

ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕЧЕНИ КАРПА В УСЛОВИЯХ ГЕРБИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

А.А. Жиденко, Е.В. Бибчук, В.В. Кривошица, Е.В. Барбухо

Черниговский национальный педагогический университет имени Т.Г. Шевченко

г. Чернигов, e-mail: zaa2006@ukr.net, chgpu@chgpu.cn.ua

С целью увеличения урожайности сельскохозяйственных культур на полях и уменьшении зарастания сорной растительностью водоемов в последнее время активно используются различные гербициды: например, для пасленовых культур – зенкор, для уничтожения растительности на коллекторно-дренажных каналах и оросительных системах – раундап, аминная соль 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты. При поступлении этих веществ в организм рыб их детоксикация осуществляется в печени. Для поддержания этого процесса и нормального морфофункционального состояния организма необходимо присутствие в печени рыб макроэргических соединений и субстратов для их ресинтеза. Поэтому цель нашей работы состояла в изучении изменений энергетических показателей печени карпа под действием гербицидов разной интенсивности.

Исследования по влиянию гербицидов были проведены на двухлетках карпа (*Cyprinus carpio* L.), выращенных в ОАО «Черниговрыбхоз». Масса рыб колебалась в пределах 150-300 г. Были использованы 2 гербицида разной химической природы и свойств: зенкор – метрибузин с растворимостью 0,12 г в 100 г воды при 20°C и раундап – глифосат, его растворимость – 1,2 г в 100 г воды при 25°C. Концентрацию исследуемых гербицидов, которая составила 2 ПДК (предельно допустимые концентрации 0,2; 0,04 мг/дм³) и 4 ПДК (0,4; 0,08 мг/дм³) создавали путем внесения рассчитанных количеств 70% порошка зенкора и 36% водного раствора раундапа в 200-литровые аквариумы, рыбу в которых размещали из расчета 1 экз. на 40 л воды. При анализе содержания аденилатов руководствовались рекомендациями А. Я. Маляревской с соавторами (1985), А. Я. Маляревской, Т. И. Билык (1985).

Для оценки участия АТР, АДР, АМР в метаболической регуляции рассчитывали следующие коэффициенты состояния клетки: аденилатный энергетический заряд (АЭЗ); энергетический фосфатный потенциал – отношение действующих масс АТР-системы (ОДМ АТР-системы); отношение действующих масс аденилаткиназной реакции (ДМ_{АК}). Индекс печени рассчитывали по формуле $100 \times m_p / M$ и использовали в качестве показателя стресса. Для определения скорости проникновения исследуемых гербицидов в организм рыб рассчитаны коэффициенты липофильности – log P (логарифм коэффициента распределения незаряженных форм субстрата) с помощью компьютерной программы. Статистическую обработку данных проводили с помощью стандартных компьютерных программ, достоверное различие

Между средними арифметическими величинами определяли с помощью t-критерия Стьюдента. Различия между сравниваемыми группами считали достоверными при * – $P < 0,05$.

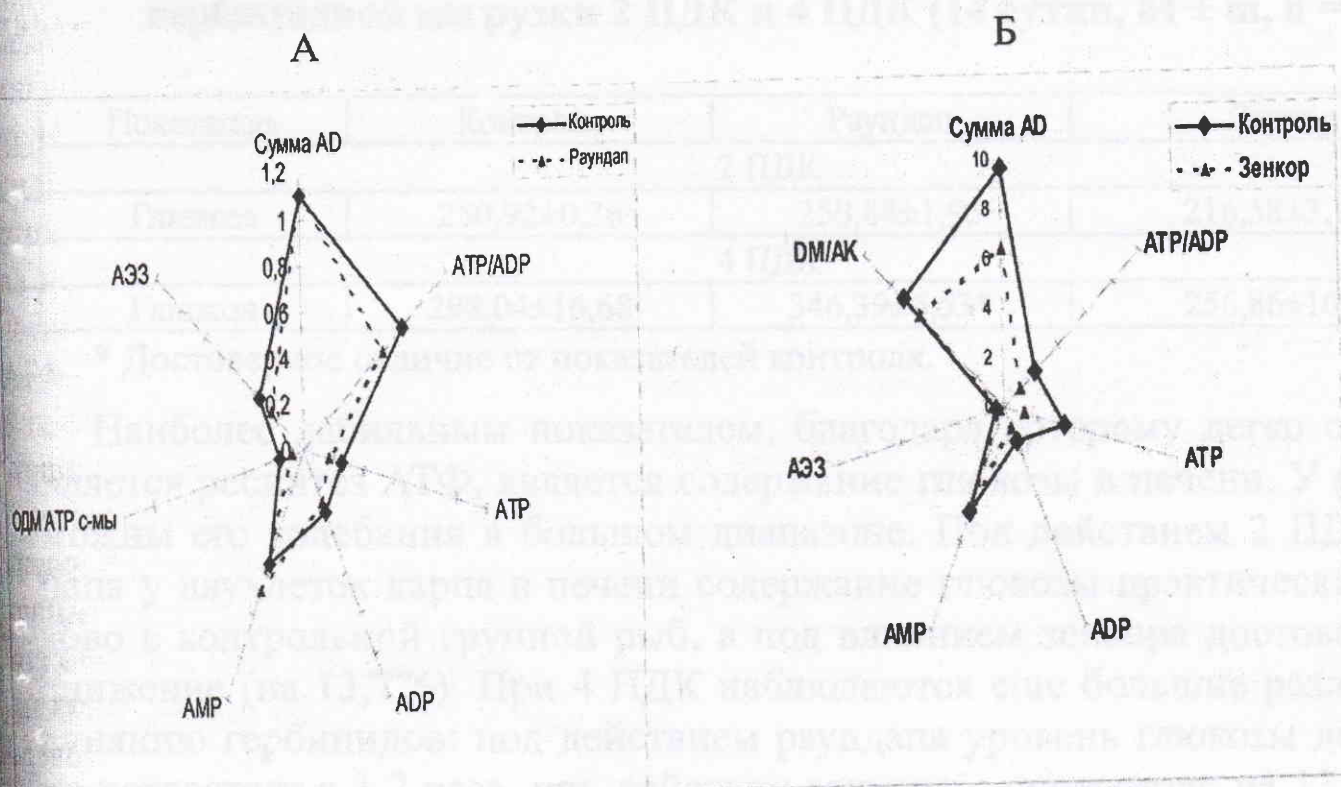


Рис. 1. Соотношение показателей энергетического обмена в печени двухлеток карпа под действием раундапа (А) и зенкора (Б), $M \pm m$, $n = 6$

Основным макроэргическим соединением, обеспечивающим протекание физиологических процессов в печени, является АТФ (аденозинтрифосфорная кислота), ее содержание под действием зенкора уменьшилось в 3 раза, отношение АТФ/АДФ – почти в 2 раза, сумма аденилатов – в 1,5 раза, АЭЗ – в 1,8 раза (рис. 1, Б).

Другие показатели энергетического обмена (АДФ, АМФ, ДМ/АК) также имеют тенденцию к снижению, но в меньшей степени. Ответная реакция на уровне макроэргических показателей в печени двухлеток карпа на действие раундапа следующая: содержание АТФ снизилось в 1,5 раза, отношение АТФ/АДФ – в 1,2 раза, АЭЗ – в 1,4 раза, сумма аденилатов не изменилась за счет возрастания концентрации АМФ (рис. 1, А). Отношение действующих масс аденилаткиназной реакции также не изменилось, и только показатель ОДМ АТР системы снизился в 18 раз. Это свидетельствует о том, что энергия АТФ необходима не только для удовлетворения текущих нужд клетки, но дополнительное расходование АТФ требуется для поддержания морфофункционального состояния гепатоцитов в экстремальных условиях гербицидной нагрузки. Уменьшение аденилатного энергетического заряда под действием обоих гербицидов также является сигналом незаполненно-

ти энергетического заряда системы. Поэтому следующим этапом работ было проследить, какие энергетические субстраты могут осуществить синтез АТФ.

Содержание глюкозы (в ммоль/л) в печени двухлеток карпа в условиях гербицидной нагрузки 2 ПДК и 4 ПДК (14 сутки, $M \pm m$, $n = 6$)

Показатель	Контроль	Раундап	Зенкор
2 ПДК			
Глюкоза	250,92±0,36	250,88±1,95	216,58±3,15*
4 ПДК			
Глюкоза	298,04±16,68	346,39±6,53*	256,86±10,15

* Достоверное отличие от показателей контроля.

