

8. **Hallerman E.M.** DNA-level polymorphism as a tool in fisheries science / E.M. Hallerman, J.S. Beckman // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* – 1988. – Vol. 45. – P. 1075–1087.
9. **Smith P.** Allozyme and microsatellite DNA markers of toothfish population structure in the Southern Ocean / P. Smith, M. J. McVeagh // *Fish Biol.* – 2000. – Vol. 57. – P. 72–83.

Поступила в редакцию 27.12.06

E.G. BOYKO, YA.A. KAPUSTINA

POPULATION-GENETIC STUDIES OF *ARTEMIA* AS THE MOST PROMISING LIVING FEED FOR FISH

Six protein systems of some *Artemia* populations were studied. Twenty two zones of activity were founded. Nucleotide sequences of COI mtDNA from the different *Artemia* samples were received. The samples included species and unidentified strains. The results demonstrated the relationships between the different samples of *Artemia*.

УДК 639.3.043.2

Л.И. ЛИТВИНЕНКО, кандидат биологических наук

*Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства
Тюменская государственная сельскохозяйственная академия*

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА РАЗВИТИЕ ЖАБРОНОГО РАЧКА АРТЕМИИ – ОСНОВНОГО ГАЛОБИОНТА СОЛЕННЫХ ОЗЕР

Проведены исследования по выявлению некоторых основных факторов, влияющих на развитие артемии в озерах. Показано определяющее влияние солености на плотность ее популяции.

Науплиусы, получаемые при инкубации из цист жаброногого рачка *Artemia*, во всем мире признаны одним из лучших живых стартовых кормов для многих видов рыб и ракообразных. За последние 10 лет в озерах Западной Сибири ежегодно заготавливали от 85 до 1118 т цист. В последние 3 года промысел цист стабилизировался в пределах 820–970 т. Стремительное развитие аквакультуры стало причиной роста антропогенного пресса на запасы цист. В этих условиях актуальным является сохранение численности популяций артемии. Для решения этой задачи проведены исследования по влиянию некоторых факторов на развитие артемии в озерах. Анализ проводили по среднесезонным данным (1995–2004 гг.) по 30 популяциям.

Амплитуда колебаний исследованных параметров в озерах была следующей: соленость воды 41–222 г/л, рН 7,6–9,1, содержание хлоридов 20–96 г/л, содержание сульфатов 3–57 г/л, отношение ионов Cl^-/SO_4^{2-} 0,7–26,3; биомасса зоопланктона 0–8,3 мг/л, число видов зоопланктона 1–4, биомасса фитопланктона 0,02–6,0 мг/л, биомасса рачков артемии 1,2–61,3 мг/л, численность рачков артемии 2,4–

211 шт./л, численность планктонных цист 2,3–340 шт./л, численность бентосных цист 0–2369 тыс. шт./м², число цист в овисаке самок артемии 0–28,4 шт., число яиц в овисаке 0,9–51,6 шт., число науплиусов в овисаке 0–2,2 шт.

Из анализа исключены такие показатели, как температура воды, содержание в воде растворенного кислорода, минерального азота, фосфатов, железа, диаметр цист, масса половозрелых самок артемии. Перечисленные показатели находились либо в слабой недостоверной связи с остальными параметрами, либо имели небольшую выборку для достоверности. В водоемах Сибирского региона температура является главным фактором сезонного развития популяции артемии, вегетация которой происходит при 4–38 °С. Использование среднесезонных значений позволило нивелировать влияние сезонного хода температуры.

Коэффициенты линейной корреляции между 15 параметрами по 30 озерам оказались достоверными в 53 случаях (25 %) и в 75 случаях (36 %) – при непараметрической корреляции Спирмена (табл. 1, 2). Причем, приблизительно половина корреляций были значительными ($r > 0,5$).

