

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *ANOPHELES ARTEMIEVI* GORDEEV ET AL., 2005 – НОВОГО ПРЕДСТАВИТЕЛЯ МАЛЯРИЙНЫХ КОМАРОВ КОМПЛЕКСА *MACULIPENNIS*

Научно-исследовательский институт биологии и биофизики при ТГУ

Введение

Участившиеся случаи заболевания малярией в Средней Азии и, в частности, в Республике Кыргызстан вызывают необходимость детального изучения видового состава возможных переносчиков заболевания.

Ранее, на территории Республики Кыргызстан было выявлено 6 видов малярийных комаров р. *Anopheles*: 1) подрод *Anopheles* - *An. messeae* Fall., 1926, *An. maculipennis* Meig, 1818, *An. hyrcanus* Pall., 1771, *An. claviger* Meig., 1804; 2) подрод *Muzomyia* - *An. superpictus* Grassi, 1899; *An. pulcherrimus* Theob., 1902 [1, 2]. Л.И. Бубликовой [3] отмечено наличие *An. martinus* для низинных территорий Чуйской долины. Последние молекулярно-генетические исследования, проведенные Гордеевым с коллегами в 2003–2004 гг., показали, что вид, ранее принимавшийся за *An. maculipennis* и *An. martinus*, на самом деле является новым, ранее не описанным видом *Anopheles artemievi* [4, 5]. Авторы дали общее морфологическое описание этого вида.

В данной работе представлена подробная морфологическая характеристика комара *An. artemievi* на различных стадиях развития.

Материалы и методы

Для морфологического анализа мы использовали выборки из республик Средней Азии – Узбекистана и Кыргызстана. В Узбекистане выборка была сделана в окрестностях г. Красногвардейска Самаркандской обл. 21.06.1992 г.; в Республике Кыргызстан выборки из пос. Кош-Дюбе Джалалабадской области 19.09.1996 г.; г. Майлуусуу Жалалабадской области 10.06.2006 г., 27.06.2006 г.; п. Кызыл-Кия Майлуусукского района Жалалабадской области 19.06.2006 г. Всего исследовано 68 яйцекладок, 35 личинок, 5 куколок, 4 самца и 6 самок.

От самок, пойманных в хлевах, были получены кладки. Несколько яиц от каждой кладки отбирались для исследования рисунка экзохориона. Из оставшихся яиц были выращены личинки, часть из которых окуклилась, а в дальнейшем из них вылетели имаго.

Яйца (рис.1)

На поверхности экзохориона яиц *An. artemievi* отсутствует какой-либо рисунок, поверхность одноцветно светло-серая за счет воздушных пузырьков

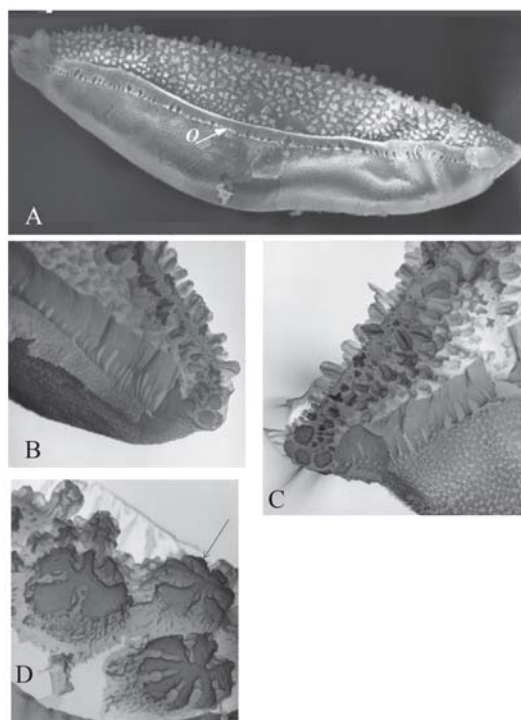


Рис. 1. Яйцо *Anopheles artemievi*: А – вид сбоку, показаны пузырьки на поверхности; О – оторочка; В – задний конец яйца с колбовидными пузырьками поверхности и несколькими более крупными пузырьками; С – передний конец яйца с колбовидными пузырьками поверхности и тремя более крупными пузырьками; D – на большом увеличении крупные пузырьки

(рис.1, А), лучше развитых на концах яиц (рис.1, В, С, D). Поплавки неразвиты, присутствует только оторочка (рис.1, А).

