

Морфологическая идентификация красного пальмового клеща *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae)

И.О. КАМАЕВ

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»
(ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. Раменское,
Московская обл., Россия
ORCID 0000-0003-4251-4862,
e-mail: ilyakamayev@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Настоящая работа посвящена идентификации красного пальмового клеща *Raoiella indica*, относящегося к семейству клещей-плоскотелок (Acari: Tetranychidae: Tenuipalpidae). Этот вид клеща является активным инвайдером, повреждающим тропические и субтропические культуры растений. Предполагается, что потенциальным ареалом вида в случае его инвазии в Россию будет являться территория Южного федерального округа. В статье приведена развернутая морфологическая характеристика клещей семейства Tenuipalpidae, учитывающая общепринятые обозначения хеатома тела и конечностей, с кратким рассмотрением различий в терминологии относительно названия копулятивного органа самца. Для дифференциации важнейших жизненных стадий большинства видов семейства клещей-плоскотелок представлена определительная таблица, так как видовая идентификация проводится только по взрослым особям. В статье приведены признаки строения взрослых особей красного пальмового клеща (самцов и самок), обобщенные данные по распространению, растениям-хозяевам и диагностическим признакам видов рода *Raoiella*. Исследованы диагностические признаки дорсоцентрального хеатома, хеатома каудальной области и конечностей *R. indica* на примере доминиканской популяции. На основе сводки Beard et al. (2018) и с учетом работ Pritchard, Baker (1958) и Митрофанова, Струнковой (1979) составлена упрощенная определительная таблица для дифференциации *R. indica* от остальных видов рода для практики фитосанитарных лабораторий. Данный ключ базируется на следующих диагностических признаках: отношения длин дорсоцентральных щетинок, длин первой пары дорсоцентральных щетинок относительно первого междурядья, форма щетинок h_2 , количество щетинок на колене первой и второй пар ног, отношения длин проксимальных соленидия ω и тактильной щетинки ft на лапках первой пары ног.

Ключевые слова. Вредители растений, клещи-плоскотелки, морфология, идентификация, акарология.

Morphological identification of the red palm mite *Raoiella* *indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae)

I.O. KAMAYEV

FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center"
(FGBU "VNIIEKR"), Bykovo, Ramenskoye,
Moscow Oblast, Russia
ORCID 0000-0003-4251-4862,
e-mail: ilyakamayev@yandex.ru

ABSTRACT

The present work is dedicated to the identification of the red palm mite *Raoiella indica*, belonging to the family Acari: Tetranychidae: Tenuipalpidae. This mite species is an active invader, damaging tropical and subtropical plant crops. It is assumed that the potential range of the species in case of its invasion to Russia will be the territory of the Southern Federal District. The article provides detailed morphological characteristics of Tenuipalpidae mites, taking into account the generally accepted designations of the chaetome of the body and legs, with a brief consideration of differences in terminology regarding the name of the male copulatory organ. To differentiate the most important life stages of most Tenuipalpidae species, a key table is presented, since species identification is carried out only by adults. The article presents structural features of adult individuals of the red palm mite (males and females), generalized data on spreading, host plants and diagnostic characters of *Raoiella* species. The diagnostic features of the dorsocentral chaetome, the caudal region and legs of *R. indica* were studied on the example of the Dominican population. Based on a monograph by Beard et al. (2018) and taking into account the works of Pritchard, Baker (1958) and Mitrofanov, Strunkova (1979), a simplified key table was compiled for the differentiation of *R. indica* from other species of the genus for the practice of phytosanitary laboratories. This key is based on the following diagnostic characters: the ratio of the lengths of the dorsocentral setae, the lengths of the first pair of dorsocentral setae relative to the first row spacing, the shape of the setae h_2 , the number of setae on the genu of the first and second pairs of legs, the ratio of the lengths of the proximal solenidium ω and tactile seta ft on the first pair of legs.

Key words. Plant pests, Tenuipalpidae, morphology, identification, acarology.



