

турбеллярия *Acoela* sp., сверлящая полихета *Polydora ciliata* и паразитический краб *Afropinnotheres larissae*. Паразитов со сложным жизненным циклом мы не обнаружили даже по истечению 7 мес. В естественных поселениях на мангровых корнях устрица участвует в формировании 5 мультикомпонентных ПС. Видимо, срока существования искусственного поселения было недостаточно для становления всего комплекса биоценологических связей в рамках экосистемы ИР. Признаком нестабильности биоценологических связей на ИР в этот период сукцессии сообщества может быть вспышка численности отмеченных выше эндосимбионтов, зараженность которыми устриц на плотках была многократно выше - в 162, 9, 87 и 38 раз соответственно. Установлено, что упомянутые простейшие вызывали тяжелую болезнь устриц на плотках.

1. Беклемишев В.Н. Возбудители болезней как члены биоценозов // Зоол. журн. - 1956. - 35, вып. 12. - С. 1765 - 1779.
2. Гроут Г.Г., Мирошников В.С. Особенности экологии гидробионтов на искусственном рифе объемного типа в Азовском море // Искусственные рифы для рыбного хозяйства. - М., 1990. - С. 94 - 98.
3. Зайцев Ю.П. Искусственные рифы - инструмент управления экологическими процессами в прибрежной зоне моря // Искусственные рифы для рыбного хозяйства. Тез. докл. Всесоюз. конф. (Москва, 2-4 декабря 1987). - М., 1987 - С. 3 - 5.
4. Лебедев В.Л., Айзатулин Т.А., Хайлов К.М. Оксан как динамическая система. - Л., 1974. - 207с.
5. Найденова Н.Н. Паразитофауна рыб семейства бычковых Черного и Азовского морей. - Киев, 1974. - 182 с.
6. Старушенко Л.И., Страутман И.Ф. Искусственные рифы для бычков и рекреационное рыболовство // Искусственные рифы для рыбного хозяйства. Тез. докл. Всесоюз. конф. (Москва, 2-4 декабря 1987). - М., 1987 - С. 29 - 31.
7. Machkevsky V.K. Endosymbionts of mangrove oyster in nature and under cultivation // Sci. Mar.. - 1997. - 61 (Supl. 2). - P. 99 - 107.

Институт биологии южных морей НАН Украины,  
г. Севастополь

Получено 10.12.99

V. K. MACHKEVSKY, A. V. GAJEVSKAYA

#### FORMATION OF PARASITE SYSTEMS IN THE ARTIFICIAL REEF'S SUCCESSION

##### Summary

The structural - functional model of the artificial reef ecosystem is carried out. The theoretic model of forming of the parasite component in the artificial reef ecosystem is proposed. The sequence of different parasite systems occupation of the artificial reef is shown.

УДК 594.124:575(262.5)

А. В. ПИРКОВА, Л. В. ЛАДЫГИНА,  
Н. Г. СТОЛБОВА, В. Н. ИВАНОВ

#### ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИДИЙ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM.

Методом гибридологического анализа изучали наследование окраски раковины и цвета края мантии у мидий *Mytilus galloprovincialis*. Показано, что признаки наследуются по однолокусной двухаллельной схеме с доминированием коричневого цвета над синим, наличия радиальных полос на раковине над их отсутствием, белого цвета края мантии над пигментированным. Частота синего аллеля локуса цвета раковины у мидий илового биотопа уменьшается с глубиной. Частота встречаемости полосатых фенотипов у моллюсков на коллекторах и в иловых поселениях бухты Ласпи (Южный берег Крыма) не зависит от глубины.

Мидия *Mytilus galloprovincialis* - эврибионтный, широко распространенный в Черном море моллюск, обладает широким спектром генетической изменчивости. Высокая плодовитость мидий и внешнее оплодотворение позволяют получать большое количество потомков от индивидуальных скрещиваний и проводить различные типы скрещиваний среди особей, отмеченных фенетическими маркерами и обладающих ценными хозяйственными признаками [8].

