

УДК 597.587.9 : 597—105

**УЧАСТИЕ НЕКОТОРЫХ АМИНОКИСЛОТ, МЕЧЕНЫХ ПО C^{14} ,
В ОБМЕНЕ ВЕЩЕСТВ КАМБАЛЫ (*PLATICHTHUS FLESUS L.*)
В ПОСЛЕНЕРЕСТОВЫЙ ПЕРИОД****И. Ф. Вельтищева, М. П. Боговяленская, К. Ф. Сорвачев**

Посленерестовый период (стадия VI) наиболее критический момент в жизни организма, характеризующийся максимальным расходом запасных питательных веществ, за которым начинается восстановительный период (стадии VI—II), характеризующийся накоплением веществ, в первую очередь белка.

В опытах с камбалой были использованы две незаменимые аминокислоты (метионин и лизин) и одна заменимая (глицин), меченые по C^{14} , кроме того, был использован бикарбонат натрия, также меченый по C^{14} .

Обмен веществ изучали с помощью радиоактивных соединений на камбале массой 110—290 г, размером 23—31 см в возрасте 4—6 лет. Всего в опытах использовано 40 рыб. Радиоактивные вещества инъецировали внутримышечно по 100 мк на рыбу. Подопытную камбалу держивали в ваннах с аэрируемой морской водой из Балтийского моря.

Для биохимических анализов рыбу брали через сутки после инъекции. Подопытных рыб подвергали полному биологическому анализу после чего брали пробы печени, белых и красных мышц и гонад для выделения из них жира, гликогена и белка. Из выделенных веществ приготавливали препараты для просчета активности на радиометре типа «Волна» со счетной трубкой БФЛ-25. Радиоактивность при изучении обмена выражалась в распадах в минуту на 100 мг вещества.

Сравнение полученных результатов показало, что наивысший уровень включения C^{14} в белки, гликоген и жиры наблюдался при введении глицина, несколько меньший — при введении лизина и метионина и самый низкий — при введении бикарбоната натрия (табл. 1).

При инъекции всех аминокислот — глицина, лизина и метионина — наблюдались высокий уровень активности белка и еще более высокая активность жира и гликогена, что связано с участием этих аминокислот в общем обмене веществ.

Наибольшее включение C^{14} в жир и гликоген при глицине, очевидно, связано с наиболее коротким путем перехода C^{14} через серин и пировиноградную кислоту в трикарбонатный цикл (Шемин, 1952).

При инъекции бикарбоната натрия была отмечена пониженная активность гликогена и жира и самая низкая активность белка, что, видимо, объясняется более сложным включением этого неорганического вещества в обмен органических соединений у рыб.

При использовании различных соединений, меченых по C^{14} , как уже говорилось, наблюдается разный уровень включения C^{14} в белки, жиры, гликоген. Однако изменения закономерностей включения радиоактивного углерода в те или иные вещества определяются прежде всего возрастом рыб, их полом и стадиями зрелости, т. е. физиологическим

Интенсивность включения радиоактивных аминокислот и соды в белки, жиры и гли

Стадия зрелости	Пол	Число	Возраст	Гликоген				печени
				печени	белых мышц	красных мышц	гонад	
Г ли								
juv.	—	2	2	3 175 665	97 926	—	—	25 349 916
juv.	—	1	3	5 760	5 493	—	—	13 755 000
II	Самцы	2	5	4 474 020	79 287	—	—	—
IV	»	1	4	526 944	190 080	100 995	215 400	110 399 943
VI	Самки	1	4	4 355 217	63 957	—	—	169 874 943
	»	1	5	2 096 460	5 273	58 680	—	123 899 925
	»	2	6	1 863 426	—	—	623 340	90 368 292
VI—II	Самки	2	4	388 674	19 578	35 910	270 564	17 455 080
	»	4	6	1 251 306	60 813	5 265	169 296	65 530 798
	»	2	6	749 199	85 785	31 866	211 770	4 491 099
Ли								
juv.	—	1	—	3 696	4 275	4 041	—	787 446
juv.	—	1	3	267 975	52 617	—	—	219 171 975
VI	Самки	2	4	60 720	14 724	11 579	—	81 488 658
VI	»	1	5	79 014	5 916	—	155 076	125 456 310
VI—II	Самки	3	5	3 315	4 074	5 172	97 716	21 814 225
Метио								
VI	»	1	5+	118 800	39 109	—	—	81 090 909
juv.	—	1	2+	—	—	—	—	1 028 568
VI—II	Самцы	1	4+	30 431	104 400	—	—	15 289 713
II	»	1	5+	1 188 000	41 400	—	—	6 862 562
Бикарбонат								
II	»	3	4	74 910	5 340	—	—	2 830 431
VI	Самка	1	5	73 716	5 064	—	—	—
	»	1	5	17 229	912	—	—	4 001 046
VI—II	»	1	4	10 191	8 886	—	—	1 646 226
	»	1	5	6 969	2 085	—	3 462	1 726 980
	»	1	6	58 737	2 409	—	4 680	5 425 533

состоянием организма. Так, например, в наших опытах при использовании различных веществ самое интенсивное включение C^{14} отмечалось на VI стадии при максимальном истощении организма, когда только-только начинаются восстановительные процессы (табл. 2). По биохимическим показателям еще нельзя уловить этого сдвига. Изотопный же метод позволяет отметить наступление перелома в обмене веществ.

На стадии VI—II интенсивность включения C^{14} по всем соединениям несколько падает, так как организм частично уже восстанавливает израсходованные органические вещества.

Очень интересно более подробно проследить критический момент предельного истощения рыб, начало восстановительного периода и пути восполнения потерь.

В табл. 3 представлены данные по рыбам в VI и VI—II стадиях с

Таблица 1

коген различных органов и тканей камбалы (распадов в минуту на 100 мг веществ)

Жир			Белок			
белых мышц	красных мышц	гонад	печени	белых мышц	красных мышц	гонад
ц и н						
—	—	—	487 203	267 447	—	—
21 255 000	—	—	84 360	17 844	—	—
—	—	—	683 646	21 924	37 683	—
13 921 116	—	51 835 164	572 052	22 695	—	173 046
13 168 356	81 215 517	—	235 860	58 203	41 241	—
17 046 357	114 795 348	20 476 056	274 854	25 758	64 827	17 448
14 207 101	—	3 359 007	233 214	23 868	24 276	31 311
19 681 185	—	—	264 321	43 236	91 689	57 543
37 291 544	12 995 468	21 731 425	305 955	16 263	38 394	48 039
10 249 560	—	2 100 000	233 214	23 868	24 276	31 311
з и н						
26 460 000	369 000	—	114 069	12 021	26 625	—
69 803 391	—	—	763 899	51 324	—	—
36 331 537	—	—	363 144	38 145	—	—
12 328 572	7 296 912	11 735 715	244 329	23 436	60 288	58 440
5 400 094	16 355 666	13 285 953	119 178	12 204	34 182	34 239
н и н						
1 499 997	2 553 231	—	126 927	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
4 565 853	11 458 647	—	233 997	26 071	48 222	—
1 828 125	4 699 998	—	184 707	17 150	37 660	—
натрия						
4 375 033	5 239 926	—	11 172	450	393	651
—	—	—	—	—	—	—
3 816 618	1 634 169	3 224 718	2 703	168	549	372
2 308 938	—	8 182 572	8 130	183	—	786
—	224 718	—	3 363	288	765	975
1 500 000	2 877 808	7 371 951	5 178	213	420	744

разной степенью истощения. У рыб, которым введены различные радиоактивные соединения, наблюдалась зависимость между интенсивностью включения C^{14} и степенью истощения: чем больше истощена рыба, тем выше включение радиоактивного углерода на этой стадии, т. е. максимальное поступление его в организм наблюдается при низкой относительной массе печени и минимальном проценте содержания веществ в ней. Это подтверждает сам процесс восстановления.

