

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЗАРАЖЕННОСТЬ ЦЕСТОДАМИ *BOTHRIOCEPHALUS OPSARIICHTHYDIS* (PSEUDOPHYLLIDEA) И *Khawia sinensis* (CARYOPHYLLAEIDAE) И РОСТ КАРПОВ РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ

С. В. Межжерин

Исследования, проведенные в популяциях сеголеток карпа, показали, что зараженность рыб цестодами *Bothriocephalus opsariichthydis* зависит от генотипа рыб. Также установлено, что максимальные различия в заражении между рыбами разного генотипа наблюдаются осенью при отрицательно биномномальном распределении цестод (Межжерин, 1989). При этом остается неясным вопрос о генетических механизмах такой дифференциации рыб по отношению к заражению паразитом, при которой одна часть популяции хозяев более интенсивно элиминирует паразитов. Есть основание считать, что причины этого явления могут быть сведены к двум основным. Во-первых, это случайные причины. Например, рыбы, первоначально сильно зараженные, были не в состоянии избавиться от паразитов вследствие угнетения инвазией и поэтому имели низкую устойчивость к заражению в дальнейшем. Во-вторых, причины, связанные с биологической разнокачественностью рыб, обусловленной генетически. Она может реализоваться в индивидуальной изменчивости интенсивности физиологических процессов и роста рыб в период заражения. Значение процессов роста в устойчивости организма рыб подтверждается тем, что в популяциях карпа существует положительная связь между иммунной реактивностью и размерами рыб (Козиненко и др., 1985).

Целью настоящей работы явилось изучение связи между зараженностью двумя видами цестод *B. opsariichthydis* и *Khawia sinensis* и скоростью роста сеголеток карпа в зависимости от генотипов трансферрина.

Материал и методы. Сеголетки карпа брались из прудов рыбхозов «Нивка» и Немешаевского совхозтехникума Киевской обл. Каждая выборка представляет собой единомоментный отлов рыбы из одного пруда. Вскрытие рыб и определение паразитов проводилось по методикам, разработанным в ихтиопаразитологии (Быховская-Павловская, 1985).

В качестве генетического маркера использовался локус трансферрина — белка сыворотки крови, самого полиморфного локуса у карпа (Паавер, 1983). Изменчивость трансферринов изучалась методом диск-электрофореза (Davis, 1964) в 6.5%-ном полиакриламидном геле. Окрашивание гелей проводилось 0.025%-ным раствором Кумасси R-250 на 10 % ТХУ.

Результаты и их обсуждение. Распределение ботриоцефалюсов во всех исследованных выборках карпа из рыбхоза «Нивка» имело перерассеянную форму. Экстенсивность заражения в выборках зависела от сезона и изменялась от 34 % в августе, 18 — в ноябре до 4 % — в апреле. При этом интенсивность заражения с августа по ноябрь увеличилась от 3.58 до 32.55 пара-

Таблица 1

Средние значения длины тела рыб и стандартная ошибка в выборке ($\bar{l} \pm m$, см) в целом и у рыб, инвазированных ботриоцефалюсами ($\bar{l}^{\text{Both}} \pm m$, см) и кавиями ($\bar{l}^{\text{Kha}} \pm m$, см) в популяции карпа рыбхоза «Нивка»

Mean values of the fish body length and standard error in the sample ($\bar{l} \pm m$, cm) on the whole and in fishes infected with *Bothriocephalus* ($\bar{l}^{\text{Both}} \pm m$, cm) and *Khawia* ($\bar{l}^{\text{Kha}} \pm m$, cm) in the carp population (fishery farm «Nivka»)

Месяц	$\bar{l} \pm m$	$\bar{l}^{\text{Both}} \pm m$	$\bar{l}^{\text{Kha}} \pm m$
Август	6.25 ± 0.08	5.94 ± 0.11*	
Октябрь	6.89 ± 0.07	6.62 ± 0.18	
Ноябрь	9.19 ± 0.07	8.53 ± 0.19**	9.80 ± 0.23*
Апрель	9.01 ± 0.05	8.79 ± 0.19	

Примечание. Здесь и в табл. 2: * — средняя длина рыб в выборке достоверно отличается от среднепопуляционных значений $p < 0.005$; ** — $p < 0.001$.

Таблица 2

Средние значения длины тела рыб и стандартная ошибка: в выборке ($l \pm m$, см) в целом и у рыб, инвазированных ботриоцефалюсами ($l^{Both} \pm m$, см) и кавиями ($l^{Khaw} \pm m$, см), в популяции карпа рыбхоза «Немешаево»

Mean values of the fish body length and standard error in the sample ($l \pm m$, cm) on the whole and in fishes infected with *Bothriocephalus* ($l^{Both} \pm m$, cm) and *Khawia* ($l^{Khaw} \pm m$, cm) in the carp population (fishery farm «Nemshaevo»)

Месяц	$l \pm m$	$l^{Both} \pm m$	$l^{Khaw} \pm m$
Июль	5.62±0.04	5.64±0.06	
Август	7.14±0.07	6.86±0.11*	
Октябрь	10.36±0.09	10±0.32	12.28±0.48**

зитов на особь. Таким образом, тенденция изменения показателей заражения была аналогична таковой в рыбхозе «Немешаево» (Межжерин, 1989).

Заражение сеголеток карпа кавией обнаружено только поздней осенью и составило в «Нивке» — $E_x=0.08$, $I_p=1.79$ и «Немешаево» — $E_x=0.07$, $I_p=2.31$. Распределение рыб по зараженности кавией в обоих случаях соответствовало отрицательному биному ($\bar{X}=0.14$, $\sigma^2=0.3$, $\bar{X}=0.17$, $\sigma^2=0.68$, для «Нивки» и «Немешаево» соответственно).

Размеры рыб, зараженных ботриоцефалюсами, во всех случаях были меньшими, чем незараженных, и в большинстве случаев достоверно меньше среднепопуляционного уровня (табл. 1, 2). В противоположность ботриоцефалюсу кавия инвазирует более крупных рыб (табл. 1, 2). Сравнение особей гомо- и гетерозиготных по локусу трансферрина показало, что в «Нивке» различия между рыбами по зараженности ботриоцефалюсом достоверны только в августе, причем гетерозиготы заражены сильнее гомозигот (табл. 3). Следует обратить внимание на то обстоятельство, что именно в этом месяце гетерозиготы имеют максимальное отставание в размерах от гомозигот ($t=3.79$; $p < 0.001$), в октябре оно уменьшается ($t=2.60$; $p < 0.01$), в ноябре исчезает ($t=0.85$; $p > 0.05$), а в апреле уже гетерозиготы превосходят по размерам гомозигот ($t=2.47$; $p < 0.05$). Такая тенденция неравномерного роста рыб разных генотипов в течение первого года объясняется компенсационным ростом, известным у карпа (Иванов, 1973; Межжерин, Балахнин, 1985), когда особи, отстающие первоначально в росте, затем не только компенсируют, но и со второго года опережают ранее быстрорастущих рыб. Можно предположить, что дифференциальная зараженность рыб в августе обусловлена значительным отставанием в этот период в росте гетерозигот. Затем по мере выравнивания средних размеров происходит и сглаживание различий по зараженности гомо- и гетерозигот (табл. 3).

Похожая ситуация наблюдается и в «Немешаево». Рыбы с генотипами AA и BC (рис. 1) в начале имеют самые большие размеры, однако к концу сезона утрачивают преимущество в росте по сравнению с генотипами AB и AC. В этот период происходит переход от случайного распределения

Таблица 3

Средняя длина ($l \pm m$, см), экстенсивность заражения ботриоцефалюсом ($E_x^{Both} \pm m$), кавией ($E_x^{Khaw} \pm m$) рыб гомо- и гетерозиготных генотипов по локусу трансферрина в рыбхозе «Нивка»

Average length ($l \pm m$, cm) and infection rate of fishes of different genotypes on the transferrin locus with *Bothriocephalus* ($E_x^{Both} \pm m$) and *Khawia* ($E_x^{Khaw} \pm m$) from the fish-farm «Nivka»

Месяц	$l \pm m$		$E_x^{Both} \pm m$		$E_x^{Khaw} \pm m$	
	гомо-	гетеро-	гомо-	гетеро-	гомо-	гетеро-
Август	6.63±0.11	6.04±0.11***	0.24±0.05	0.45±0.06**		
Октябрь	7.2±0.12	6.74±0.13**	0.14±0.04	0.17±0.05		
Ноябрь	9.21±0.08	9.01±0.22	0.18±0.03	0.16±0.05	0.09±0.02	
Апрель	8.93±0.06	9.14±0.06*	0.04±0.15	0.05±0.02		0.02±0.02*

Примечание. * — различия между гомо- и гетерозиготами достоверны $p < 0.05$; ** — $p < 0.001$; *** — $p < 0.001$.

