

тели семейства Syrphidae – 6 видов (*Syrphus vitripennis*, *S. melanostoma*, *S. melanostomoides*, *S. tranguifer*, *Erystalis anthroporius*, *Cheilesia nigripes*). По одному виду имеют семейства Empididae (*Pipizella mongolorum*) и Fanniidae (*Fannia latifrontalis*) и двумя видами представлено семейство Calliphoridae (*Vooronus borealis*, *Boreellus atriceps*).

Все найденные виды малочисленны или редко встречаются. Практическое значение имеет *Vooronus borealis* как возбудитель боопоуза маралов. Эта болезнь причиняет значительный экономический ущерб мараловодству. Остальные виды дополнили видовой состав зоофильных мух Казахстана и расширили ареал этих видов в пределах СНГ.

Библиографический список

1. Исимбеков Ж.М. Зоофильные мухи (Diptera, Cyclorrhapha) – вредители животноводства на востоке Казахстана / Ж.М. Исимбеков, М.С. Аралханов, Т.С. Кунафин, Ф.С. Насыров // Проблемы ветеринарной науки и практики в современных условиях: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 10-летию независимости Республики Казахстан. Алматы, 2001. С. 160-168.

2. Исимбеков Ж.М. Зоофильные мухи (Diptera, Cyclorrhapha) Восточного Казахстана / Ж.М. Исимбеков, Ф.С. Насыров, М.С. Аралханов, Т.С. Кунафин // Проблемы энтомологии и арахнологии: сб. науч. тр. ВНИИВЭА. Екатеринбург: Путиведь, 2001. № 43. С. 97-99.

3. Исимбеков Ж.М. Малоизвестные в Казахстане виды зоофильных мух / Ж.М. Исимбеков, Ф.С. Насыров, Л.Т. Булекбаева // Вестник с.-х. науки

Акмолинского аграрного университета. 1998. № 1. С. 14-17.

4. Исимбеков Ж.М. Малоизвестные в Казахстане зоофильные виды мух / Ж.М. Исимбеков, Ф.С. Насыров // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Семипалатинск, 2002. С. 138-140.

5. Павлов С.Д. Методические рекомендации по применению ловушек для сбора, учета численности и истребления слепней на пастбищах / С.Д. Павлов, Р.П. Павлова. М., 1986. 17 с.

6. Зимин Л.С. Семейство Muscidae. Настоящие мухи / Л.С. Зимин // Фауна СССР. Насекомые. Двукрылые. М.; Л.: Наука, 1951. Т. 18. Вып. 4. 286 с.

7. Бей-Биенко Г.Я. Определитель насекомых Европейской части СССР / Г.Я. Бей-Биенко. Л.: Наука, 1969. Т. 5. Ч. 1, 2. С. 805-860.

8. Веселкин Г.А. Зоофильные мухи (Diptera, Cyclorrhapha) домашних животных фауны СССР (фауна, экология и меры борьбы): автореф. дис. д-ра биол. наук / Г.А. Веселкин. Л., 1989. 37 с.

9. Кривошеина Н.П. Насекомые-разрушители грибов в лесах Европейской части СССР / Н.П. Кривошеина, А.И. Зайцев, Е.Б. Яковлев. М.: Наука, 1986. 309 с.

10. Карамеев В.Б. Особенности биологии пантовой мухи / В.Б. Карамеев, Н.В. Солопов // Проблемы энтомологии и арахнологии: сб. науч. тр. ВНИИВЭА. Екатеринбург: Путиведь, 2001. № 43. С. 105-110.

11. Бахтушкина А.И. Боопонуоз пантовых оленей Горного Алтая / А.И. Бахтушкина, В.А. Марченко // Проблемы энтомологии и арахнологии: сб. науч. тр. ВНИИВЭА. Екатеринбург: Путиведь, 2001. № 43. С. 21-23.



УДК 574.52

Г.А. Царева,
Ю.А. Бендер,
Г.И. Егоркина

СОГЛАСОВАННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ АРТЕМИИ ИЗ ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ЯРОВОЕ.