В некоторых случаях при предельном истощении активность веществ в печени по каким-то причинам недостаточно повышается по сравнению с менее истощенными рыбами, например рыбами № 32 и 10 (глицин), № 1 и 2 (сода). Видимо, клетки предельно истощенной печени не в состоянии удовлетворить сильно возросшие потребности организма в энергетических веществах. В этих случаях увеличивается интенсивность

Интенсивность включения радиоактивного углерода самками камбалы

Стадия зрелости	Число	Возраст	Гликоген				Жир	
			печени	белых мышц	красных мышц	гонад	печени	белых мышц
Г л и								
VI	1	4	4 355 217	63 957	—	—	169 874 943	13 168 356
	1	5	2 096 460	5 273	58 680	—	123 899 925	17 046 357
	2	6	1 863 426	—	—	623 340	90 368 292	14 207 001
VI—II	2	4	388 674	19 578	35 910	270 564	17 455 080	19 681 185
	4	5	1 251 306	60 813	5 265	169 296	65 530 798	37 291 544
	2	6	749 199	85 785	31 866	211 770	4 491 099	10 249 560
Л и								
VI	2	4	60 014	14 724	11 589	—	81 488 658	36 331 537
	1	5	19 014	5 916	—	155 076	125 456 310	12 328 572
VI—II	3	5	3 315	4 074	5 172	97 716	21 814 225	5 400 094
М е т и о								
VI	1	5	118 800	39 109	—	—	81 090 909	1 499 997
VI—II	1	4	30 431	104 400	—	—	15 289 713	4 565 853
Б и к а р б о н а т								
VI	1	5	17 229	912	—	—	4 001 046	3 816 618
VI—II	1	4	10 191	8 886	—	—	1 646 226	2 308 938
	1	5	6 969	2 085	—	3 462	1 726 980	—
	1	6	58 737	2 409	—	4 680	5 425 533	1 500 000

Зависимость интенсивности включения

Номер рыб	Стадия зрелости	Возраст, лет	Масса, г	Длина, см	Сухое вещество, % в мышцах	Печень		Содержание веществ в печени, % от сырого вещества рыбы		
						масса, г	% от сырого вещества	гликогена	жира	белка
Г л и										
15	VI—II	5	210	26	19,1	5,2	3,1	7,7	8,6	20,1
10	VI—II	5	180	28	15,1	2,1	1,3	1,0	3,6	10,7
32	VI	5	230	31	—	3,2	1,8	0,6	2,8	15,5
Л и										
21	VI—II	5	240	27	—	7,8	3,7	2,3	12,6	3,5
19	VI—II	5	140	24	19,4	3,8	3,0	3,4	6,2	17,3
25	VI—II	5	150	25	18,0	2,7	2,2	2,1	9,6	—
20	VI	5	165	26	13,1	2,1	1,7	0,3	0,4	37,5
С о										
1	VI—II	4	180	24	—	4,3	2,5	3,6	11,5	15,1
2	VI—II	6	200	31	—	3,3	1,9	0,5	3,6	—

на стадиях VI и VI—II (распадов в минуту на 100 мг вещества)

Таблица 2

		Белок			
красных мышц	гонад	печени	белых мышц	красных мышц	гонад
цин					
81 215 517	—	235 860	58 203	41 241	—
114 795 348	20 476 056	274 854	25 758	64 827	17 448
—	3 359 007	233 214	23 868	24 276	31 311
—	—	264 321	43 236	91 689	57 543
12 995 468	21 731 425	305 955	16 263	38 394	48 039
—	2 100 000	233 214	23 868	24 276	31 311
зин					
—	—	363 144	38 145	—	—
7 296 912	11 735 715	244 329	23 436	60 288	58 440
16 355 666	13 285 953	119 178	12 204	34 182	34 239
нин					
2 553 231	—	126 927	—	—	—
11 458 647	—	233 997	26 071	48 222	—
натрия					
1 634 169	3 224 718	2 703	168	549	372
—	8 182 572	8 130	183	—	786
224 718	—	3 363	288	765	975
2 872 808	7 371 951	5 178	213	420	744