Рис. 1. Хетотаксия дорсальной поверхности самки (a) и самца (b) красного пальмового клеща *Raoiella indica*. На правой половине тела индексами обозначены соответствующие щетинки. У самца эдеагус выделен контрастированием цвета (фото И.О. Камаева)



Fig. 1. Chaetotaxy of the dorsal surface of the female (a) and male (b) of the red palm mite *Raoiella indica*. Corresponding setae are indicated by indexes on the right half of the body. In the male, the aedeagus is highlighted by color contrast (photos by I.O. Kamayev)



Рис. 2. Симптомы, вызванные *R. indica* на фрагменте (сегментах) листа кокосовой пальмы: a – адаксиальная сторона; b – абаксиальная сторона сегмента листа; мелкие красные точки – особи клеща (фото И.О. Камаева)

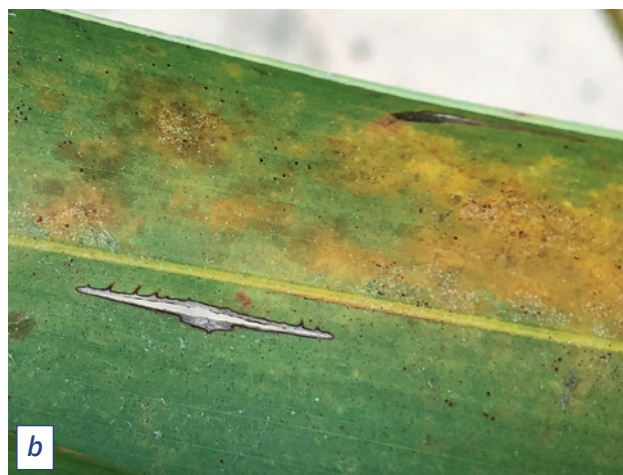


Fig. 2. Symptoms caused by *R. indica* on a fragment (segments) of a coconut palm leaf: a – adaxial side; b – abaxial side of the leaf segment; small red dots – mite individuals (photos by I.O. Kamayev)

ВВЕДЕНИЕ



Красный пальмовый клещ *Raoiella indica* Hirst, 1924, относящийся к семейству клещей-плоскотелок (Acari: Tetranychidae: Tenuipalpidae), является значимым вредителем многих тропических и субтропических культур (рис. 1, 2). Этот вид характеризуется высокой инвазионной активностью (Roda et al., 2008; Dowling et al., 2010, 2012), а его ареал в настоящее время можно охарактеризовать как пантропический (CABI, 2022). Предполагается, что в случае вселения данного вида на территорию Российской Федерации наибольший вред будет проявляться прежде всего в Южном федеральном округе. Своевременное выявление этого вредителя на растительной продукции будет служить эффективной фитосанитарной мерой по предотвращению инвазии клеща.

INTRODUCTION

Red palm mite *Raoiella indica* Hirst, 1924, belonging to Acari: Tetranychidae: Tenuipalpidae, is a significant pest of many tropical and subtropical crops (Fig. 1, 2). This species is characterized by high invasive activity (Roda et al., 2008; Dowling et al., 2010, 2012), and its range can currently be described as pantropical (CABI, 2022). It is supposed that if this species is introduced into the territory of the Russian Federation, the greatest harm will be manifested primarily in the Southern Federal District. Timely detection of this pest on plant products will serve as an effective phytosanitary measure to prevent this mite bioinvasion.

Морфология красного пальмового клеща сравнительно хорошо исследована, имеются работы, позволяющие провести идентификацию этого вида, однако они имеют ограничения, которые рассмотрены ниже. На сегодняшний день известны более 20 видов рода *Raoiella* (Beard et al., 2018), тогда как ранее опубликованные сводки охватывали 3 вида данного рода (Pritchard, Baker, 1958*; Митрофанов, Стрункова, 1979) или только *R. indica* в ключах по идентификации Tenuipalpidae отдельных географических регионов (Hatzinikolis, 1987; Ueckermann et al., 2018). При этом предложенный Beard et al. (2018) ключ для идентификации видов рода *Raoiella*, на наш взгляд, представляется достаточно сложным для рутинной фитосанитарной диагностики, так как отражает возможные филогенетические связи между представителями указанного рода.

В настоящей работе предложен упрощенный алгоритм идентификации красного пальмового клеща для практики фитосанитарных лабораторий на основе синтеза предшествующего опыта диагностики данного вида.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал красного пальмового клеща (*R. indica*) – 28 экз. (8 ♂, 19 ♀, 1 нимфа) – был получен в 2019 г. с декоративных посадок *Cocos nucifera* (Monocotyledones: Agessaceae) на территории Доминиканской Республики (окрестности города Пуэрто-Плата); фиксация материала производилась в 70%-м этаноле.

Изготовление микропрепаратов клещей проводилось на базе лаборатории экологии и генетики насекомых и клещей научно-методического отдела энтомологии ФГБУ «ВНИИКР» под стереомикроскопом Zeiss Stemi 2000 с использованием среды Хойера, согласно рецептуре, приведенной Krantz, Walter (2009). На один микропрепарат помещалось несколько особей клещей, затем выдерживали при 70–75 °C на термостолке (микротермостат «БИС-Н») в течение 3 часов.

Микроскопирование проводилось в проходящем свете с помощью фазово-контрастных микроскопов Zeiss Axio Imager 2 (ФГБУ «ВНИИКР») и Levenhuk MED D45T LCD (оборудование автора) при увеличении в 10–1000 раз. Фотографирование, морфометрические измерения и последующая обработка иллюстраций были осуществлены с помощью программного обеспечения Zen 2.3. В ряде случаев применялась послойная фотография для получения достаточной глубины резкости изображения. Для изготовления послойной фотографии серия кадров сшивалась в Zerene Stacker. Финальная обработка полученного файла производилась в фоторедакторе Adobe Photoshop CC.

В настоящей работе используется терминология, общепринятая в русскоязычной литературе по тетранихидным клещам (Митрофанов, Стрункова, 1979; Рекк, 1959; Вайнштейн, 1960, 1978; Митрофанов и др., 1987), обозначения щетинок тела

The red palm mite morphology is relatively well studied, there are works that allow identification of this species, however, they have limitations discussed below. At present, over 20 species of *Raoiella* are known (Beard et al., 2018), whereas previously published summaries covered 3 species of this genus (Pritchard, Baker, 1958*; Mitrofanov, Strunkova, 1979) and only *R. indica* in Tenuipalpidae identification keys for selected geographic regions (Hatzinikolis, 1987; Ueckermann et al., 2018). Meanwhile suggested by Beard et al. (2018) identification key to *Raoiella* species, in our opinion, seems to be quite difficult for routine phytosanitary diagnostics, as it reflects possible phylogenetic relationships between species of this genus.

In this paper, a simplified algorithm for the identification of the red palm mite for the practice of phytosanitary laboratories is proposed based on the synthesis of previous experience in diagnosing this species.

MATERIALS AND METHODS

Red palm mite material (*R. indica*) – 28 individuals (8 ♂, 19 ♀, 1 nymph) – was obtained in 2019 from ornamental plantings of *Cocos nucifera* (Monocotyledones: Areaceae) on the territory of the Dominican Republic (near the city of Puerto Plata); the material was fixed in 70% ethanol.

The slides were prepared on the basis of the Ecology and Genetics of Insects and Mites Laboratory of the Research and Methodological Department of Entomology of FGBU “VNIICR” under a Zeiss Stemi 2000 stereomicroscope using Hoyer’s medium, according to the recipe given by Krantz, Walter (2009). Several mites were placed on one slide, then kept at 70–75 °C on a hot plate (BIS-N microthermostat) for 3 hours.

Microscopy was carried out in transmitted light using phase-contrast microscopes Zeiss Axio Imager 2 (VNIICR) and Levenhuk MED D45T LCD (author’s equipment) at a magnification of 10–1000 times. Photographing, morphometric measurements and subsequent processing of illustrations were carried out using Zen 2.3 software. In some cases, layered photography was used to obtain sufficient depth of field in the image. To make a layered photograph, a series of frames were stitched together in a Zerene Stacker. The final processing of the resulting file was carried out in the Adobe Photoshop CC photo editor.

In this work, we use the terminology generally accepted in the Russian-language literature on tetranychoid mites (Mitrofanov and Strunkova, 1979; Reck, 1959; Wainstein, 1960, 1978; Mitrofanov et al., 1987), designations of the setae of the body and legs are given according to the Lindquist system (Lindquist, 1985) with additions from Mitrofanov and Strunkova (1979) and Beard et al. (2018).

* Pritchard, Baker (1958) in their monograph, they give a key table for identifying *Raoiella queenslandica* Womersley, 1942 [currently belongs to the genus *Macfarlaneiella*], *R. australica* Womersley, 1940; *R. indica* Hirst, 1924; *R. macfarlanei* Pritchard et Baker, 1958.

* Pritchard, Baker (1958) в своей монографии приводят определительную таблицу для идентификации *Raoiella queenslandica* Womersley, 1942 [в настоящее время относится к роду *Macfarlaneiella*], *R. australica* Womersley, 1940; *R. indica* