

17. Винокурова Е.Ю. Химический состав эфирного масла корней *Angelica sylvestris* // Молодежная школа по органической химии: Тезисы докл. – Екатеринбург, 1998. – С. 11.

18. Винокурова Е.Ю., Шульц Э.Э., Багрянская И.Ю. и др. (+)-Глобулол – новый сесквитерпеновый спирт из *Angelica sylvestris* L. // Известия РАН. Серия Химическая. – 1999. – С. 600-609.

19. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

20. Вяхирев Д.А., Шушкова А.Ф. Руководство по газовой хроматографии. – М.: Высш. школа, 1975. – 302 с.

21. Винокурова Е.Ю. Терпеноиды эфирного масла *Angelica sylvestris* L. – биохимические маркеры возрастных состояний // Международное содействие памяти В.Г. Минаевой: Тезисы докл. – Новосибирск, 1998. – С. 84-85.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ АРТЕМИИ В ОЗЕРАХ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ПО МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ ЦИСТ И НАУПЛИУСОВ

Г.И. Егоркина, В.В. Кириллов, Е.К. Павлова, Н.С. Романова

Изучено влияние абиотических факторов на размеры цист и науплиусов артемии в пяти озерах Обь-Иртышского междуречья и Аральском море. Установлено, что средние популяционные параметры и характер распределения размеров в популяциях зависят от морфометрических и гидрохимических характеристик водоемов и изменяются от межгодовой динамики погодных условий. Полученные результаты позволяют предполагать цитогенетическую неоднородность популяций.

ВВЕДЕНИЕ

Возрастающий интерес к артемии обусловлен высоким содержанием белка, значительным уровнем незаменимых аминокислот, гормонов, каротиноидов, витаминов, ценных жирных кислот в цистах и рачках. Артемия отличается исключительно быстрым ростом, ускоренным половым созреванием и высокой плодовитостью, что имеет большое значение для поддержания численности популяции (Ясоченя, 2004) В силу этих причин артемия является ценным источником белка в кормопроизводстве. В аквакультуре –это единственный источник живого корма для мальков рыб и морских животных, который обеспечивает им высокую скорость роста и нормальное физиологическое состояние.

Значительный интерес для экологов артемия представляет как единственный организм, способный активно очищать воду ультрагалинных водоемов, т.е. среду своего обитания. В определенной мере артемия поддерживает естественный режим качества водной среды (Соловов и др., 2001). Обита-

ние в экстремальных условиях делает артемию полезным модельным организмом для изучения эволюционных и экологических аспектов ответа на стресс на всех уровнях биологической организации (КлеGG, 2004).

В настоящее время артемия интенсивно изучается во всем мире. Исследования по биологии, биохимии, генетике, цитогенетике рачка позволили разработать систематику половых форм Старого и Нового Света, технологию использования лучших популяций в аквакультуре, проводить селекционную работу по созданию и интродукции высокопродуктивных популяций. Однако азиатские формы, которые отнесены к *A. parthenogenetica*, в том числе и популяции из соленых озер Сибири, изучены недостаточно. Отечественные исследования ограничиваются, в основном, определением запасов артемии как биоресурса. Целью данной работы явилось изучение зависимости морфометрических признаков цист и науплиусов артемии от абиотических факторов.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ АРТЕМИИ В ОЗЕРАХ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ПО МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ ЦИСТ И НАУПЛИУСОВ

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили цисты и выклюнувшиеся из них науплиусы рачков артемии. Цисты были отобраны из шести разнотипных водоемах в осенний период с 1999 по 2004 г. (табл. 1). Данные по типу и уровню засоления приведены по Л.И. Литвиненко с соавторами (2004).

Выклев цист происходил в растворе поваренной соли с концентрацией 5 г/л, рН=8, при круглосуточном освещении в 2000 лк, T=24°C. Измерения гидратированных цист производили через 16 часов, науплиусов - через 40 часов под микроскопом ЛЮМАМ ИЗ при увеличении 3.5 ×15. В каждой популяции измеряли по 100 цист и науплиусов.