Личинка IV стадии (рис. 2, табл.1) (обозначения по [6])

Личинки в основном светлые, серого или желтоватого цвета. Обитают в хорошо прогреваемых стоячих или слабо текущих водоемах с густой растительностью. Длина тела в среднем 6.3 мм.

Голова (рис. 2). Длина головы в среднем 0.77 мм; ширина – 0.75 мм; индекс головы 1.1. Внутренние волоски наличника 2, прикрепляющиеся к бугоркам, сближены своими основаниями. Эти волоски бывают простые или разделяющиеся на вершине на две ветки. Наружные волоски наличника 3 дихотомически разветвлены (рис.3). Антенны покрыты шипиками, дистальные участки антенн слегка пиг-

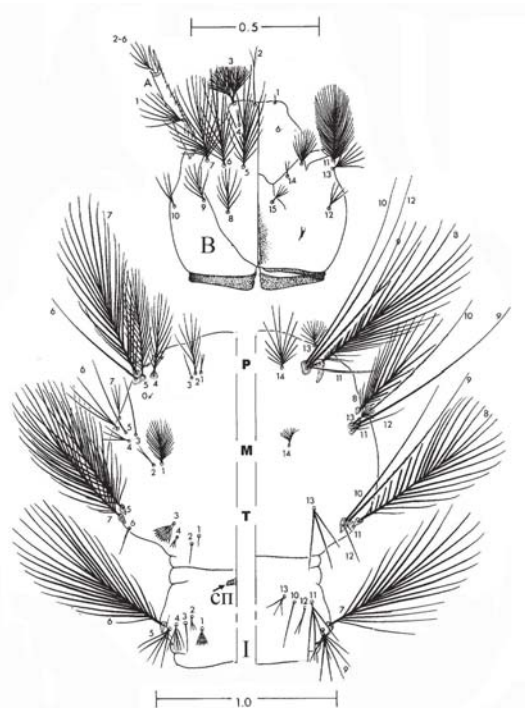


Рис. 2. Личинка IV стадии *Anopheles artemievi*: 1A – волосок на антенне головы; B – голова; P – переднегрудь; M – среднегрудь; T – заднегрудь; I – первый брюшной сегмент; СП – спинная пластинка; 1–14 – номера волосков

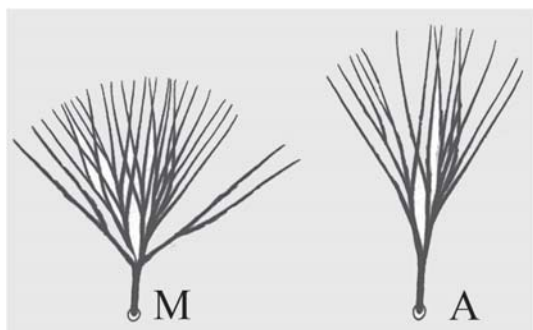


Рис. 3. Наружный волосок наличника: M – *An. messeae*; A – *An. artemievi*

ментированы. Волосок 1 антенны ветвится от 2 до 7 раз. Наружные волоски наличника и волосок на антенне короче, чем у *An. messeae* (рис. 4).

Грудь (рис.2, табл.1). Срединные волоски переднегруды включают: внутренний 1 – короткий, который ветвится на конце; средний 2 – длинный перистый; наружный 3 – короткий простой. Переднегрудная плевральная группа состоит из длинных простых волосков 10, 12 и короткого простого волоска 11. Волоски 10 и 12 одинаковой длины и длиннее волоска 9, который ветвится 2–4 (3) раз. Среднегрудная плевральная группа образована двумя длинными, простыми волосками 9, 10 и короткими волосками 11 и 12. Заднегрудная плевральная группа включает длинные волоски 9 и 10, короткий простой волосок 11. Волосок 6 короткий, ветвится 1–3 раза, чаще раздвоен. Волосок 12 обычно с 1–3 (2) ветвлениями (табл.1).

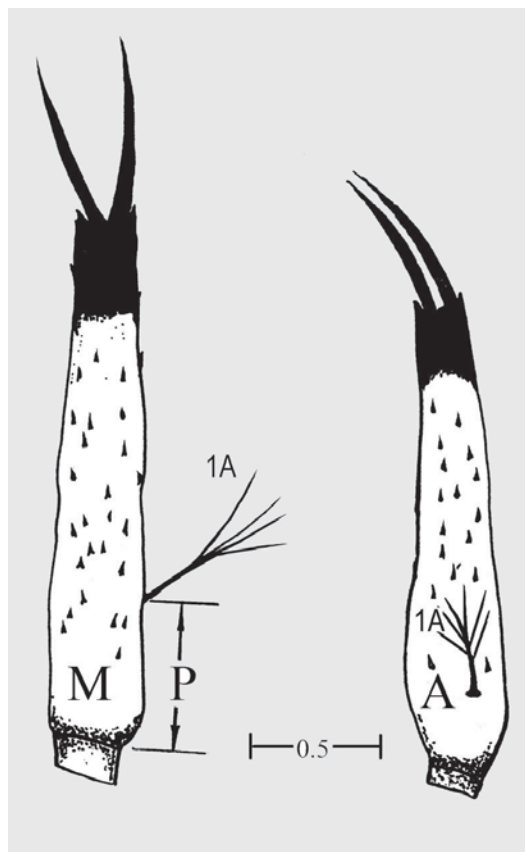


Рис. 4. Антенна головы: M – *An. messeae*; A – *An. artemievi*; 1A – волосок на антенне головы; P – расстояние от основания антенны до волоска 1A

Брюшко (рис.2, табл.1). Придаточный дорзальный волосок 0, находящийся на IV и V сегментах, маленький, ветвится 1–2 раз на IV сегменте и 1–4 раз на V сегменте. Пальмовидные волоски 1 на I и II сегментах рудиментарны, а на III–VI сегментах развиты и имеют одинаковое строение. Спинные пластинки брюшка такого же цвета, что и весь покров (рис. 2).

На VIII сегменте находится стигмальная пластинка (рис.5, A). Хитиновые части стигмальной пластинки достаточно сильно пигментированы. Основание передней лопасти пигментировано в большей степени, вся остальная ее часть окрашена значительно светлее. Передний отросток своим основанием доходит до границы между передним и средним отделами. В среднем отделе имеется срединная грануляция, проходящая полосой между средним и задним отделами. Это полоса состоит из двух рядов параллельных гранул, переходящих в темнопигментированный участок. В среднем отделе, перпендикулярно срединной грануляции, имеются складки.

Гребень на боковых пластинках VIII сегмента брюшка состоит из 5–10 (7) больших зубцов, между которыми помещаются 0–5 более мелких зубцов. Маленькие зубцы копьевидной формы, сближены своими основаниями. Внутренняя их поверхность покрыта шипиками (рис.5, B).

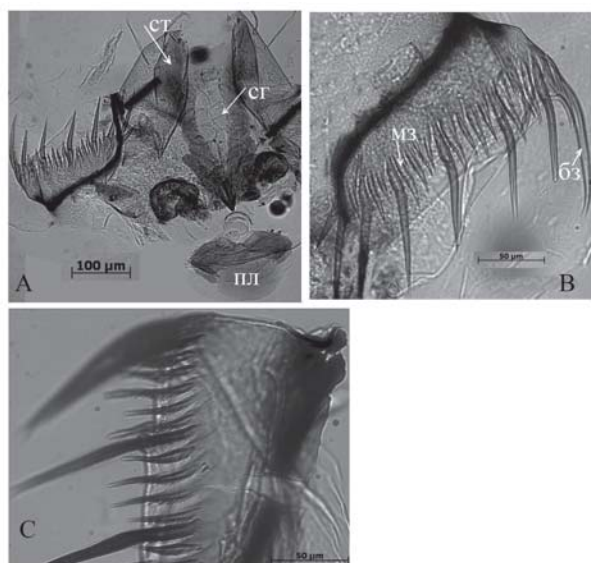


Рис. 5. А – стигмальная пластинка (СТ) и гребень стигмальной пластинки *An. artemievi*; СГ – срединная грануляция; ПЛ – передняя лопасть; В – гребень стигмальной пластинки *An. artemievi*; БЗ – большие зубы; МЗ – малые зубы; С – гребень стигмальной пластинки *An. messeae*

Куколка (табл. 2) (обозначения по [6])

Головогрудь. Интегумент светлый, желтоватый.