Т а б л и ц а 1
Корреляционная матрица среднестатистических показателей биоценозов артемиевых озер
($n = 30$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,00	-0,10	0,90	0,77	-0,25	-0,50	-0,71	0,25	0,38	0,12	0,26	0,48	-0,05	-0,29	-0,07
2		1,00	-0,32	0,21	-0,51	0,13	0,19	-0,45	-0,05	-0,32	-0,10	-0,28	0,13	-0,17	-0,33
3			1,00	0,43	0,02	-0,47	-0,65	0,35	0,37	0,16	0,21	0,56	-0,09	-0,22	-0,02
4				1,00	-0,55	-0,34	-0,52	0,02	0,27	0,03	0,22	0,16	0,01	-0,27	-0,09
5					1,00	-0,10	0,22	0,25	0,06	-0,15	-0,28	-0,12	-0,37	0,30	-0,05
6						1,00	0,59	-0,31	-0,27	-0,15	-0,26	-0,22	-0,21	0,58	-0,20
7							1,00	-0,42	-0,27	-0,33	-0,29	-0,52	-0,24	0,39	-0,21
8								1,00	0,32	0,11	0,40	0,45	0,12	-0,05	0,01
9									1,00	0,08	0,23	0,21	-0,14	-0,13	-0,01
10										1,00	0,49	0,35	0,13	-0,06	0,54
11											1,00	0,38	0,33	-0,26	-0,05
12												1,00	0,36	-0,26	0,00
13													1,00	-0,62	0,02
14														1,00	0,01
15															1,00

Примечание. 1 – сумма ионов, г/л; 2 – рН; 3 – Cl⁻; 4 – SO₄²⁻; 5 – Cl⁻/SO₄²⁻; 6 – биомасса зоопланктона, мг/л; 7 – число видов зоопланктона; 8 – биомасса фитопланктона; 9 – биомасса артемии, мг/л; 10 – численность рачков артемии, шт./л; 11 – численность планктонных цист, тыс.шт./м³; 12 – численность бентосных цист, тыс.шт./м²; 13 – количество цист в овисаке, шт.; 14 – количество яиц в овисаке, шт.; 15 – количество науплиусов в овисаке, шт.; жирным шрифтом обозначены достоверные коэффициенты корреляции при $p < 0,05$.

Т а б л и ц а 2

Матрица коэффициентов корреляции Спирмена между среднестатистическими значениями абиотических и биотических параметров артемиевых озер ($n = 30$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,00	-0,08	0,85	0,73	-0,22	-0,57	-0,71	0,40	0,45	0,35	0,41	0,52	0,01	-0,19	0,20
2		1,00	-0,31	0,24	-0,43	0,23	0,28	-0,26	0,08	-0,24	-0,04	-0,26	0,06	-0,34	-0,44
3			1,00	0,37	0,18	-0,55	-0,61	0,34	0,42	0,38	0,27	0,54	-0,14	-0,09	0,38
4				1,00	-0,76	-0,37	-0,55	0,26	0,24	0,16	0,43	0,35	0,26	-0,35	0,05
5					1,00	0,07	0,16	0,04	-0,08	0,01	-0,34	-0,08	-0,32	0,28	0,18
6						1,00	0,76	-0,42	-0,19	-0,18	-0,05	-0,28	-0,01	0,32	-0,29
7							1,00	-0,56	-0,27	-0,39	-0,26	-0,52	-0,15	0,18	-0,45
8								1,00	0,26	0,37	0,43	0,59	0,33	-0,10	0,33
9									1,00	0,60	0,40	0,47	-0,06	-0,01	0,17
10										1,00	0,54	0,50	0,08	0,01	0,46
11											1,00	0,34	0,37	-0,19	0,15
12												1,00	0,35	-0,10	0,35
13													1,00	-0,55	0,10
14														1,00	-0,01
15															1,00

Примечание: 1–15 – те же, что и в табл. 1; жирным шрифтом обозначены достоверные коэффициенты корреляции при $p < 0,05$.

Согласно анализу, биомасса зоопланктона (без артемии) положительно коррелировала с числом его видов и отрицательно – с соленостью среды, а именно, с содержанием хлоридов и сульфатов. Число видов зоопланктона находилось в отрицательной зависимости с соленостью, хлоридами и сульфатами, а также с показателями плотности популяции артемии. С биомассой фитопланктона из абиотических факторов положительно коррелировали соленость воды (в основном, хлориды) и отрицательно – значение pH, из биотических – отрицательно число видов зоопланктона и положительно – основные показатели плотности популяции артемии.

Между числом рачков артемии и биомассой была существенная положительная связь, поэтому направление векторов и их величина в основном сходны.

Биомасса и численность рачков из абиотических факторов испытывали положительное влияние солености и хлоридов, меньшее – сульфатов, отрицательное – кислотности среды. С такими биотическими факторами, как биомасса и число видов зоопланктона, биомасса и численность артемии были в противоположной зависимости, с биомассой фитопланктона, численностью планктонных и бентосных цист, удельным числом науплиусов/овисак – в положительной.

