // Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде / Под общ. ред. М.А. Клисенко — М.: Колос, 1977. — С. 206—211.
10. Определение 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты (2,4-Д) в воде и растительном материале газожидкостной хроматографией / Там же. — С. 211—215.
11. Справочник по пестицидам: гигиена применения и токсикология / Под ред. А.В. Павлова. — 3-е изд., испр. и доп. — Киев: Урожай, 1986. — 432 с.
12. Хроматографические методы определения остаточных количеств 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты (2,4-Д) в воде, почве, фураже, продуктах питания растительного и животного происхождения / Методические указания по определению микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. — М., 1977. — Ч. 8. — С. 118—133.
13. Barnecow D.E., Premkumar N.D., Stewart S., Hamburg A.W. Uniformly <sup>14</sup>C-ring-labeled 2,4-dichloro-phenoxyacetic acid: A metabolism study in bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus* // J. Agr. and Food Chem. — 2001. — 49, N 6. — P. 2853—2855.
14. Johnson D.W. Pesticides residues in fish / Environmental pollution by pesticides. — L.; N. Y.: Plenum press, 1973. — P. 181—212.
15. Premdas F.H., Anderson J.M. The uptake and detoxification of C<sup>14</sup> labelled DDT in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) // J. Fish Res. Board Canada. — 1963. — 20, N 6. — P. 827—837.
16. Wojtalik T.A., Hallt F. et al. Monitoring ecological conditions associated with wide-scale application of DMA 2,4-D to aquatic environment // Pest. Monit. J. — 1971. — N 4. — P. 247—254.

Черниговский государственный  
педагогический университет

Поступила 02.02.04