Дорзальный апотом со слегка вогнутой или плоской верхушкой, подобен откидной створке, **без апикального выступа**. Передний угол скутума острый, переходящий в короткую прямолинейную лопасть. Медиальный киль со слабо выраженными поперечными полосами. Латеральная линия медиального киля продлевается от волоска 4-СТ и немного не доходит до основания волоска 8-СТ. Волосок 8-СТ ветвится 1–4 (3) раза. Среднегрудные крылья светлые, одноцветно рыжевато-коричневые с несколькими более темно пигментированными вертикальными линиями (иногда отсутствующими). Постскутальная область полностью расколота к заднеспинке спинной личинной линией (100 %).

Труба. Angusticorn типа [7], простая, с глубокой расселиной, листок ее коричневого цвета. Длина трубы 1.02–1.20 мм, в среднем 1.09 мм, ширина 0.098 – 0.13 мм, в среднем 0.11 мм, индекс 8,67–10,86, в

среднем 9,59. Длина листочка составляет 0.55 – 0.62 мм, в среднем 0.53 от длины трубы.

Заднеспинка. Крылья заднеспинки большей частью светло-коричневые, с несколькими участками более темной пигментации, область между парой волосков 10-СТ без или с немногими неясными мелкими поперечными углублениями; сумма ветвлений обеих 10-СТ составляет 4–7.

Брюшко. Длина тела 4.55–4.8 мм, в среднем 4.66 мм. Тергиты II–IV с несколько более темно-пигментированной U - или O-образной областью, простирающейся от заднего края I тергита между парой волосков 1–1; тергиты III–VII с неявно выраженным изогнутым поперечным выступом позади волоска 1.

Длина волоска 1–VII обычно примерно равна длине VIII тергита (соотношение 0.8); сумма ветвлений обоих волосков 5–I равна 4–7. Сумма ветвлений обоих волосков 6–I обычно составляет 4–7; сумма ветвлений обоих волосков 6–III равна 8–12; сумма ветвлений обоих волосков 7–I составляет 5–10; сумма ветвлений обоих волосков 7–I плюс оба 6–III составляет 14–22. Шип 9 – III–VII обычно прямой, широкий, несколько сужающийся книзу (суженный в 66.67 % на II сегменте; 30 % на IV; 12.5% на V, VII; 50 % на VI), (удлинненный в 12.5 % на III, VII; 37,5 % на V), (заостренный и изогнутый в 30 % на IV; 10 % на VI; 12.5 % на VII), (со скошенной верхушкой в 20 % на IV членике); отношение длины 9 – III / 9 – IV составляет 0.15 – 0.33 (в среднем 0.23), 9 – IV / 9 – V – 0.25–0.75 (в среднем 0.5), 9 – V / 9 – VI – 0.45–0.8 (в среднем 0.59), 9 – VI / 9 – VII – 0.5 – 1.00 (в среднем 0.68), 9 – III / 9 – VII – 0.2–0.85 (в среднем 0.62); сумма ветвлений обоих 9–VIII обычно составляет 26–36. Индекс мужской половой лопасти 0.95–1.05, в среднем 0.995.

Плавник. Волосок 1 – Ра обычно простой, 2 – Ра часто не достигает вершины плавника. Индекс плавника 0.625–0.78, в среднем 0.723; длина 1.008–1.134 мм, в среднем 1.04 мм; ширина 0.63–0.84 мм, в среднем 0.76 мм.

Имаго

Самка

Комар светлой окраски. Голова с боков с темно-серыми чешуйками, на макушке с такими же чешуй-

Таблица 1

Хетотаксис личинки IV стадии *Anopheles artemievi*

Волоски	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Голова		1	1-3(2)	20-43(22)	1-4(2)	11-16(11)	9-20(15)	12-26(17)	4-8(7)	4-8(7)	1-4(3)	15-47(36)	2-7(4,5)	2-10(4)	8,11(8)
Переднегрудь		3-7(5)	4-9(8)	1-3(1)	7-27(20)	14-36(21)	1,2(1)	13-41(27)	9-26(24)	1-4(3)	1	1-3(1)	1,2(1)	5-12(7)	5-12(7,8)
Среднегрудь		13-25(17)	1-3(2)	1	2-4(3)	1	2-6(4)	2-4(2)	12-24(18)	1-2(1)	1	1	1	4-8(5)	4-9(6)
Заднегрудь		1-3(1)	1	7-20(8)	2-7(3)	17-35(29)	1-3(2)	16-28(23)	14-33(24)	1-3(1)	1,2(1)	1	1-3(2)	1-3(2)	
I сегмент		5-14(11)	4-10(6)	1	4-7(6)	4-9(5)	12-26(16)	10-24(22)		5-9(7)	1	3-5(4)	1-5(2)	2-6(4)	
II сегмент	1-2(1)	7-14(11)	6-10(9)	1	4-7(5)	4-12(8)	14-28(24)	15-28(22)	2-4(3)	6-11(8)	2-4(3)	1	1	5-13(8)	
III сегмент	1-2(1)	14-19(17)	5-10(6)	1	3-7(5)	7-12(9)	14-26(19)	3-5(4)	2,3(2)	6-11(8)	1	1-4(3)	2-4(3)	6-11(8)	
IV сегмент	1-3(2)	13-20(15,18)	2-8(3)	2-4(3)	2-5(4)	5-9(7)	3-5(3)	2-5(4)	1-4(2)	5-10(8)	1	2,3(2)	2,3(3)	2-5(4)	
V сегмент	1-3(2)	14-23(18)	1-4(3)	1-3(1)	2-5(4)	5-10(8)	1-5(3)	2-4(3)	2-4(3)	5-13(7)	1	2,3(3)	2-4(3)	3-5(3)	
VI сегмент	1-2(2)	13-22(15)	3-7(5)	1	1	4-9(8)	2-6(4)	2,3(3)	2-4(3)	5-13(9)	2,3(3)	2,3(2)	1	5-9(6)	
VII сегмент	1-2(1)	8-22(15)	3-7(5)	2-4(3)	1	5-12(7)	2-5(3)	5-8(5)	2-4(2)	2-5(3)	2-5(3)	1,2(2)	1	2-4(3)	
VIII сегмент	1-2(2)	1	4-9(8)	5-10(8)	1	4-6(5)									
X сегмент		1	14-25(17)	6-14(11)	10-22(18)										
Сифон		5-7(5)	3-7(5)	1	1	1	1-3(2)	1,2(1)	2-7(4)	3-8(5)	1	1	1	1	

Хетотаксис куколки *Anopheles artemievi*

Волосок	Головогрудь	Брюшные сегменты									Плавник
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
0			1,2(1)	1-3(2)	1-4(3)	1-3(2)	1-3(2)	1,2(2)	1,2(1)		
1	2-4(4)	45-70(66)	5-14(9)	7-11(7)	4-8(6)	3-6(5)	1-4(2)	1,2(1)		4,5"	1
2	3,4(3)	3-7(3)	6-8(7)	7-9(7)	4,5(5)	3-5(5)	3,4(4)	3,4(4)			1-3(2)
3	2-4(3)	2-5(3)	1-3(1)	2-4(3)	3-5(4)	2,3(2)	1,2(1)	2-4(4)			
4	2-4(3)	4-6(4)	4-6(5)	3-5(4)	2-6(3)	3,4(3)	1,2(2)	1,2(1)	1-3(2)		
5	3-5(4)	2-4(3)	3-6(4)	8-13(9)	6-9(8)	3-7(6)	4-8(5)	3-5(3)			
6	2-4(3)	2-4(3)	3-5(4)	4-7(4)	3	2,3(3)	1	1-3(3)			
7	1	3-6(3)	4-7(4)	2-4(4)	2-4(3)	2-4(4)	1,2(1)	1,2(1)			
8	1-4(3)			3-5(4)	2-5(3)	2-4(3)	2-4(3)	2,3(3)			
9	2-6(4)	1,2(2)		1	1	1	1	1	13-19(17)		
10	1-4(2)			2	1,2(2)	1,2(1)	1,2(1)	1,2(1)			
11	3,4(4)			1-4(2)	1-5(2)	1-3(1)	1-3(2)	1,2(1)			
12	3-5(4)										
13											
14				1	1	1	1	1	1		

ками чисто белого цвета; лоб с торчащим вперед пучком серебристых чешуек и волосков. Хоботок и щупики одноцветно темно-серые. Усики серые, у основания члеников с розетками довольно длинных бурых волосков; первые 5–7 члеников усиков со светлыми кольцами в местах соединения.