Наиболее лабильным показателем, благодаря которому легко осуществляется ресинтез АТФ, является содержание глюкозы в печени. У рыб возможны его колебания в большом диапазоне. Под действием 2 ПДК раундапа у двухлеток карпа в печени содержание глюкозы практически одинаково с контрольной группой рыб, а под влиянием зенкора достоверно его снижение (на 13,7%). При 4 ПДК наблюдаются еще большие различия по влиянию гербицидов: под действием раундапа уровень глюкозы достоверно возрастает в 1,2 раза, при действии зенкора – снижается: на 13,8% (см. таблицу). Использование глюкозы для обеспечения энергетических нужд в клетке в условиях действия зенкора не происходит, на что указывают низкие значения изученных нами макроэнергетических соединений (см. рис. 1) и что подтверждают исследования активности ферментов углеводного обмена в печени двухлеток карпа, проведенные ранее. Глюкоза используется в другом направлении углеводного катаболизма, а именно, в пентозофосфатном шунте (возрастание активности глюкозы-6-фосфатдегидрогеназы и уменьшение активности ферментов гликолиза, цикла Кребса). И в детоксикации раундапа углеводы в качестве энергетического сырья для двухлеток карпа используются в меньшей степени в отличие от сеголеток, что подтверждается исследованием активности ферментов катаболического направления.

Самыми энергетически емкими субстратами являются липиды. При действии раундапа и зенкора (2 ПДК) концентрация липидов в печени двухлеток карпа достоверно не изменяется, хотя намечается тенденция к их снижению, но активность фермента липазы под действием зенкора достоверно уменьшается, что свидетельствует о большем использовании других энергетических субстратов, а не липидов. Что касается раундапа, то активность липазы в ткани печени карпа возрастает в 1,5 раза; можно предположить восполнение энергетических ресурсов за счет липидов, хотя и отсутствует снижение их уровня в этом органе. Увеличение концентрации действующих гербицидов до 4 ПДК приводит к достоверным изменениям как в содержа-

ии общих липидов (их увеличение), так и в концентрации отдельных его фракций. Раундап снижает уровень свободных жирных кислот и увеличивает синтез триглицеридов, зенкор оказывает противоположное действие. Авторы объясняют это тем, что раундап изменяет функциональное состояние мембраны гепатоцитов и тормозит трансмембранный транспорт, а зенкор ингибирует процесс переноса эфирсвязанного холестерина из гепатоцита в желчь. Таким образом, при увеличении концентрации действующих гербицидов на организм рыб использование общих липидов печени в энергетических целях затрудняется, особенно при действии зенкора. Действие раундапа не исключает утилизации жирных кислот и холестерина, концентрация которых в печени опытных рыб ниже, чем у контрольных для ресинтеза АТФ, что отражается на уровне макроэргических соединений (см. рис. 1). Как нами ранее было показано, под действием раундапа в печени двухлеток карпа наблюдается снижение общего белка, практически одинаковое значение солерастворимых белков, увеличение водорастворимых белков и достоверное уменьшение концентрации нерастворимых белков, которые могут использоваться в энергетических целях. Объяснением этих результатов служит рис. 2, где изображен гистологический препарат печени двухлетка карпа, испытавшего пресс раундапа.