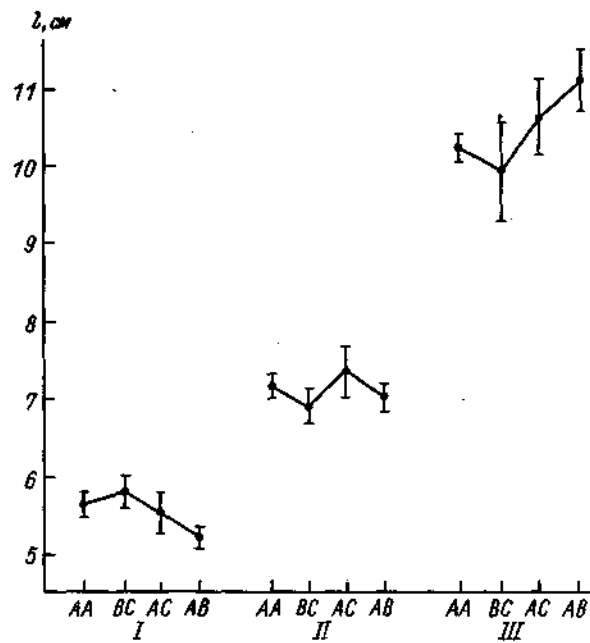
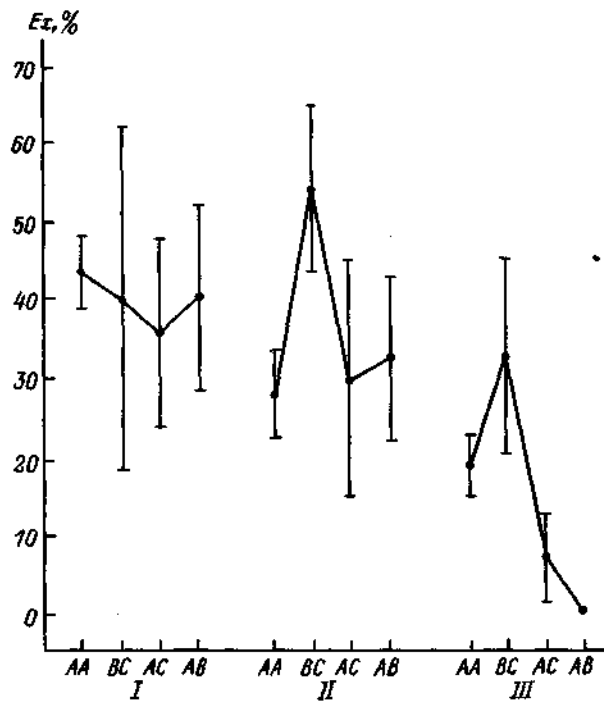


Рис. 1. Изменение средней длины тела карпов разных генотипов по Лocusу трансферрина (AA, BC, AC, AB) в течение первого года жизни в популяции рыбхоза «Немешаево».

По оси абсцисс — месяцы: I — июль, II — август, III — октябрь.

Fig. 1. Changes in the average body length of carps with genotypes differing by transferrin locus (AA, BC, AC, AB) during the first year of their life in the fish population of the fishery farm «Nemeshaevo».



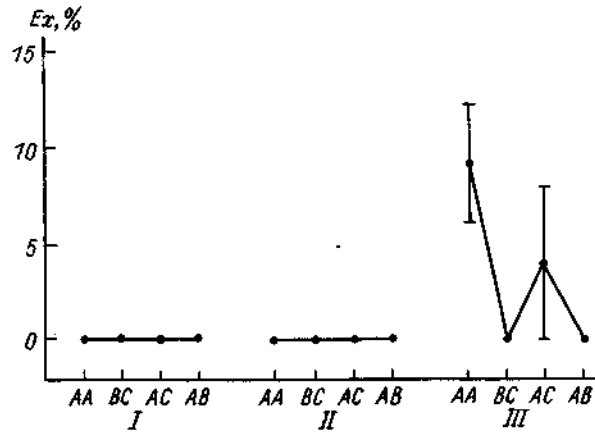


Рис. 3. Изменение доли рыб, зараженных кавией, у карпов разных генотипов по локусу трансферрина (AA, BC, AC, AB) в течение первого года жизни в популяции рыбхоза «Немешаево». Обозначения такие же, как на рис. 2.

Fig. 3. Changes in the number of fishes infected with *Khawia* in carps with genotypes differing by transferrin locus (AA, BC, AC, AB) during the first year of their life in the fish population of the fishery farm «Nemeshaevo».

ботриоцефалюсов к избирательному и рыбы с генотипами AB и AC, имевшие большую скорость роста, оказываются достоверно менее зараженными, чем относительно медленно растущие рыбы генотипов AA и BC (рис. 2).