Среднеспинка золотисто-желтая. Матовая срединная полоса выражена слегка. Спереди (у головы), близ средней линии, с пучком белых чешуек. Срединная и боковые области среднеспинки густо покрыты короткими белыми и золотистыми волосками. На верхней части боков имеются светло-коричневые и коричневые волоски, в нижней части – длинные черные волоски. Спинная сторона брюшка темно-коричневая с более светлыми неоформленными пятнами. Переходы между члениками почти черные. Брюшная сторона светлее, коричневого цвета, переходы между члениками почти белые. Брюшко покрыто серебристыми волосками разной длины. Церки светло-коричневого цвета. Ноги соломенно-желтого цвета, на сгибах светлее.

Длина крыла 4.2–4.5 мм, в среднем 4.4 мм, ширина 0.95–1.2 мм, в среднем 1.07 мм. Чешуйки на жилках узкие, длинные, серые. У основания крыла короткие, с зубренным краем. Пятна на крыловой пластине и апикальное пятно выражены слабо. Пятно на апексе крыла образовано светло-желтыми чешуйками. Оно начинается чуть ниже ветвления радиальной жилки R_1 и заканчивается посередине между жилками R_{4+5} и разветвлением медиальной жилки – M_1 (рис. 6).

Жужжальца желтоватого цвета с темно-коричневой головкой. Дыхальце удлинено, овальной формы.

Самец

Окрас тела, головы, среднеспинки, ног такой же, как у самок. Длина крыла 4.3–4.5 мм, в среднем 4.36 мм, ширина 0.95–1.1 мм, в среднем 1.02 мм.

Окрас гениталий самцов немного темнее, чем у самок. IX тергит с узким склеротизированным тяжом, лопасти его короткие и широкие с несколько расширенной верхушкой. Десятый стернит отсутствует. Анальная лопасть большая, закругленная. Эдеагус длинный, с тремя парами гладких язычковых листочков, дистальные – длиннее. Длина коксита почти вдвое больше его ширины. Поверхность покрыта длинными и короткими волосками; по внутреннему краю коксита расположена одна длинная, крепкая щетинка, при основании имеются две крупные и крепкие щетинки, сидящие на сосочковидных бугорках, внутренняя щетинка может быть с изгибом. Гоностиль немного длиннее, чем коксит, в середине суженный; палец гоностыля короткий, тупой.

Класпета широкая, состоит из дорзальной лопасти, несущей два или три шипа различной формы и большей вентральной лопасти, несущей длинный заостренный апикальный шип и короткий тонкий и длинный шипы подапикально. Лопастей класпеты отдельнораздельные. Класпеты гипопигиев несут на себе несколько видов шипов, обозначение которых дано раньше другими авторами. По форме шипы принято подразделять на острые, заостренные и тупые [8, 9].

Изучение морфологии вооружения класпет дало следующую картину: апикальный шип, как правило, один, острый, может быть заостренный. Вентральный шип находится на небольшом бугорке не на самом краю класпеты, а на теле ее. Волосок «s» нормальной величины. Дорзальный шип чаще один, в равной степени может быть разнообразной формы. На одной класпете встречен вариант с двойными заостренными дорзальными шипами.

Обсуждение

Одной из трудностей в изучении морфологии малярийных комаров является наличие видов-двойников.

Использование цитогенетического метода позволило нам изучить морфологические признаки *An. messeae* и *An. artemievi* и их изменчивость. На стадии яйца эти виды четко отличаются наличием воздушных камер и рисунка на экзохорионе у *An. messeae*. При анализе морфологических признаков личиночной стадии развития выявлено, что длина антенны и волоска на ней варьируют у обоих видов. Для личинок *An. artemievi* характерно меньшее расстояние между основанием антенны до волоска *IA*, в отличие от *An. messeae* (соответственно (0.67 ± 0.02) и (0.94 ± 0.05) нм, $p < 0.001$) (см. рис. 4). Этот признак может применяться для определения этих видов при помощи статистических данных.

Наиболее интересный результат выявлен при изучении морфологии и числа зубцов стигмальной пластинки. У личинок *An. artemievi* структура малых зубцов отличается от *An. messeae* более утолщенной, копьевидной формой и слабо выраженными шипиками на них. Малые зубцы на гребнях *An. artemievi* сближены своими основаниями (рис.5, B), тогда как для *An. messeae* характерно почти параллельное их рас-

положение относительно друг друга и сильно развитые шипы на зубцах (рис.5, C). Число малых зубцов обеих гребней стигмальной пластинки у личинок *An. artemievi* меньше, чем у *An. messeae*. Имеется еще один признак – спинные пластинки брюшка *An. artemievi* такого же цвета, что и весь покров, у *An. messeae* эти пластинки от темно-коричневого до черного цвета.

У куколки *An. messeae* волосок 12-СТ ветвится 1–3 (2) раз, у *An. artemievi* 3–5 (4) раз.

На крыльях имаго *An. messeae* скопления чешуек образуют четыре темных пятна, хорошо различимых даже невооруженным глазом. Апикальное пятно образовано золотисто-желтыми чешуйками и расположено от ветвления радиальной жилки R_1 почти до R_{4+5} (рис.6) [10]. У *An. artemievi* пятна на крыловой пластине слабо выражены, апикальное пятно менее контрастно и располагается ниже, чем у *An. messeae* – оно начинается чуть ниже ветвления радиальной жилки R_1 и заканчивается посередине между жилками R_{4+5} и разветвлением медиальной жилки – M_1 (рис.6).

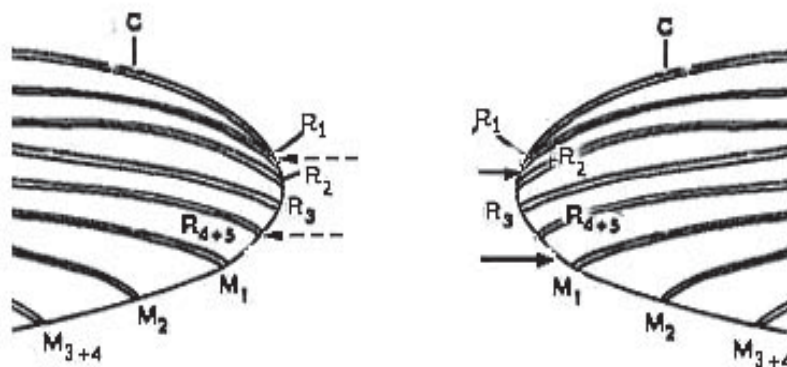


Рис. 6. Крыло. Сплошными линиями обозначены границы апикального пятна *An. artemievi*; пунктирными – *An. messeae*

Используя вышеописанные признаки, практические энтомологи смогут в полевых условиях четко дифференцировать *An. artemievi* от *An. messeae*.

Благодарности

Выражаем глубокую признательность директору СЭС г. Майлууусу Жалалабатской обл. Республики

Кыргызстан Н.Щ. Мамбетову за содействие в сборе материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта ведущей научной школы РФ (проект НШ-4283.2006.4) и целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2006–2008 гг.)» (проект РНП.2.2.1.1.2038).

Литература

1. Чинаев П.П., 1965. Распространение и эпидемиологическое значение малярийных комаров *ANOPHELES MACULIPENNIS SACHAROVII* FV., *A. SUPERPICTUS* GR. и *A. PULCHERRIMUS* THEOB. (DIPTERA, CULICIDAE) в Средней Азии // Энтомологическое обозрение XLIV, 2 с. 297–306.
2. Гуцевич А.И., Мончадский А.С., Штакельберг А.А., 1970. Комары (семейства Culicidae) // Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Л., 1970. Т.3. Вып. 4. С. 1–384.
3. Бубликова Л.И. Комары рода *Anopheles* Чуйской долины Киргизии // Зоол. журн. 1998. Т. 77. № 6. С. 701–705.
4. Гордеев М.И., Горячева И.И., Званцов А.Б. и др. Молекулярно-генетический анализ малярийных комаров Средней Азии // Вестник Томского государственного университета. 2004. Приложение № 10. С. 17–19.
5. Гордеев М.И., Званцов А.Б., Горячева И.И. и др. Описание нового вида *ANOPHELES ARTEMIEVI* SP.N. (DIPTERA, CULICIDAE) // Мед. паразитол. и паразитар. болезни. 2005. Апрель–Июнь, (2). С. 4–5.

6. Reinert J.F., Kaiser P.E., Seawright J.A. Analysis of the Anopheles (Anopheles) quadrimaculatus complex of sibling species (Diptera: Culicidae) using morphological, cytological, molecular, genetic, biochemical, and ecological techniques in an Integrated approach // J. Am. Mosq. Control Assoc. 1997. Suppl. 13. P. 1–102.
7. Reid J.A., Knight K.L. // Annals of Trop. and Parasitol. 1961. V. 55. No 4. P. 475–488.
8. Денисова З.М. Материалы по изучению вариаций гипопигиев самцов *An. maculipennis atroparvus* и *An. maculipennis sacharovi*. // Мед. паразитология и паразитарные болезни. 1948. Т. 3. № 17. С. 221–227.
9. Денисова З.М. Вариации гипопигиев самцов некоторых подвидов малярийного комара *An. maculipennis* // Энтомологическое обозрение. 1964. Т. 43. № 4. С. 815–822.
10. Шабанова Ю.В., Сибатаев А.К. Сравнительный анализ морфологии имаго малярийных комаров азиатской части территории России // Вестник Томского государственного университета. 2004. Приложение №10. С. 141–144.

Поступила в редакцию 21. 06. 2006

УДК 577.17; 577.12.05

И.Ф. Головацкая, Ю.М. Винникова

РОЛЬ ГИББЕРЕЛЛИНОВ И БРАССИНОСТЕРОИДОВ В РЕГУЛЯЦИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ АРАБИДОПСИСА

Томский государственный университет

Гиббереллины (ГК) являются большой группой фитогормонов с более чем 120 представителями. Однако относительно немногие из них имеют существенную биологическую активность, обладая собственнo гормональной функцией. Физиологическое действие ГК проявляется в стимуляции ростовых процессов за счет усиления растяжения клеток и повышения митотической активности меристематических тканей. ГК ингибируют действие продуктов генов *GAI*, *SPY* и *GAR2*, подавляющих рост растения [1, 2]. Повышение уровня ГК существенно стимулирует удлинение побега, главным образом, за счет увеличения длины междоузлий, в то время как дефицит ГК может определять карликовость растений. ГК участвуют во всех стадиях развития растения [3], однако остается недостаточно изученной роль ГК в процессах формирования генеративных органов и цветения. На многолетних растениях показано, что повышение уровня ГК на стадии детерминации генеративного пути развития меристем подавляет образование генеративных органов. В то же время снижение уровня ГК на более поздних этапах формирования элементов цветка в меристеме так же неблагоприятно сказывается на генеративном развитии. У некоторых розеточных растений обработка ГК индуцирует цветение даже в условиях неблагоприятного светового дня. Это дало основание академику М.Х. Чайлахяну для представления ГК как необходимой части гипотетического гормона цветения флоригена [4].

Брассиностероиды (БР) – группа полигидроксильных стероидов, играющих большую роль в жизни растений. Они вызывают клеточное растяжение, усиливают гравитропизм, задерживают опадание листьев, повышают дифференцировку ксилемы, участвуют в процессах роста пыльцевой трубки, черешков и листьев [5, 6]. Это происходит благодаря регуляции

БР генной экспрессии, АТФ-азной активности и формирования клеточной стенки [6].

БР активны в различных биотестах, специфичных для других гормонов, что позволяет предполагать взаимодействие между ними. Некоторые тесты показывают, что БР и ГК действуют независимо друг от друга, однако имеются данные о синергическом или аддитивном эффекте. БР и ГК могут действовать параллельно в регуляции морфологических аспектов роста в темноте, однако БР опосредуют гиббереллиновый контроль экспрессии генов *CAB2* и *RbcS*. Такая иерархия гормонов подтверждается неспособностью ГК снимать повышенную экспрессию этих генов в выращенных в темноте проростках мутанта *det2* или восстанавливать эффект обработки ингибитором биосинтеза БР [7]. Предполагают также пересечение путей биосинтеза БР и ГК [8]. Экзогенный БР (24-эпибрассинолид) на свету может вызывать увеличение содержания эндогенных ГК и АБК [9]. Менее изучено совместное действие ГК и БР в процессах развития растений.

В связи с этим целью нашей работы явилось изучение роли эндогенных гиббереллинов (ГК₁ и ГК₄) и экзогенного брассинолида в процессах роста и развития арабидопсиса.

Методика

В исследованиях использовали растения исходной линии *Ler* и мутанта *ga4-1 Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. экотипа *Landsberg erecta*. Мутант *ga4-1*, полученный на основе *Ler*, относится к типу прорастающих гиббереллиновых полукарликов, то есть для их прорастания не требуется обработка экзогенными ГК, так как мутация затрагивает поздние этапы биосинтеза ГК. У *ga4-1* блокирован процесс образования фер-