**Материал и методика.** Эксперименты выполнялись в лабораторных условиях в 1992-1996 гг. Половозрелые моллюски-производители были собраны в море в период весеннего нереста. В некоторых случаях родителями были потомки особи-гермафродита, полученные в лаборатории и выращенные до половозрелости на коллекторах в море (табл. 1, № 5).

**Таблица 1 Фенотипы потомков в различных вариантах скрещивания мидий**  
**Table 1 Phenotypes of descendants in different variants of mussels crossings**

№	Фенотипы родителей		Число проанализ. потомков F <sub>1</sub>	Количество однотипных скрещиваний	Соотношение фенотипов F <sub>1</sub> в долях	Теоретически ожидаемое расщепление признака	X <sup>2</sup> <sub>0</sub>
	самки	самцы					
I - по цвету раковины							
1	[с] × [с]		1923	4	1.00:0.00	нет расщепл.	-
2	[к] × [к]		710	2	0.22:0.79	1:3	4.07****
3	[к]		118	1	0.24:0.76	1:3	0.07
4	[с] × [к]		2689	7	0.51:0.49	1:1	1.04**
5	[с] × [к]		390	2	0.00:1.00	нет расщепл.	-
6	[к] × [с]		1773	6	0.52:0.48	1:1	2.84***
II - по фенотипу "наличие полос"							
7	[п] × [п]		2480	8	0.73:0.27	3:1	5.37****
8	[п] × [п]		256	1	1.00:0.00	нет расщепл.	-
9	[п]		127	1	0.69:0.31	3:1	2.86***
10	[бп] <sub>к</sub> × [п]		186	1	0.56:0.44	1:1	3.09***
11	[п] × [бп] <sub>к</sub>		1890	6	0.48:0.52	1:1	3.06***
12	[п] × [бп] <sub>с</sub>		2072	6	0.49:0.51	1:1	0.85**
13	[бп] <sub>с</sub> × [п]		1747	3	0.52:0.48	1:1	2.73***
III - по цвету края мантии							
14	[т] × [т]		1838	3	1.00:0.00	нет расщепл.	-
15	[т]		339	2	1.00:0.00	нет расщепл.	-
16	[б] × [б]		1120	3	0.73:0.27	3:1	1.90***
17	[т] × [б]		1275	1	0.42:0.58	1:1	32.96'

I): [с], [к] - синий, коричневый цвет раковины; II): [п]-полосатые; [бп]<sub>к</sub>, [бп]<sub>с</sub>-бесполовые коричневые, синие; III): [б], [т] - белый и темный края мантии; P>0.90; \*P>0.80; \*\*P>0.50; \*\*\*P>0.20; \*\*\*\*P>0.05; 'P<0.05

Всего поставлено 57 скрещиваний: 1) оба родителя с синей раковиной; 2) родители с коричневой раковиной; 3) родители с различным цветом раковины; 4) родители с радиальными синими полосами на раковине; 5) один родитель полосатый, другой бесполовый с коричневым или синим цветом раковины; б) родители с белым краем мантии; 7) один родитель с белым краем мантии, другой с пигментированным. Личинок выращивали в профильтрованной морской воде с аэрацией при температуре 15-19°C по методике [6]. Выживаемость личинок изучали при еженедельном подсчете их количества в каждом опыте, отбирая пробы штемпель-пипеткой. Дорастивали спат в садках в море. Окраску раковины или цвет края мантии у потомков первого поколения анализировали в возрасте 6 мес. Сравнение теоретически ожидаемого расщепления фенотипов потомков с фактически полученным проводили по критерию X<sup>2</sup> [2].

