

2277 (Швеция, LKB). Получаемые при этом термограммы фиксируют с высокой степенью точности теплопродукцию организма в течение определенного заданного времени и заданных интервалов.

Анализ теплопродукции ранних онтогенетических стадий черноморских гидробионтов (личинок рыб и ракообразных) позволил установить ее снижение при действии различных физических факторов – УФ-радиации, температуры, импульсного излучения. Проведенные нами исследования показали существенные изменения характера термограмм у разных видов гидробионтов, что свидетельствует о разбалансировании процессов генерации и утилизации энергии морских животных в стрессовых условиях. В этом случае реакция является универсальной и неспецифической, однако весьма чувствительной, так как отклики фиксировали при достаточно низких дозах действующих факторов.

Таким образом, показатели теплопродукции гидробионтов, подвергнутых действию различных физических факторов, отражают комплексный ответ и могут служить эффективным биоиндикатором для оценки состояния организма в неблагоприятных условиях и использоваться в мониторинговых программах и исследованиях состояния окружающей среды и ее обитателей.

EFFECTS OF PHYSICAL FACTORS ON HEAT PRODUCTION OF AQUATIC ORGANISMS

V.G. Shaida

Institute of the Biology of the Southern Seas National Ukrainian Academy of Sciences, Sevastopol, Ukraine
svg-41@mail.ru

The application of the microcalorimetric method for the study the effects of some physical factors on aquatic organisms is shown. The possibilities of the heat production parameters use for the evaluation of physical pollution of aquatic ecosystems are discussed.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ КАЧЕСТВА КОРМА НА ОБМЕН ВЕЩЕСТВ У РЫБ

М.А. Щербина

ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства,
Московская область; Дмитровский р-он, п/о Рыбное, Россия
VNIPRH@mail.ru

Для обнаружения изменений в обмене веществ используется достаточно много методических подходов, которые различаются той или иной степенью сложности, трудоемкостью и длительностью, а также необходимостью высокой профессиональной подготовки исследователей. К наиболее часто применяемым методам относятся гематологические, гистохимические и биохимические, которые позволяют выявлять направленность изменений обменных процессов.

В то же время для оценки состояния рыб в случае питания дисбалансированными или недоброкачественными кормами, а также кормами, содержащими различные антипитательные факторы, важно не только установить, но и количественно охарактеризовать степень нарушения метаболических процессов. С этой целью мы предлагаем относительно простой способ, позволяющий за счет определения соотношения воды и пластических веществ в единице прирастающей массы рыб отследить эти процессы и внести коррективы в состав кормов. Его выполнение несложно и требует соблюдения только одного условия – синхронности в определениях массы и химического состава рыб в начале и конце экспериментов. Расчеты ведутся по следующей формуле: $K_{np}=10 (MtPt - M0P0) / (Mt - M0)$ г, МДж/ кг прироста массы, где: $M0$, Mt и $P0$, Pt – средняя масса рыб и содержание отдельных веществ или энергии в их теле в начале и конце опытов, % или кДж/100 г;

Этот показатель, который ранее был назван нами как «концентрация веществ в единице прироста массы», (Щербина, 1975) представляет собой разность между количеством веществ или энергии, содержащихся в теле рыб в конце эксперимента, и их количеством в начале, отнесенную к приросту массы. Он позволяет выявлять изменения в метаболизме рыб на основе сопоставления соотношения воды и пластических веществ в единице прироста массы. Его применение в сочетании с показателем среднесуточной (или удельной) скорости роста, $[C_w, \% = 200 (Mt - M0) / (Mt + M0) t]$, где t : период экспериментов, сутки], дает представление об интегральном воздействии нового корма на метаболизм и рост рыб.

В качестве примера предлагается таблица. При ее составлении из обширного массива экспериментальных данных, которыми располагает наша лаборатория, были избраны серии опытов 1979–2005 гг. Объектом исследований обычно служили сеголетки и годовики карпа и форели. Опыты, как правило, проводились на установках замкнутого водоснабжения или в природных условиях.

Влияние особенностей питания на обмен веществ у молоди карпа и форели

Серия экспериментов, вид корма	масса рыб, до опыта, г	C _w , % сутки	Содержание воды и пластических веществ в единице прироста рыб, г/кг массы					Энергия прироста МДж/к
			вода	сухое в-во	сырой протеин	сырой жир	минеральные в-ва	
1. Опыты на карпе								
1.1. Питание рыб естественной пищей и комбикормом								
Chironomus tummi	22	1,48	782	218	137	24	44	4,5
Ch.tummi 16,6% + Кк ₁	22	1,42	749	251	147	68	25	6,4
Кк ₁ - ВБС-РЖ	21	0,69	721	279	133	116	24	7,7
1.2. Питание комбикормом, дисбалансированным по незаменимым аминокислотам и минералам								
Кк ₂ -ВБС-РЖ, 16% рыбн. м	24	1,30	650	350	170	140	30	9,8
Кк ₂ с заменой рыбной муки на кукурузный глютен.	25	1,14	597	403	157	217	18	12,6
1.3.1. Питание рыб комбикормом, обогащенным различными формами витамина. С								
Кк ₃ - ВБС-РЖ-81	9,6	1,25	649	351	133	187	20	10,8
Кк ₃ +200 мг/кг АСТФ	8,9	1,32	626	374	148	189	21	11,3
Кк ₃ +500 мг/кг АСТФ	9,9	1,37	645	355	142	179	20	10,8
Кк ₃ +500мг/кг аскорбин.кты	8,5	1,27	656	344	161	145	27	9,8
1.3.2 Питание рыб комбикормом, обогащенным β – каротином								
Кк ₄ - ВБС-РЖ-4	16,9	1,58	632	368	174	158	22	10,7
Кк ₄ + 50мг/кг β – каротина	20,0	1,75	661	339	156	154	19	10,0
Кк ₄ + 80мг/кг β – каротина	18,6	1,35	586	414	179	199	18	12,5
М±δ, n=12	17±6,3	1,3±0,3	663±59	337±59	153±16	148±56	24±7	9,7±2,4
Коэффициенты вариации	38	19	9	18	10	38	31	25
1.4. Влияние качества корма и введения в его состав микроэлементов в период выращивания сеголетков на поддерживающий обмен у голодающей молоди в зимний период								
Кк ₅ -ВБС-РЖ(16% рыбн. м.)	29,9	14,4*	540	460	196	187	38	12,8
Кк ₆ с заменой рыб. м. БВК	21,7	15,2	430	570	252	257	4	16,5
Кк ₆ +селенит Na 0,1 мг/кг	28,1	14,9	623	377	205	134	8	11,0
Кк ₆ + KI 1,6 мг/кг	25,1	14,7	501	499	212	263	20	16,4
Кк ₆ + селенит Na+ KI	28,9	14,2	482	518	216	197	26	14,4
М±δ, n=5	27±3,3	15±0,4	515±72	485±7215	216±21	208±54	19±14	14,2±2,41
Коэффициенты вариации	13	2,7	14		10	27	72	7
2. Опыты на форели								
2.1. Питание рыб комбикормом, обогащенным витаминами								
Кк – РГМ-1ФЭ	36,2	1,50	708	292	106	145	36	8,2
РГМ-1ФЭ+В ₁ (15 мг/кг)	36,0	2,06	711	289	119	116	47	7,6
РГМ-1ФЭ + В ₂ (30 мг/кг)	35,8	1,97	772	228	92	84	44	6,0
2.2 Питание рыб комбикормом, обогащенным различными жировыми добавками								
Кк – РГМ – 5В	35,6	1,30	704	296	178	92	21	8,0
Кк+3,8% подсолнечн масла	46,7	1,30	726	274	161	86	25	7,4
Кк+3,8% кальмаров. жира	42,2	1,40	711	289	156	106	21	8,0
Кк+3,8% лецитина	45,5	1,30	711	289	166	98	17	7,9
Кк+1,0% лецитина	36,4	1,40	692	308	174	111	17	8,6
М±δ, n=8	39±4,7/	14±0,3/	717±24/	283±24/	144±33/	105±20/	28,5±21/	7,7±0,8/
Коэффициенты вариации	12	20	34	9	23	20	43	10

* Потери массы за зиму, %. В публикации приведены данные пересчетов материалов из научных отчетов лаб. физиологии питания рыб ВНИИПРХ, в работе над которыми принимали участие Л.Н. Трофимова, И.Ф. Першина, И.А. Салькова, Н.В. Линник, О.А. Бондаренко, Л.Н. Дума, Н.Т. Сергеева, Н.Ф. Шамаков.

Можно видеть, что замена в рационе питания молоди карпа естественной пищи на комбикорм (серия опытов 1.1), сопровождалась значительным торможением скорости роста и привела к сдвигу в приросте массы соотношения воды и пластических веществ в сторону последних. Это произошло

за счет дегидратации прироста и резкого усиления синтеза липидов (от 2,8 до 4,8 раз), а также меньшего включения в ткани минералов.

В серии 1.2. при переводе сеголеток карпа на комбикорм, имеющий дисбалансированный по аминокислотному составу белок с дефицитом лизина, аргинина, триптофана и, кроме того, недостаток минеральных элементов, можно было наблюдать резкое снижение скорости роста, которое шло одновременно со сгущением прироста. Сдвиг соотношения в сторону пластических веществ в основном был следствием усиления в 1,5 раза липогенеза, несмотря на то, что одновременно замедлялся синтез белка и включение минеральных элементов.

Обогащение комбикормов различными витаминами (серии опытов 1.3.1. и 1.3.2.) вызывало неоднозначные изменения. Аликвотные дозы (500 мг/кг) аскорбиновой кислоты и ее устойчивой формы – аскорбилтрифосфата (АСТФ) оказали разнонаправленный ростовой эффект со сходным, но различным по величине действием на синтез пластических веществ. Доза β -каротина 50 мг/кг хорошо стимулировала рост карпов, но при одновременном обводнении прирастающей массы, угнетении синтеза белка и отложения минеральных элементов. Напротив, доза 80 мг/кг вызвала резкое торможение роста (на 23%), которое сопровождалось сгущением прироста за счет его обезвоживания и одновременной стимуляции липогенеза.

В опытах с форелью (серия 2.1) введение в комбикорм РГМ-1ФЭ вит. В₁ в дозе 15 мг/кг, резко стимулируя рост рыб (на 37%), практически не повлияло на исходное (в контроле) соотношение воды и пластических веществ. Однако внутри последних произошли изменения, которые сопровождались активизацией синтеза белка и включения минеральных элементов при весьма существенном (на 20%) сокращении синтеза липидов.

Витамин В₂ в дозе 30 мг/кг при стимуляции роста рыб вызвал очень резкий сдвиг соотношения в сторону воды. Разжижение прироста происходило не только за счет его гидратации, но и вследствие резкого торможения синтеза липидов (на 42%) а также в меньшей степени (на 13%) белка.

Интересной оказалась метаболическая и ростовая реакция форели на введение в достаточно полноценный комбикорм РГМ-5В различного вида жировых добавок. Дополнительный ввод подсолнечного масла в дозе 3,8%, не оказав влияния на рост рыб, вызывал обводнение прирастающей массы при одновременном угнетении синтеза белка и липидов, а также повышенном включении минералов. Кальмаровый жир, стимулируя рост, вызвал усиление липогенеза и близкое по величине торможение синтеза белка. Эффект воздействия лецитина в той же дозе, 3,8%, характеризовался в основном угнетением синтеза белка и пониженным отложением минералов. Сокращение его количества до 1%, максимально ускорило рост рыб при снижении обводненности прироста, резкой активизации синтеза липидов (на 21%), а по сравнению с вариантом дозы лецитина 3,8% – также и белка.

Предлагаемый методический подход был использован нами и для сравнительной оценки изменений в метаболизме у голодавшей во время зимовки молоди карпа. В серии экспериментов 1.4., алиquotная замена летом в полноценном комбикорме ВВС-РЖ рыбной муки на высокобелковый дрожжевой компонент – БВК-паприн, привела во время зимнего голодания рыб к самым большим потерям их массы. Одновременно были отмечены наименьшие потери воды и наиболее интенсивное расходование на поддерживающий обмен пластических веществ: траты жиров составили 37%, белка и энергии – по 29%, при сохранении минеральной части в количестве, большем, чем в контроле, в 9,5 раз.

Введение в состав этого корма микроэлементов оказало сберегающее действие. Добавка селенита натрия обеспечила резкое сокращение трат общего количества пластических веществ в основном за счет более экономного использования липидов и белка. Потери массы на 62% были обеспечены за счет воды.

Эффект йодистого калия был несколько иным. В общих потерях доля пластических веществ была существенно большей – особенно липидов, и в значительно меньшей степени – белка. Потери энергии были велики и сходны с вариантом корма с БВК. Комплекс двух микроэлементов обеспечил у рыб при голодании наибольшую сохранность их массы, однако это произошло в основном за счет относительно низких потерь воды.

Результаты математической обработки данных, полученных на питающейся различными кормами молоди карпа (n=12), дали основание полагать, что в диапазоне масс 8,5–25 г, соотношение воды и пластических веществ в прирастающей массе рыб составляет в среднем 2:1, при коэффициентах вариации

ции (V) соответственно 9% и 18%. В пластических веществах наиболее подвижной частью оказались – липиды (V=38%) и минеральные вещества (V=31%). Наименее подвижными были белки (V=10%).

При зимнем голодании сеголетков карпа соотношение воды и суммы пластических веществ в их убывающей массе приблизилось к 1:1 (V=14–15%). Внутри пластических веществ, использовавшихся на поддерживающий обмен, наиболее лабильной была минеральная часть (V=72%). Вариабельность трат липидов была значительно меньшей (V=27%); Утилизация белка колебалась в наиболее узких пределах (V=10%).

У питающейся молоди форели по сравнению с карпом соотношение воды и пластических веществ в прирастающей массе было несколько шире – 2,5:1 (V=34% и 9%). Наиболее подвижная часть – минералы (V=43%), наименее – в равной степени белки и жиры, соответственно (V=23% и 20%).

ON INFLUENCE OF FEED QUALITY ON METABOLISM IN FISH

M.A. Shcherbina

All-Russian Research Institute of Freshwater Fisheries, Rybnoe, Moscow Region, Russia
vniprh@mail.ru.

A new methodical approach to evaluate metabolic alterations in starved or fed fish has been suggested. It consists in determining the ratio of water and organic substances in the unit of body weight, increased or decreased. It is very important that determination of fish weight and sampling for chemical analysis should be performed strongly simultaneously, both in the beginning and end of an experiment. For calculations the following equation is used: $K_{np} = 10 (M_t P_t - M_o P_o) / (M_t - M_o)$, g, MJ/kg of body weight increment, were M_o , M_t and P_o , P_t are average fish weights and content of some substance or energy in their body in the beginning and the end of an experiment, respectively (% or kJ/100 g). The combination of the data obtained with the daily average growth rate [$C_{w,\%} = 200 (M_t - M_o) / (M_o + M_t) t$, were t is the experimental period, days] allows us to realize the integral feed effect (or effect of conditions before starvation) on metabolism and growth of fish. Appropriate corroborated data are presented in the table.

АКТИВНОСТЬ ЭТОКСИРЕЗОРУФИН-О-ДИЭТИЛАЗЫ (ЭРОД) РЫБ КАК БИОМАРКЕР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ СТОЙКИМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

В.В. Юрченко, Г.М. Чуйко

ИБВВ РАН, Борок, Россия
viksapiksa@mail.ru

CYP1A-dependent monooxygenases are known to be metabolizing enzymes of many xenobiotics, such as PCDDs, PCDFs, PCBs, PAHs and structurally related compounds. EROD activity in fish is used as an indicator of CYP1A-induction, resulted by environmental contaminants exposure. EROD activity approach is based on the measurement of ethoxyresorufin deethylation product, resorufin. In 1976 (Payne) EROD activity was suggested to serve as a biomarker of environmental pollution.

Органические загрязнители водных объектов неизбежно попадают в организм рыб. Большинство из них являются липофильными ксенобиотиками, что делает их легко переносимыми через клеточные мембраны жабр, кожи, пищеварительной системы. Их последующая судьба и биологические эффекты в значительной степени зависят от способности к биотрансформации. Биотрансформация этих соединений как процесс состоит из двух фаз. В первой фазе (phase I), оксидативной, главная роль принадлежит оксигеназным системам, которые, окисляя гидрофобные молекулы ксенобиотика, увеличивают его водорастворимость. Во второй фазе (phase II) продукты оксигеназных реакций конъюгируют с различными водорастворимыми эндогенными соединениями посредством трансфераз (и некоторых других групп ферментов) и удаляются экскреторными органами (Di Giulio et al., 1995).

Индукция ферментов-трансформаторов в общем смысле рассматривается как адаптивный ответ организма на загрязнение среды обитания, приводящий к выведению чужеродных соединений (Bock et al., 1990).