S¹⁴ от степени истощения рыб

Таблица 3

Распадов в минуту на 100 мг								
печени			белых мышц			красных мышц		
гликоген	жир	белок	гликоген	жир	белок	гликоген	жир	белок
цин								
328 326	38 963 685	103 878	11 103	22 984 551	7 752	—	3 522 333	21 423
4 108 146	149 722 500	735 384	205 773	79 687 500	17 835	—	23 769 999	66 963
2 096 460	123 899 925	274 854	15 819	17 046 357	25 758	58 680	114 795 348	64 827
зин								
2 181	27 649 314	49 158	558	5 057 790	9 219	—	—	16 962
4 005	20 341 638	93 390	1 125	9 382 716	11 976	—	10 327 659	39 552
3 705	17 451 723	214 866	10 542	1 759 776	15 414	5 172	22 383 672	46 032
79 014	125 456 310	244 329	5 916	12 326 572	23 436	—	7 296 912	60 288
да								
10 191	1 646 222	8 130	8 886	2 308 938	183	—	—	—
58 737	5 425 573	5 178	2 409	1 500 000	213	—	2 879 908	420

включения C^{14} в белки, жиры и гликоген красных мышц. По-видимому, красные мышцы частично дополняют функцию печени. В некоторых работах (Braekken, 1956; Wittenberger, 1960; Wittenberger and Oras, 1961) говорится о возможности частичного выполнения красными мышцами роли печени.

Исследования проводились в основном на рыбах близкого возраста (4—6 лет), поэтому резких возрастных изменений в обмене веществ не наблюдалось. Однако при сравнении молодых растущих рыб (2 года) с половозрелыми (5 лет) заметны существенные различия в направленности обмена веществ этих рыб. Если у молодых рыб радиоактивный углерод интенсивно включается в белки печени и мышц, то у взрослых — преимущественно в жиры (табл. 4).

Таблица 4

Изменение интенсивности включения C^{14} в зависимости от возраста

Возраст, лет	Распадов в минуту на 100 мг		
	жира печени	белка печени	белка мышц
2	25 349 916	487 203	267 447
5	125 456 310	244 329	23 336

Выводы

1. Аминокислоты (глицин, лизин, метионин), меченые по C^{14} , помимо включения в белки, интенсивно используются для синтеза гликогена и жира.

2. Степень включения радиоактивного углерода в органические соединения связана с физиологическим состоянием рыбы. При максимальном истощении восстановление идет более интенсивно, что выражается в повышенной активности исследуемых веществ.

3. Доля участия аминокислот в пластическом или энергетическом обмене определяется также состоянием организма: у растущих рыб они в большей степени используются в построении белков, а у половозрелых значительная часть идет для синтеза жира.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Сорвачев К. Ф. и Шатуновский М. И. Некоторые данные о содержании свободных аминокислот в тканях трески и речной камбалы Белого моря. — В сб.: «Материалы по экологии трески Северной Атлантики». М., 1968, с. 133—143.
- Шемин Д. Некоторые представления о биосинтезе аминокислот. — «Аминокислоты и белки», М., 1952, с. 286—298.
- Braekken, O. Function of the red muscle in fish. *Nature*, 1956, v. 178, p. 747—748.
- Love, R. M. The chemical biology of fishes. Ac. Press. 1970, 547 p.
- Wittenberger C. Studies on the physiology of the striated muscle of teleosteans. Dissert. for degree of Candidate of Biol. Sci. Univ. Babeş-Bolyai Cluj., 1960, p. 30.
- Wittenberger C. and Oras, I. Research on the physiology of teleost striped muscle. V. Contributions to the study of lateral muscles in several marine fish. *Studia Cerc. Biol.* 1961, 12, p. 333—341.

Participation of some amino acids tagged by C^{14} in metabolism of flounder (*Platichthys flesus* L.) in the post-spawning period

I. F. Veltishcheva, M. P. Bogoyavlenskaya, K. F. Sorvachev

SUMMARY

The study of metabolism in flounder in the post-spawning period by means of amino acids tagged by C^{14} has shown that such amino acids as glycine, lysine, methionine are not only included into protein, but used intensively in the synthesis of glycogen and fat. Changes in the inclusions of radio active carbon in some or other organic substances depend primarily on the physiological condition of fish, i. e. age, sex and stages of maturity.