Для изучения генетической изменчивости цвета раковины мидий собирали у южного и западного побережья Крыма и в северо-западной части Черного моря, включая Филлофорное поле Зернова. Пробы отбирали на глубинах 18-45 м бимтралом с мешковиной из мелкой дели с захватом 120 см. Сбор мидий илового биотопа проводили

в бухте Ласпи при помощи драги. Размерно-возрастной состав пробы и соотношение цветовых морф раковины определяли на живых моллюсках, возраст мидий - по спилам раковин. Всего на 22 станциях собраны и обработаны 7551 моллюск, в том числе 2302 моллюска с разных глубин бухты Ласпи. Для статистической обработки результатов применяли преобразованный критерий Фишера для долей и корреляционный анализ [5].

Результаты и обсуждение. Мы рассматриваем две пары альтернативного варианта окраски раковины: синий или коричневый цвет раковины, и наличие или отсутствие радиальных полос на раковине, что соответствует морфам, выделенным ранее [3], и отличается от подходов других авторов [1, 4, 7]. Анализируется еще один альтернативный признак: светлый или пигментированный цвет края мантии.

В результате проведенных скрещиваний (табл. 1) установлено, что цвет раковины мидии *M. galloprovincialis* обусловлен действием одного двухаллельного гена с полным доминированием коричневого аллеля. Так, при скрещивании мидий с синей раковиной расщепления в потомстве не наблюдается. При скрещивании мидий с коричневой раковиной (№ 2, 3) выщепляются синие особи при соотношении фенотипов примерно 3:1. В скрещиваниях мидий с различным цветом раковины (№ 4, 6) расщепление в потомстве близко к 1:1. Отсутствие расщепления в скрещиваниях № 5 указывает на гомозиготность коричневых родительских особей. Таким образом, мидии с синей раковиной являются рецессивными гомозиготами, а коричневые - доминантными гомозиготами и гетерозиготами по анализируемому признаку. Доминирование коричневого цвета раковины над синим показано также для близкого вида - *M. edulis* и предложена гипотеза об ответственности за появление полос на раковине отдельного гена [9].

Результаты расщепления потомков в трех сериях скрещиваний позволили проанализировать характер наследования радиальных полос на раковине мидий (табл. 1). Этот признак также контролируется одним двухаллельным геном с доминированием аллеля "наличие полос". Дефицит полосатых фенотипов наблюдался в 22 из 28 скрещиваний. Отход особей происходил в основном на личиночных стадиях. Выживаемость потомства от оплодотворения до оседания на субстрат составляла от 43 до 6%. В дальнейшем при подрасщивании спата в море существенного отхода не наблюдалось.

В результате анализа окраски края мантии у потомков первого поколения было показано, что от скрещивания родителей с темным краем мантии всегда получали потомство с тем же признаком без расщепления (табл. 1, № 14-15), что указывает на гомозиготность особей данного фенотипа. При скрещивании родителей с белым краем мантии (№ 16) всегда выщепляются потомки с темным краем мантии, что свидетельствует о гетерозиготности родителей и доминировании аллеля, определяющего белый край мантии, по отношению к аллелю "темный край мантии"; последний, таким образом, является рецессивным. В скрещивании № 17 наблюдали классическое расщепление 1:1, однако соотношение фенотипов отличается от теоретически ожидаемого за счет дефицита особей с белым краем мантии. Во всех скрещиваниях мидий с белым краем мантии среди потомков выщеплялись особи с темным краем мантии, что указывает на гетерозиготность родителей. Этот факт в совокупности с наблюдающимся дефицитом потомков с белым краем мантии позволяет предположить сублетальность или летальность доминантных гомозигот.