Полученные результаты обрабатывали статистическими методами (Зайцев, 1990). Для оценки различия средних использовали критерий t-Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Цисты. В таблице 1 приведены средние популяционные значения размеров цист и науплиусов и статистические параметры, характеризующие изменчивость признаков в популяции – среднее квадратическое отклонение (σ) и коэффициент вариации (V%). Диаметр цист в изученном материале изменяются от 0,195 в оз. Кулундинское (2002 г.) до 0,215 мм в оз. Эбейты (2003 г.). Различия между минимальным и максимальным значением составляют 0,020 мм. Внутрипопуляционный размах варьирования признака несколько выше, различия максимальных и минимальных значений в отдельных популяциях составляют от 0,044 до 0,080 мм. Однако коэффициенты вариации не превышают 7,4%, поэтому варьирование относится к нормальному по классификации Н.Г. Зайцева (1990).

Таблица 1
Статистические параметры размеров цист и науплиусов, мм

Озера		1999	2002		2003		2004	
		цисты	цисты	науплии	Цисты	науплии	цисты	науплии
Кулундинское хлоридное 40-132 г/л	х σ	0,212	0,195	0,599	0,204	0,462	0,197	0,408
	V	0,013	0,014	0,067	0,011	0,088	0,013	0,025
		6,10	7,38	11,16	5,30	19,16	6,40	6,03
Б. Яровое хлоридное 135-204 г/л	х σ		0,196	0,552	0,213	0,612		
	V		0,014	0,058	0,014	0,048		
			6,90	10,57	6,37	7,89		
М. Яровое хлоридное 202-280 г/л	х σ	0,211					0,210	
	V	0,013					0,012	
		6,20					5,44	
Эбейты Сульфатное 180-229 г/л	х σ				0,215	0,501		
	V				0,012	0,082		
					5,35	16,26		
Аральское море до160 г/л	х σ				0,208	0,435		
	V				0,013	0,075		
					6,35	17,29		
Озеро в Хабар- ском р-не	х σ				0,201	0,540		
	V				0,008	0,078		
					4,09	14,4653		

Чтобы оценить изменчивость диаметра цист в зависимости от климатических условий года, сравнивали цисты, собранные в одном и том же озере в разные годы. Для этого использовали критерий t-Стьюдента. Различия большинства сравниваемых пар оказались статистически значимы. Исключение составили популяции оз. Кулундинское в 2002 и 2004 годах и оз. М. Яровое в 1999 и 2004 годах.

Одной из характеристик популяции является анализ распределения биометрических данных. Чаще всего биологические наблюдения располагаются приблизительно в

соответствии с кривой нормального распределения. В тех случаях, когда какие-либо условия способствуют появлению значений признаков, отличающихся от средней величины, образуются асимметричные распределения. Когда какие-либо причины благоприятствуют более частому появлению средних значений, образуются эксцессивные распределения, имеющие вид острой пирамиды.

На рисунке 1 представлена диаграмма распределения размеров цист в оз. Кулундинское за четыре года. Распределения 2002 и 2004 годов наиболее симметричны и приближены к нормальному, они различаются

только модальными значениями – в 2002 году оно сдвинуто в область больших величин, а в 2004 году – меньших величин. Для распределения 2003 года характерно резкое снижение частот меньше модального класса, а для распределения 1999 года – группировка более половины значений в области модального класса.

Оценку значения характеристик каждого озера для изучаемого признака проводили

путем сравнения средних и распределений частот размеров цист из различных озер в один год сбора. При попарном сравнении средних значений диаметра цист пяти изученных популяций 2003 года только одной паре – оз. Б. Яровое и оз. Эбейты, различия не достоверны, в остальных – значимы. Распределение частот также заметно различается (рис. 2).