1. ВЕГЕТАЦИОННЫЙ СЕЗОН 2007 г.

Ключевые слова: артемия, мониторинг, популяция, генерация, морфометрические

признаки, изменчивость, коэффициенты корреляции и детерминации.

Введение

Для артемии известна феноменальная морфологическая изменчивость под воздействием факторов среды обитания: суммарной солености воды, ионно-солевого состава, вязкости раствора и др. [1, 2]. По этой причине до 60-х годов прошлого столетия не удавалось систематизировать рода *Artemia* на основе морфологических признаков. Лишь использование комплекса методов – гибридологического и цитологического, географического и экологического – позволило бисексуальным популяциям артемии придать статус видов. Классификация партеногенетических популяций рачка до настоящего времени остается затруднительной, предлагаются различные подходы для их идентификации [3, 4]. Однако это не умаляют значения исследования морфологических признаков артемии. Большинство важных особенностей морфологии артемии являются количественными признаками, которые, по выражению Л.А. Животовского, являются биологическими «индикаторами» среды, именно они связаны с адаптивными свойствами организма [5].

В популяционной биологии широко применяются различные методы исследования взаимосвязей между признаками. С одной стороны, одновременное использование значительного числа признаков в описании внутри- и межпопуляционной изменчивости вызывает желание выделить наиболее существенные, информативные показатели (признаки-индикаторы), с другой – возникает интерес к изучению самих зависимостей, особенностей их проявления у различающихся форм [6].

Целью настоящего исследования явился анализ особенностей общего и согласованного варьирования морфометрических параметров артемии из двух генераций вегетационного сезона 2007 г. в оз. Большое Яровое.

Материал и методы

Для сравнительного анализа изменчивости морфометрических признаков жаброногого рачка артемия, обитающего в оз. Большое Яровое, использовали две выборки взрослых особей из I и II генераций ($n = 325$ и 238 соответственно).

Гидрология, гидробиология, гидрохимия оз. Большое Яровое достаточно хорошо изучены и описаны в литературе [2, 7, 8].

Изучение морфометрических признаков взрослых особей артемии явилось составной частью мониторинга популяций

рачка оз. Б. Яровое в течение вегетационного периода 2007 г. Наблюдения за численностью, половой и возрастной структурой популяций артемии, признаками плодовитости вели в шестнадцати удаленных друг от друга точках озера, охватывающих всю акваторию, по общепринятым методам [9]. Отбор проб был произведен 21.06, 27.06 (I генерация), 18.07 и 31.07 (II генерация). Во время отбора проб зоопланктона в каждой скважине определяли соленость, температуру, прозрачность воды.

Морфометрические признаки определяли с помощью микроскопа МБС-10 с микрометром. В исследовании использовали десять признаков и два вычисленных индекса: длина особи – расстояние от области глаз до фуркальных ветвей (ОД), длина цефалоторакса – расстояние от области глаз до одиннадцатого сегмента груди (Ц), длина абдомена (А), длина (ДС) и ширина (ШС) яйцевой сумки, длина фурки (Ф), длина правой (ПЛ) и левой (ЛЛ) лопастей, количество щетинок на правой (ЩП) и левой (ЩЛ) фуркальных ветвях, отношение цефалоторакса к абдомену (Ц/А), отношение длины сумки к ее ширине (ДС/ШС).

При анализе полученных данных использовали статистические показатели: среднее арифметическое (\bar{x}), среднее квадратическое отклонение (s_x), коэффициент вариации ($V\%$). Вычисляли полные корреляционные матрицы и по ним средние коэффициенты детерминации признаков (r^2) [6, 10].

Результаты и обсуждение

Формирование I генерации артемии в 2007 г. происходило в условиях постепенного прогревания поверхностного слоя рапы от $16,5$ до $19,5^{\circ}\text{C}$, глубоководного слоя (8 м) – от $12,5$ до $16,5^{\circ}\text{C}$. Минерализация рапы колебалась в пределах 154 – 159 г/л. Во время первой съемки прозрачность рапы по диску Секки составляла 90 см. Рапа в этот период имела сине-зеленый цвет, что связано с бурным развитием сине-зеленых водорослей. Обилие корма, насыщенность воды кислородом при невысоких значениях температуры способствовали быстрому росту и развитию артемии. Численность всех возрастных групп I генерации артемии в первую съемку колебалась на разных станциях от $2,6$ до $7,4$ тыс. шт./м³. В этот период была отмечена белесоватая окраска рачков, пищеводы были заполненными, окрашен-

ными в коричнево-зеленый цвет. По-видимому, из-за высокой численности особей происходило постепенное понижение уровня фитопланктона – во время второй съемки прозрачность рапы достигла 200-235 см. Для рачков в этот период был характерен цвет с легким оранжевым оттенком, что свидетельствовало о понижении содержания растворенного кислорода в воде. Содержание пищевода коричнево-зеленого цвета с черными вкраплениями детрита.

Формирование II генерации артемии происходило при стабильных температурных условиях поверхностного слоя рапы (21,5-22,5°C) и прогревании 8-метрового слоя от 16,5 до 18,5°C. Минерализация рапы в этот период колебалась от 155 до 157 г/л. Во время третьей и четвертой съемок прозрачность рапы составила 190-200 и 340-570 см соответственно. Рачки были ярко окрашенными, оранжево-красными, что говорит о низком содержании кислорода в среде обитания артемии. Содержание пищеводов темно-серое с черными вкраплениями. В начале II генерации (третья съемка) численность особей снизилась в 1,6-7,4 раза по сравнению с первой. К четвертой съемке численность особей возросла, но не достигла объема первой генерации и была ниже в 1,6-2,9 раза.

Рачки артемии I генерации были крупнее, чем II: все изученные параметры первых статистически значимо превышали параметры вторых (табл. 1). Исключением является число фуркальных щетинок – их больше у особей II генерации.

Изменчивость признаков оценивалась как слабая ($V < 10\%$) или значительная ($V > 20\%$) [10]. Менее всего варьировали длина тела и ее элементы (ОД, Ц, А) в обеих генерациях. При этом изменчивость индекса Ц/А была высокой в оптимальных условиях I генерации и незначительной (меньше, чем исходных показателей) во II генерации. Такая же закономерность отмечена для индекса ДС/ШС, но при более высоком варьировании исходных показателей. Варьирование производных индексов Ц/А и ДС/ШС зависит от степени взаимосвязи исходных параметров. При средней степени взаимосвязи Ц и А ($r = 0,58$) и слабой ДС и ШС ($r = 0,22$) индексы Ц/А и ДС/ШС имели коэффициенты вариации 27 и 34% соответственно в I генерации (табл. 2). Во II генерации при повышении коэффициентов корреляции до $r = 0,78$ и $r = 0,92$ соответственно снизилось варьирование индексов: Ц/А – 7,6%, ДС/ШС – 7,5%. Таким образом, величина коэффициента вариации вычисленного индекса может служить показателем того, насколько независимо варьируют исходные параметры.

Наиболее варибельными были размеры фуркальных лопастей и количество щетинок на них. Причем правые и левые лопасти и щетинки реагировали по-разному на изменение среды: у правых изменчивость во II генерации по сравнению с первой или почти не изменилась, или снизилась, у левых увеличилась в 2-3 раза.

Таблица 1

Морфометрические параметры артемии двух генераций 2007 г., оз. Большое Яровое

Признаки	I генерация				II генерация			
	x	s _x	V%	r ²	x	s _x	V%	r ²
ОД	13,89	1,45	10,44	-	11,65	1,15	9,87	-
Ц	5,52	0,55	9,96	0,097	4,47	0,43	9,62	0,185
А	7,99	1,08	13,52	0,133	6,85	0,77	11,24	0,271
Ц/А	0,70	0,19	27,14	0,070	0,66	0,05	7,58	0,127
ДС	2,40	0,58	24,17	0,018	1,83	0,28	15,30	0,254
ШС	2,29	0,26	11,35	0,191	1,72	0,30	17,44	0,261
ДС/ШС	1,06	0,36	33,96	0,089	1,07	0,08	7,48	0,084
Ф	0,38	0,07	18,42	0,094	0,34	0,05	14,70	0,133
ПЛ	0,22	0,04	18,18	0,122	0,19	0,04	21,05	0,182
ЛЛ	0,23	0,04	17,39	0,126	0,20	0,12	60,00	0,022
ЩП	2,58	1,04	40,31	0,022	3,10	1,02	32,90	0,056
ЩЛ	2,57	1,06	15,68	0,024	3,15	1,04	33,02	0,042

Матрицы корреляций морфометрических параметров артемии I и II генераций 2007 г., оз. Большое Яровое

Генерация	Признаки											
	Ц	А	Ц/А	ДС	ШС	ДС/ШС	Ф	ПЛ	ЛЛ	ЩП	ЩЛ	
I (n = 325)	Ц											
	А	0,58										
	Ц/А	0,21	-0,54									
	ДС	0,26	0,23	-0,05								
	ШС	0,69	0,71	-0,18	0,22							
	ДС/ШС	-0,06	-0,10	-0,22	0,03	0,90						
	Ф	-0,08	-0,30	0,21	0,02	-0,19	0,11					
	ПЛ	0,12	-0,14	0,31	0,02	0,00	0,02	0,59				
	ЛЛ	0,13	-0,14	0,29	0,04	0,02	0,04	0,63	0,85			
	ЩП	0,05	0,05	-0,03	-0,03	-0,04	-0,02	0,02	0,09	0,02		
ЩЛ	0,03	0,07	0,00	0,06	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	0,45		
II (n = 238)	Ц											
	А	0,78										
	Ц/А	0,03	-0,59									
	ДС	0,64	0,75	-0,42								
	ШС	0,66	0,75	-0,40	0,92							
	ДС/ШС	-0,28	-0,34	-0,60	0,22	-0,25						
	Ф	0,41	0,43	-0,18	0,46	0,47	-0,22					
	ПЛ	0,36	0,49	-0,35	0,50	0,54	-0,34	0,58				
	ЛЛ	0,12	0,16	-0,11	0,14	0,11	-0,01	0,23	0,27			
	ЩП	0,07	0,20	-0,21	0,12	0,13	-0,08	0,22	0,31	0,08		
ЩЛ	0,06	0,14	-0,13	0,08	0,07	0,00	0,17	0,25	0,01	0,53		

Примечание. Жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты корреляции: подчеркнуто – сильная взаимосвязь, не подчеркнуто – средняя, курсив – слабая.

С целью исследования системы связей изучаемых параметров для каждой выборки была вычислена матрица корреляций (табл. 2). При достаточно больших объемах выборок значения коэффициентов корреляции $r > 0,15$ существенны при уровне значимости $p = 0,95$. Взаимосвязь считали слабой при $r < 0,33$, средней при $r = 33-66\%$, сильной при $r > 66\%$ [10].

Для оценки среднего уровня связей использовали коэффициент детерминации (квадрат коэффициента корреляции – r^2), усредненный по всей матрице и по отдельным признакам.

Структура связей признаков артемии в начале и середине вегетационного сезона заметно различалась. Матрица I генерации из 55 коэффициентов корреляции содержала 20 (36%), указывающих на достоверную сильную (4), среднюю (5), слабую (11) взаимосвязь признаков. Матрица II генерации содержала 36 (65%) достоверных коэффициентов корреляции. При этом соотношение коэффициентов, характеризующих силу связи, составило

4:16:17, т.е. увеличение силы связи произошло за счет высокой доли коэффициентов, характеризующих среднюю взаимосвязь признаков ($r = 0,33-0,66$).

В матрице I генерации выделяются три корреляционные плеяды. Первая плеяда объединяет параметры, составляющие длину тела артемии (Ц, А), и параметры сумки (ДС, ШС), вторая – фурку и лопасти (Ф, ПЛ, ЛЛ). Эти две плеяды объединены между собой слабыми связями с показателем Ц/А и Ф. Третью независимую плеяду составляют ЩП и ЩЛ, объединенные связью средней силы. Наличие корреляционных плеяд указывает на определенную автономность изменчивости одних показателей по отношению к другим в пределах организма.

В матрице II генерации связи первой плеяды усилились, а второй – ослабли. В то же время появились связи средней силы, объединяющие первую и вторую плеяды: Ф и ПЛ с А, Ц, ДС и ШС. Третья плеяда также объединена с Ф и ПЛ слабыми связями. В результате появления

новых связей коэффициенты корреляции матрицы II генерации образовали общую систему, которую невозможно разделить на плеяды.

Средняя детерминированность признаков по всей матрице I генерации на порядок ниже, чем по матрице II генерации ($r^2 = 0,080$ и $0,147$ соответственно). Детерминированность отдельных признаков артемии увеличилась примерно в полтора раза (табл. 1). Исключение составил признак «левая лопасть», детерминированность которого снизилась во II генерации. При этом не обнаруживается связь общего варьирования признака со степенью его скоррелированности. Равно как среди слабо-, так и среди сильноварьирующих встречаются слабо- и высокодетерминированные признаки.

Заключение

Сравнительный анализ изменчивости морфометрических признаков взрослых особей артемии показал, что изменение абиотических и биотических параметров среды обитания артемии в течение вегетационного сезона привело к уменьшению значений морфометрических характеристик рачка во II генерации по сравнению с I, и в большинстве случаев – к снижению их варьирования. В системе корреляций различия касались как силы связей, так и их структуры. Признаки артемии I генерации согласованно варьировали в трех плеядах, независимых по отношению друг к другу. Признаки артемии II генерации образовали общую систему варьирования. При этом детерминированность как отдельных признаков, так и в среднем по матрице значительно возросла.

Библиографический список

1. Воронов П.М. Солевой состав воды и изменчивость *Artemia salina* / П.М. Воронов // Зоологический журнал. 1979. Т. LVIII. Вып. 2. С. 175-179.
2. Соловов В.П. Рачок артемия в озерах Западной Сибири / В.П. Соловов,

Т.Л. Студеникина. Новосибирск: Наука, 1990. 81 с.

3. Соловов В.П. Жаброног артемия: история и перспективы использования ресурсов: монография / В.П. Соловов, М.А. Подуровский, Т.Л. Ясюченя. Барнаул: ОАО «Алтайский полиграфический комбинат», 2001. 144 с.

4. Triantaphyllidis G.V. International Study on Artemia L4. Morphological study of Artemia with emphasis to Old World strains. 2. Parthenogenetic populations / G.V. Triantaphyllidis, R.J. Criel, T.J. Abatzopoulos, P. Sorgeloos // Hydrobiologia. 1997. Т. 357. Р. 155-163.

5. Животовский Л.А. Популяционная биометрия / Л.А. Животовский. М.: Наука, 1991. 271 с.

6. Ростова Н.С. Корреляционный анализ в популяционных исследованиях / Н.С. Ростова // Экология популяций: сб. науч. статей. М.: Наука, 1991. С. 69-86.

7. Литвиненко Л.И. Биогеография и характеристика природных мест обитания сибирской артемии / Л.И. Литвиненко, А.И. Литвиненко, В.П. Соловов, Л.С. Визер, Л.В. Веснина, Т.Л. Ясюченя // Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: сб. докл. Междунар. науч.-исслед. семинара (17-19 июля 2002 г., г. Москва). Тюмень, 2004. С. 3-28.

8. Ли С.С. Экология рачка *Artemia* озера Большое Яровое и использование его продукции / С.С. Ли, А.Ф. Кнорр, Г.А. Царева, С.С. Сунцов, Ю.А. Лунев. Барнаул, 2006. 114 с.

9. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 300 с.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. М.: Колос, 1965. 423 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №08-05-98019.