А

Б

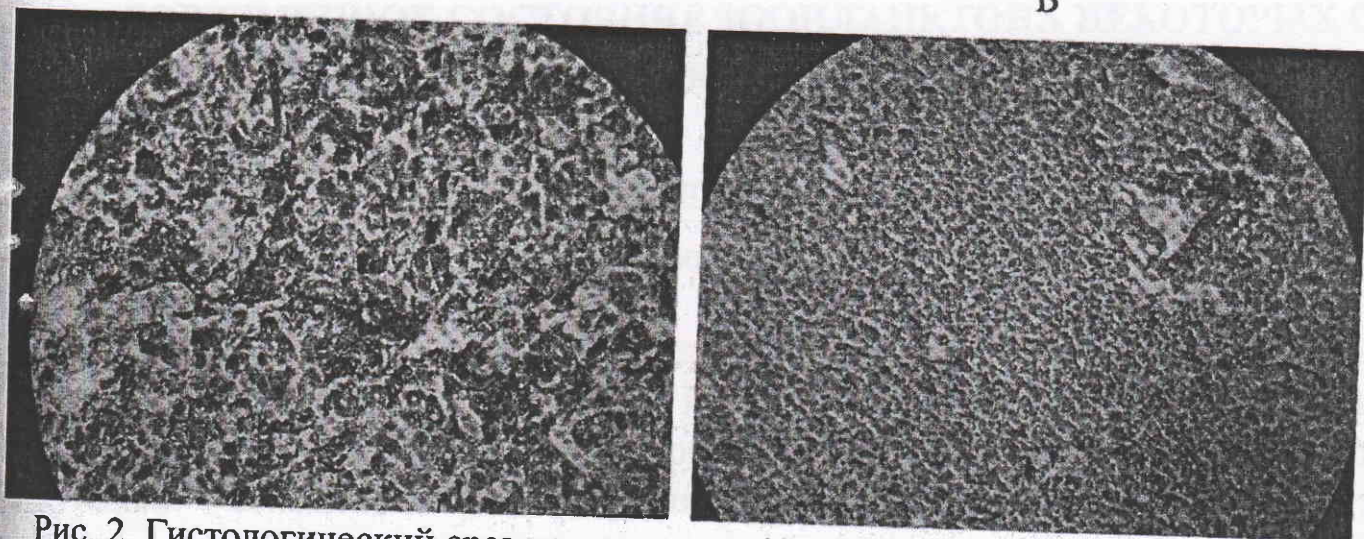


Рис. 2. Гистологический срез печени карпа (А – контроль, Б – изменения в печени карпа под влиянием раундапа – 14-е сутки, х 40, гематоксилин – эозин)

По сравнению с контролем в гистопрепарате печени опытной рыбы наблюдается выраженная зернистая дистрофия гепатоцитов, участки с вакуольно-капельной дистрофией, некроз гепатоцитов, что свидетельствует о глубоком проникновении этого гербицида в ткань органа. Это подтверждается коэффициентом липофильности, который равен отрицательному значению $\log P = -2,36 \pm 0,64$, в отличие от зенкора $\log P = 1,3 \pm 0,21$. В условиях действия зенкора в печени двухлеток карпа тоже установлена зернистая и вакуолярно-капельная дистрофия гепатоцитов, но такого существенного некроза гепатоцитов, как в случае действия раундапа не наблюдается.

Индекс печени является показателем стрессового состояния рыб, но на 14-е сутки эксперимента у двухлеток карпа различия в величинах индекса печени недостоверны (контроль $2,06 \pm 0,41$; раундап $2,52 \pm 0,50$; зенкор $2,00 \pm 0,42$). Увеличение дозы гербицида приводит к достоверному возрастанию этого показателя ($1,60 \pm 0,20$; $2,70 \pm 0,40^*$; $2,20 \pm 0,20^*$) с одновременным обводнением печени. В связи с уменьшением количества нерастворимых белков, их место в объеме органа занимает вода. Использование индекса печени для определения стрессового состояния у двухлеток карпа возможно только при достаточно высоких концентрациях гербицидов или в более ранних возрастных периодах рыб.

Таким образом, детоксикация зенкора осуществляется с большими затратами энергетических субстратов, происходит утилизация глюкозы, триглицеридов, белков, но макроэргических соединений не становится больше, так как они используются на восстановительные процессы, протекание анаболических реакций, обеспечивающих лучшую сохранность ткани печени. При действии раундапа уровень макроэргов по сравнению с действием зенкора несколько больше, но ткани печени более повреждены

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА НЕКОТОРЫХ ОЗЕР КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА

Е.А. Жук

ФГНУ «ГосНИОРХ», г. Санкт-Петербург,

e-mail: pshe-ekaterina@rambler.ru

Зоопланктонные пробы на озерах Красавица, Александровское, Жемчужное, Мустаярви, Бородинское и Гусиное (Ленинградская область) были собраны в октябре 2010 г. в ходе комплексных исследований запасов мотыля и раков. Обследованные озера расположены на Карельском перешейке и относятся к группе малых, сравнительно мелководных водоемов (табл. 1). На каждом озере пробы отбирались в центральной (глубоководной) и в прибрежной частях. Сбор, камеральная обработка и анализ материалов осуществлялись с применением унифицированной и утвержденной методики, разработанной ФГНУ «ГосНИОРХ» совместно с Зоологическим институтом РАН (Зоопланктон и его продукция. Методические рекомендации..., 1984).

Всего в осеннем планктоне обследованных озер было отмечено 45 видов (9 видов коловраток, 30 – кладоцер и 6 видов копепод). Наибольшее количество видов наблюдалось в оз. Александровском, наименьшее – в Бородинском. В основном были отмечены таксоны, присутствующие в планктоне в течение всего вегетационного периода или его большей части.