Направление и величина векторов коэффициентов корреляции между 15 параметрами и численностью планктонных и бентосных цист в большинстве случаев совпадали: положительная связь отмечена для солености,

хлоридов, сульфатов, показателей плотности популяции артемии, числа цист/овисак, отрицательная – в отдельных случаях со значениями рН и числом видов зоопланктона.

Числа цист и яиц в овисаке было в противофазе, яиц/овисак – в отрицательной связи с показателями солености среды, цист в овисаке не зависело от солености.

Число науплиусов в овисаке самок находилось в отрицательной связи со значениями рН и положительной – с показателями плотности сообщества артемии. Последнее еще раз доказывает, что пополнение популяции происходит за счет живорождения.

Таким образом, в биотопах гипергалинных озер соленость воды оказывает значительное влияние на все продукционные процессы. В наших исследованиях показано положительное влияние солености на плотность популяции артемии (биомасса и численность рачков; численность планктонных и бентосных цист, число науплиусов в овисаке) и отрицательное – на плотность и разнообразие других видов зоопланктона и число яиц в овисаке самок.

Артемия относится к гипергалинным рачкам, не имеющим какого-либо защитного механизма от хищников. В связи с этим при совместном проживании с ними артемия может легко стать добычей для плотоядных видов – рыб, ракообразных, насекомых и др. Благодаря физиологической адаптации к биотопам с высокой соленостью, артемия приобрела защитный механизм от них. Однако разные диапазоны солености могут оказывать неоднозначное влияние на весь цикл развития артемии – от цисты до взрослой особи.

Для оценки действия солености воды на отдельные параметры продуктивности артемии проведено ранжирование 30 озер по классам в зависимости от наличия конкурентов в питании артемии и токсического действия солености. В озерах I класса солености ($\Sigma u < 70$ г/л) популяция артемии находится в угнетенном состоянии из-за большого количества пищевых конкурентов, встречаемость которых составляла 100 %. В озерах II класса ($\Sigma u = 71-150$ г/л) зарегистрированы рекордные значения биомассы рачков. Встречаемость пищевых конкурентов артемии в этой группе озер была в пределах 65–75 %. В озерах III класса ($\Sigma u = 151-250$ г/л) артемия развивается в монокультуре. В анализе из-за малой выборки не представлены озера IV класса ($\Sigma u > 250$ г/л). Артемия в этом классе испытывает токсическое действие солености.

Биомасса и число видов зоопланктона почти во всех классах достоверно снижались с ростом солености. Биомасса фитопланктона достоверно ниже в I классе, чем в 3. Биомасса рачков артемии была максимальной во 2 и 3 классах, однако различия оказались недостоверными, как и различия в численности рачков артемии во всех классах. Численность планктонных цист максимальна во 2 и 3 классах и достоверно отличается от 1, бентосных цист максимальна в 3 классе и достоверно отличается от 1 и 2. Количество цист, яиц, науплиусов в овисаках самок во всех классах имело недостоверные различия.

Таким образом, плотность популяции артемии (биомасса и численность рачков, численность планктонных цист) максимальна во 2 и 3 классах при солености от 70 до 250 г/л. Численность бентосных цист макси-

мальна в 3 классе при солёности 150–250 г/л. Поскольку основная часть цист находится на дне, то их суммарное число в популяции наибольшее в 3 классе. Плодовитость рачков мало зависит от солёности, поэтому, вероятно, высокая численность цист в популяции обусловлена увеличением с ростом солёности как плотности рачков артемии, так и числа кладок. Вместе с тем высокая плотность рачков обусловлена их лучшей выживаемостью.

ВЫВОДЫ

1. Наибольшее влияние на артемию из всех рассмотренных факторов оказывает солёность воды.
2. Плотность популяции артемии (численность и биомасса рачков, планктонных и бентосных цист) зависит от солёности в целом и в частности определяется содержанием хлоридов.
3. Наиболее продуктивны озера 2 и 3 класса с солёностью воды от 70 до 250 г/л, причем наибольшее число цист в сообществе отмечено в озерах 3 класса при солёности 150–250 г/л.
4. Увеличение солёности воды приводит к снижению живорождения.
5. Численность рачков в популяции определяется числом науплиусов в овисаке и не зависит от количества яиц и цист в нем.

Поступила в редакцию 13.11.06

L.I. LITVINENKO

EFFECT OF SOME ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE DEVELOPMENT OF *ARTEMIA* AS A MAIN HALOBIONT OF SALINES

The researches on revealing some crucial factors influencing the development of *Artemia* in lakes were carried out. The determining influence of salinity on density of *Artemia* population is shown.