Можно предположить, что если скорость роста рыб влияет на зараженность гельминтами, то особи инвазии кавией будут подвержены особи гомозиготного генотипа трансферрина, скорость которых в этот период при равенстве размеров ниже, чем у гетерозигот. Результаты, полученные на сеголетках из «Нивки», подтверждают эту тенденцию (табл. 3). Рыбы гомозиготных генотипов имеют достоверно более высокий уровень заражения кавией, чем гетерозиготы ($t=2.47$; $p < 0.05$). В рыбхозе «Немешаево» у сеголеток отмечается приблизительно аналогичная ситуация: самая высокая зараженность наблюдается у рыб гомозиготного генотипа AA, имеющего относительно низкую скорость роста по сравнению с особями генотипа AB (рис. 3). Среди особей этого генотипа зараженных кавией обнаружить не удалось ($F_0=6.7$, $p < 0.05$). При этом следует обратить внимание на то, что особи генотипов BC, медленно растущие в течение сезона, так же, как и быстрорастущие AB не имеют кавий и достоверно отличаются по экстенсивности заражения от гомозигот AA ($F_0=4.1$; $p < 0.005$). Эта ситуация подтверждает, что кавия в конце сезона поражает только крупных и средних сеголеток, но при этом среди них инвазии более подвержены рыбы, замедляющие свой рост, в данном случае — гомозиготы AA.

Заражение сеголеток карпа ботриоцефалюсом в основном протекает в первой половине лета, когда мальки питаются планктоном. С переходом на питание бентосом поздней осенью происходит заражение кавией (Бауер и др., 1977). Эти различия приводят к тому, что инвазия разными паразитами оказывается дифференцированной по отношению к размерам рыб: ботриоцефалюсами заражены в среднем более мелкие рыбы, сохраняющие гельминтов, а кавией, наоборот — крупные, более интенсивно питающиеся в этот период бентосом. Такое дифференциальное заражение обусловлено неодинаковым темпом роста рыб разных генотипов в течение первого года жизни.

Рис. 2. Изменение доли рыб, зараженных ботриоцефалюсом, у карпов разных генотипов по локусу трансферрина (AA, BC, AC, AB) в течение первого года жизни в популяции рыбхоза «Немешаево».

Обозначения такие же, как на рис. 2.

Fig. 2. Changes in the number of fishes infected with *Bothriocephalus* in carps with genotypes differing by transferrin locus (AA, BC, AC, AB) during the first year of their life in the fish population of the fishery farm «Nemeshaevo».

Список литературы

- Бауер О. Н., Мусселнус В. А., Николаева В. Н., Стрелков Ю. А. Ихтиопатология. М.: Пищ. промышл., 1977. 431 с.
- Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.
- Иванов Л. О. О закономерностях компенсационного роста рыб на примере карпа (*Cyprinus carpio* L.) // Изв. Ин-та океанограф. и рыбо стоп. Варна. Бълг. АН. 1973. № 12. С. 107—132.
- Козиненко И. И., Межжерин С. В., Балахнин И. А. Генетические различия в иммунной реактивности сеголеток карпа // ДАН УССР. 1985. № 2. С. 68—70.
- Межжерин С. В. Сезонная динамика численности *Bothriocephalus opsarichthydis* (Cestoda) и дифференциальная зараженность сеголеток карпа разных генотипов // Паразитология. 1989. Т. 23, вып. 1. С. 48—53.
- Межжерин С. В., Балахнин И. А. Скорость роста и возрастная дифференцировка электрофоретических спектров гемоглобина у карпов с разными генотипами трансферрина // Цитол. и генет. 1985. Т. 19, № 2. С. 119—124.
- Паавер Т. Биохимическая генетика карпа *Cyprinus carpio* L. Таллин: Валгус, 1983. 122 с.
- Davis B. J. Disc-electrophoresis. II. Method and application to human serum protein // Ann. N. Y. Acad. Sci. 1964. Vol. 121. P. 404—427.

Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена,
Киев

Поступила 24.04.1989

DIFFERENTIAL INFECTION WITH *BOTHRIOCEPHALUS OPSARIICHTHYDIS* (*PSEUDOPHYLLIDEA*) AND *KHAWIA SINENSIS* (*CARYOPHYLLAEIDAE*) AND THE GROWTH OF CARPS WITH DIFFERENT GENOTYPES

S. V. Mezherin

Key words: *Bothriocephalus opsarichthydis*, *Khawia sinensis*, carp, genotype, transferrin

SUMMARY

The present investigation shows that the infection of the first year carps with *Bothriocephalus opsarichthydis* and *Khawia sinensis* depends on the fish genotype. It has been established that individuals falling behind in their growth are more heavily infected with *Bothriocephalus* while the largest individuals are more heavily infected with *Khawia*. By means of genetic marking the differences in the infection with the above cestodes were found to have a common mechanism consisting in the different growth rate of the first year fishes. It has been noted that fishes slowly growing within a season or arresting their growth during the infection period are given to a heavier infection.