Статистический анализ генетической изменчивости цвета раковины мидий иловых поселений разных районов Черного моря показал отсутствие достоверных различий по частоте синего аллеля между разными размерно-возрастными группами в пределах одной выборки (табл.2). Это позволило обоснованно использовать среднюю для выборки частоту аллеля. Достоверных различий по частоте синего аллеля не наблюдается ни между станциями из одного района, ни между поселениями из разных районов. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии генетической дифференциации по данному признаку в черноморской популяции мидий. Корреляция наблюдается лишь между частотой анализируемого аллеля и глубиной обитания моллюсков. Коэффициент корреляции между этими показателями составляет - 0.73

Таблица 2 Частота синего аллеля локуса цвета раковины в иловых поселениях *Mytilus galloprovincialis* Lam. из разных районов Черного моря

Table 2 Frequency of the muol-living *Mytilus galloprovincialis* blue allele from the Black Sea different regions

№	Район сбора проб	Глубина места сбора, м	Число проанализированных моллюсков	Размерный диапазон моллюсков, мм	Доля особей с синей раковиной	Частота синего аллеля
1	Каламитский залив	18	115	30-40	0.383	0.619
2	«-»	22	68	20-80	0.388	0.623
3	«-»	25	986	10-90	0.327	0.572
4	«-»	38	1175	20-40	0.346	0.588
5	Рейд Гурзуфа	42	116	30-75	0.293	0.541
6	Рейд Алушты	35	148	20-70	0.264	0.514
7	«-»	36	124	30-85	0.355	0.596
8	«-»	28	1572	20-70	0.372	0.610
9	Керченское предпроливье	42	145	30-70	0.288	0.537
10	«-»	28	1133	30-90	0.434	0.659
11	Дунай-Днестровское междуречье	25	223	15-35	0.355	0.596
12	Филлофорное поле	45	545	10-40	0.305	0.552
13	«-»	18	100	10-35	0.430	0.656
14	«-»	28	148	10-25	0.425	0.652
15	«-»	33	89	10-40	0.393	0.627
16	«-»	40	95	5-45	0.221	0.470
17	«-»	25	114	5-45	0.447	0.669
18	«-»	43	111	5-40	0.360	0.600
19	«-»	21	110	5-25	0.364	0.603
20	«-»	42	163	5-40	0.374	0.612
21	«-»	30	178	5-20	0.399	0.631
22	«-»	40	93	20-60	0.279	0.529

( $n=22$ ,  $n_t=7-11-16$ ), что с вероятностью 0.999 позволяет утверждать, что в исследованном диапазоне глубин от 18 до 45 м с увеличением глубины поселения частота синего аллеля уменьшается. К подобным выводам пришли и другие авторы, проводившие фенетические исследования мидий [3, 4, 8]. Обратная зависимость между частотой синего аллеля цвета раковины и глубиной обитания, вероятно, является общей адаптивной стратегией для черноморской популяции мидии.

Данные о распределении частот встречаемости полосатого фенотипа в поселениях мидий на коллекторах - месте отбора производителей и в иловом биотопе бухты Ласпи представлены в таблице 3. Различия между частотами встречаемости полосатых особей в разновозрастных поселениях коллекторных мидий, обитающих на одной глубине (№ 1 и № 2) и одновозрастных, обитающих на разных глубинах, по критерию Фишера недостоверны:  $F_{\phi_1}=0.76 < F_{\text{н}}=3.9$  и  $F_{\phi_2}=1.82 < F_{\text{н}}=3.9$  ( $P=0.05$ ). Недостоверны также различия между частотами встречаемости мидий указанного фенотипа в поселениях илового биотопа:  $F_{\phi}=0.95 < F_{\text{н}}=3.9$  ( $P=0.05$ ). Следовательно, в бухте Ласпи мидии полосатого фенотипа равномерно распределяются по глубинам. Аналогичная ситуация отмечена и в других районах Черного моря [8]. Определенные по закону Харди-Вайнберга распределения частот генотипов на коллекторах и иловом биотопе бухты -  $p^2 Cc=0.0093$  (0.93%) и 0.0154 (1.54%);  $2pqCc=0.174$  (17.4%) и 0.217 (21.7%) соответственно. Частота встречаемости доминантного гомозиготного генотипа в поселениях мидий на коллекторах предельно низкая (менее 1%). Это и явилось причиной их отсутствия среди родителей в проведенных скрещиваниях.

Таблица 3 Частота встречаемости полосатых мидий в естественных поселениях бухты Ласпи на разных глубинах  
Table 3 Frequency of striped mussels from the natural settlements in Laspy Bay on different depths

№	Место отбора проб	Глубина, м	Величина выборки, экз	Границы размеров выборки, мм	Возраст поселения, годы	Кол-во полосатых, экз.	Доля полосатых, %	Частота аллеля "отсут. полос"
1	Коллекторы	1	163	18.0-54.0	0.5-1.0	27	16.6	0.913
2	«-»	1	545	16.0-89.0	0.5-3.5	107	19.6	0.897
3	«-»	2	258	22.8-91.0	0.5-3.5	53	20.5	0.892
4	«-»	4	145	30.0-83.0	1.0-3.5	24	16.6	0.913
5	«-»	5	156	14.0-86.0	0.5-3.5	27	17.3	0.909
6	«-»	6	166	26.0-89.0	0.5-4.0	32	19.3	0.898
7	«-»	9	105	16.0-89.0	0.5-3.0	16	15.2	0.921
8	«-»	13	150	22.0-99.0	0.5-3.0	29	19.3	0.898
9	Иловый биотоп	25	61	42.0-79.0	неопред.	14	23.0	0.878
10	«-»	30	76	18.0-52.0	«-»	18	23.7	0.874
11	«-»	45	35	46.5-89.0	«-»	8	22.9	0.878
12	«-»	55	295	23.0-75.0	«-»	69	23.4	0.875
13	«-»	60	100	22.0-71.0	«-»	25	25.0	0.866
14	«-»	65	47	16.0-83.0	«-»	10	21.3	0.887

**Выводы.** У мидии *Mytilus galloprovincialis* цвет раковины, наличие радиальных полос на раковине, окраска края мантии наследуются по однолокусной двухаллельной схеме с доминированием коричневого цвета раковины над синим, наличия радиальных полос на раковине над их отсутствием, белого цвета края мантии над пигментированным. Частота синего аллеля локуса цвета раковины в поселениях мидий илового биотопа уменьшается с глубиной. В бухте Ласпи распределение мидий полосатого фенотипа не зависит от глубины обитания.

1. Булатов К.В. Фенетический состав мидийных поселений из различных бухт Крымского побережья. // Состояние, перспективы улучшения и использования морской экологической системы прибрежной части Крыма. Тез. докл. - Севастополь, 1983. - С. 139 - 140.
2. Дубинин Н.П. Генетика. - Кишинев: Штиинца, 1985. - С. 22 - 29
3. Драголи А.П. К вопросу о взаимосвязи между вариациями черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* L. // Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях. - Киев: Наук. думка, 1966. - С. 3 - 5.
4. Иванов В.Н., Холодов В.И., Сеничева М.И. и др. Биология культивируемых мидий. - Киев: Наук. думка, 1989. - 99 с.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия. - М.: Высш. школа, 1973. - 342 с.
6. Пиркова А.В., Холодов В.И., Ладыгина Л.В. Оптимизация некоторых этапов биотехники культивирования личинок мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. // Гидробиол. журн. - 1998. - 34, п. 1. - С. 57 - 61.
7. Шурова Н.М. Различия в отношении к солености у мидий *Mytilus galloprovincialis* разных фенотипов в Черном море // Моллюски. результаты и перспективы их исследований: Тез. докл. - Л.: Наука, 1987. - С. 255 - 256.
8. Шурова Н.М. Фенотипические различия показателей роста культивируемых черноморских мидий // Всесоюз. конф. "Научно-техн. пробл. марикультуры в стране": Тез. докл. Владивосток, май, 1989. - Владивосток, 1990. - С. 138 - 139.
9. Sukhotin A. Shell-colour polymorphism and growth variability in *Mytilus* population // Abstracts 31 European marine Biology Symposium (S.-Peterburg, sept. 1996). - S. -Peterburg, 1997. - P. 24.