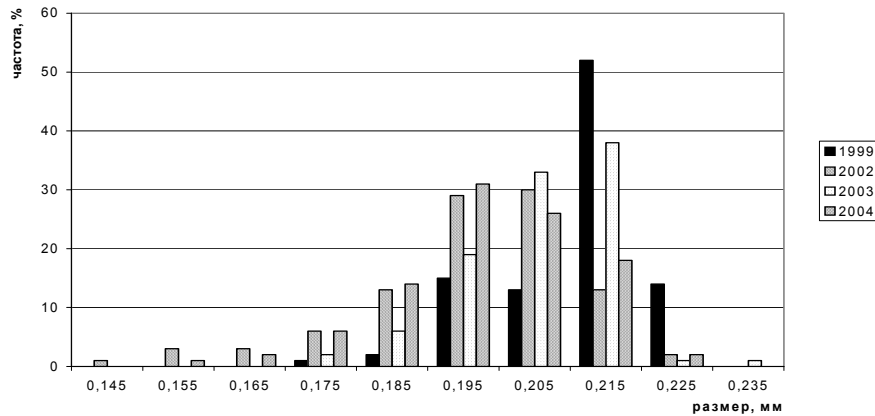


Рисунок 1 – Распределение размеров цист в популяциях озера Кулундинское

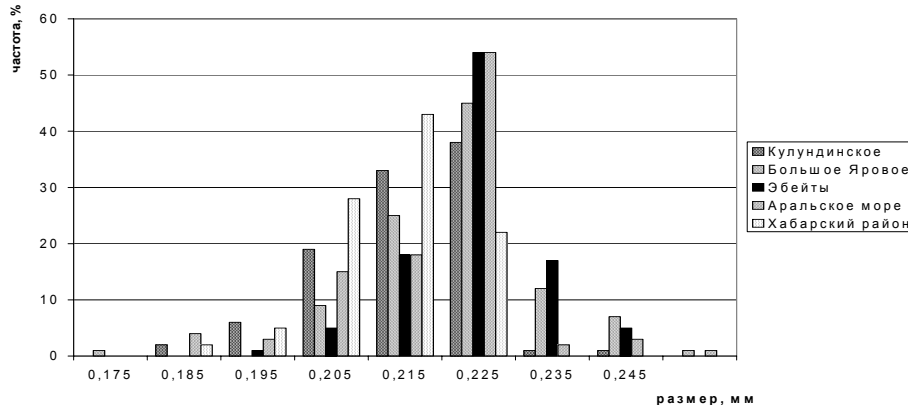


Рисунок 2 – Распределение размеров цист в популяциях озера Кулундинское

Наиболее равномерны распределения в популяциях оз. Б.Яровое и оз. Хабаровского района. Для распределения размеров цист в Аральском море и оз. Эбейты характерен положительный эксцесс – более половины значений относятся к модальному классу. Популяции озер М. Яровое и Кулундинское в 1999 году, имея сходный рисунок распределения частот и одинаковые средние значения, различались только модальным классом. Распределение размеров цист и различия средних в популяциях озер Б. Яровое и Кулундинское в 2002 году статистически незначимо.

Науплиусы. Максимальные различия популяционных средних значений размеров науплиусов достигают 0,204 мм (оз. Кулундин-

ское, 2004 г.и оз. Б. Яровое, 2003 г., табл. 1). Внутри популяций различия между минимальными и максимальными значениями колеблются от 0,115 до 0,414 мм. Хотя коэффициенты вариации размеров науплиусов на порядок выше, чем размеров цист, их варьирование также относится к разряду нормального. Попарное сравнение средних популяционных значений длины науплиусов показало, что только в двух случаях из 28-ми различия недостоверны.

Распределение частот длины науплиусов в большинстве случаев отличается от распределения размеров цист двухвершинностью, особенно четко выраженной в популяциях оз.Эбейты (рис. 3), оз. Хабаровского

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ АРТЕМИИ В ОЗЕРАХ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ПО МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ ЦИСТ И НАУПЛИУСОВ

района и Аральского моря. Также как и на размерах цист, особенности межгодовой динамики погодных условий сказывается на размерах науплиусов и их распределении. На рисунке 4 показано распределение размеров науплиусов в оз. Кулундинском в 2002 - 2004 годах.

В 2003 и 2004 годах частоты сосредоточены в области меньших значений рамеров и распределения можно отнести к двухвершинным. Они различаются только значениями модальных классов. Распределение 2002 года тяготеет к одновершинности в области больших значений. В популяциях оз. Б. Яровое отмечено смещение частот в 2003 году в область больших размеров, а в 2002 году – в область меньших. Оба распределения одновершинны. Положительная зависимость размеров науплиусов от размеров цист не установлена – коэффициент корреляции равен 0,09.

Изменчивость морфологических признаков артемии под влиянием факторов среды – давно известный факт. К морфологическим различиям могут привести географическая изоляция, которая препятствует переносу генов, экологическая изоляция, которая способствует выработке толерантности к определенному составу и концентрации ионов, и наконец, уровень пloidности. Последнее особенно важно для партеногенетических популяций, так как именно для них установлен

полиплоидный ряд. В партеногенетических популяциях встречаются диплоиды ($2n=42$), триплоиды ($3n=63$), тетраплоиды ($2n=84$) и пентаплоиды ($2n=105$). Увеличение числа хромосом приводит к увеличению размера клеток, а это в свою очередь к изменению морфологии, по крайней мере, к увеличению размерных параметров. Нередко в одной популяции могут сосуществовать особи разного уровня пloidности (Triantaphyllidis et al., 1996). Полученные в нашем исследовании многовершинные кривые распределения размеров науплиусов и в некоторых случаях отклонение от нормального распределения диаметра цист свидетельствуют о том, что в выборках присутствуют значения признака не одной, а двух или более совокупностей. Например, в оз. Эбейты данные по длине науплиусов разделились на две четкие группы. Различия совокупностей могут быть обусловлены кариотипической неоднородностью популяций. Тот факт, что длина науплиусов находится под генетическим контролем, показано в эксперименте M.M. Shirdhanker, P.S. Thomas (2003). В бисексуальной популяции артемии авторы провели двунаправленный отбор науплиусов с крайними значениями длины на протяжении семи поколений. Отбор привел в одном случае к достоверному снижению, в другом – увеличению длины по сравнению со среднепопуляционной.

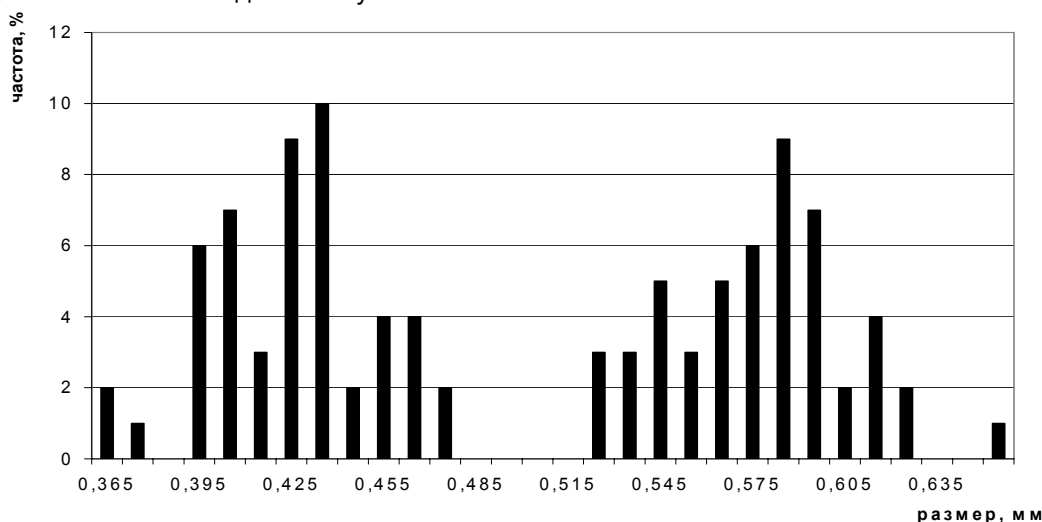


Рисунок 3 – Распределение размеров науплиусов в популяции озера Эбейты, 2003 г

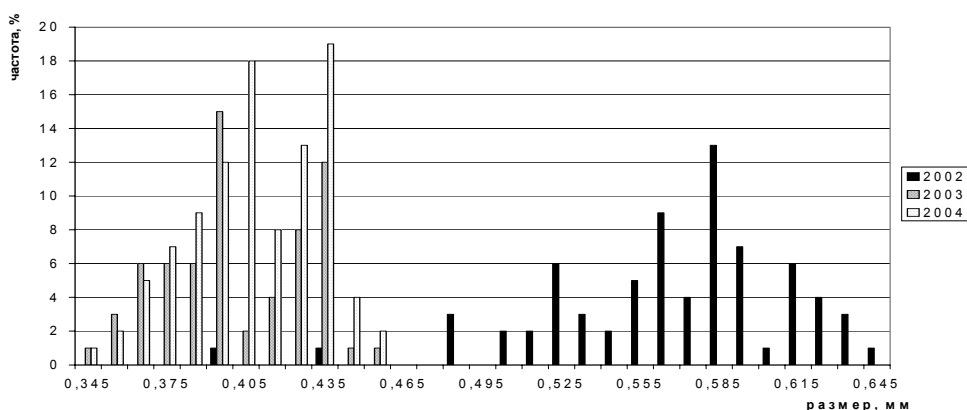


Рисунок 4 – Распределение размеров науплиусов популяций озера Кулундинское

В популяциях оз. Кулундинское в отдельные годы распределение размеров науплиусов имеет двухпиковый вид, в другие – одновершинный, а модальные значения смещаются то в сторону больших, то в сторону меньших значений. Это можно объяснить тем, что в разные годы условия среды складываются наиболее благоприятно для различных частей популяции и они получают преимущество при размножении. В этом проявляется как адаптивный ответ популяции на изменение окружающей среды.

По-видимому, половые и партеногенетические популяции обладают различной стратегией адаптации к изменяющимся условиям обитания. Если в бисексуальных популяциях основу стратегии составляет гетерозиготность особей, то в партеногенетических все особи гомозиготны. Возможно, гомозиготизация приводит к образованию в популяциях определенного количества генотипически различных клонов. И если при изменении среды в половых популяциях отбор происходит на уровне генотипов, то в партеногенетических отбор идет на уровне клонов – наиболее приспособленные получают преимущество при размножении. На наш взгляд, многовершинность распределения размеров науплиусов или отклонение от нормального распределения диаметра цист подтверждают подобную трактовку. Например, значительная изменчивость вариационных кривых размеров науплиусов в оз. Кулундинское в разные годы сбора цист соответствует высокой изменчивости концентрации солей в этом озере (см. табл. 1). Популяция, состоящая из генотипически различных клонов, может легко приспособиться к стратификации озера по уровню солености, температуре, кормовой базе и другим факторам.

Таким образом, сравнительный анализ морфометрических признаков артемии показал, что средние популяционные параметры цист и науплиусов, характер распределения их размеров в популяциях зависят от морфометрических и гидрохимических характеристик водоемов и изменяются от межгодовой динамики погодных условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев Г.Н. Математический анализ биологических данных. – М.: Наука, 1991. – 181 с.
2. Клегг Д.С. Артемия: разнообразие среды обитания и биохимическая адаптация // Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: Сб. докл. – Тюмень, 2004.
3. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Соловов В.П. и др. Биогеография и характеристика природных мест обитания сибирской артемии // Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: Сб. докл. – Тюмень, 2004.
4. Соловов В.П., Подуровский М.А., Ясюченя Т.Л. Жаброног артемия и перспективы использования ресурсов. – Барнаул, 2001. – 144 с.
5. Triantaphyllidis G.V., Abatzopoulos T.J., Miasa E., Sorgeloos P. International Study on Artemia L 6. Characterization of two Artemia populations from Namibia and Madagascar: cytogenetics, biometry, characteristics and fatty acid profiles // Hydrobiologia. – 1996. – 335. – P. 97-106.
6. Shirdhanker M.M., P.S. Thomas Response to bidirectional selection for naupliar length in *Artemia franciscana* // Aquaculture Research. – 2003. – V. 34. – P. 535.
7. Ясюченя Т.Л. Хозяйственное использование ресурса рачка артемия в озере Большое Яровое: итоги и перспективы // Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: Сб. докл. – Тюмень, 2004.