Институт биологии южных морей НАНУ,  
г.Севастополь

Получено 01.11.99

POPULATION-GENETIC INVESTIGATION OF THE MUSSEL, *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM.

## Summary

The analysis of genetic divergence among descendants of the first generation obtained from 57 crossed pairs of *Mytilus galloprovincialis* with different shell colour (brown or blue), available stripes and colour of the mantle edge (pigmented or white) was shown that each that determined by a single diallelic gene with dominance of brown colour, presence of stripes and the mantle white edge. The negative correlation (-0.73) between the blue allele frequency and the depth of mussel beds was found. The frequency of striped phenotypes of mussel settlement in Laspy Bay (the Southern Coast of the Crimea) does not depend on the depth.

УДК 581.132

Р. П. ТРЕНКЕНШУ, И. А. ГЕЙНРИХ

## МОРСКИЕ МИКРОВОДОРОСЛИ - ИСТОЧНИК РЕЗИНОИДОВ

На примере красной одноклеточной водоросли *Porphyridium cruentum* экспериментально показана возможность получения резиноидов из морских микроводорослей. Полученный продукт соответствует требованиям, предъявляемым к резиноиду из дубового мха. Обсуждаются вопросы комплексной переработки биомассы микроводорослей для создания безотходных технологий с использованием сточных вод в качестве питательных сред.

Резиноиды - душистые фиксаторы, используемые в качестве отдушек и красителей для пищевых, парфюмерных, косметических продуктов и товаров бытовой химии. Традиционным источником резиноидов является дубовый мох. Сравнительная оценка биохимического состава лишайников и микроводорослей указывает на то, что фенольные соединения этих организмов близки по составу, и микроводоросли могут являться источником резиноидов. Уже разработана технология их выделения из пресноводных одноклеточных водорослей [1]. Оказалось, что некоторые штаммы хлореллы и сценедесмуса содержат в высушенной биомассе свыше 20% резиноидов [1, 2].

Среди биохимических компонентов резиноидов особую ценность представляют жирные кислоты, так как их эфиры, как и эфиры фенолов, являются достаточно устойчивыми соединениями. Как по количеству, так и по качеству жирных кислот морские микроводоросли значительно богаче пресноводных, что позволяет рассматривать их перспективным источником резиноидов.

В качестве объекта изучения выбрана красная одноклеточная водоросль *Porphyridium cruentum* Naegeli из коллекции ИнБЮМ НАНУ. Выбор обусловлен тем, что порфиридиум уже используется как источник широкого спектра пигментов, желирующих веществ и других биологически ценных препаратов, т.е. может являться примером комплексного использования биомассы микроводорослей [12].

Порфиридиум выращивали в культиваторе, состоящем из 4 сообщающихся плоскопараллельных кювет из оргстекла размером 50x60x1 см и общим объемом суспензии 10 л. Культуру водорослей круглосуточно освещали лампой ДРЛ-250. В качестве питательного раствора использовали трехкратную среду, специально разработанную для интенсивной оптически плотной культуры порфиридиума [7]. Суспензию непрерывно продували воздухом, обогащенным углекислым газом до 2-3% по объему. Расход газо-воздушной смеси составлял 5-7 л/мин на 1 л культуры. Режим выращивания - квазинепрерывный, с рабочей плотностью культуры 5-15 г сухой биомассы в 1 л суспензии. Непрерывность обеспечивалась путем периодических сливов части культуры и долива соответствующего объема питательной среды.

Основной метода выделения резиноидов послужила технология получения продукта из хлореллы [1], модифицированная для наших условий. Технологический процесс получения резиноида из порфиридиума состоит из следующих стадий: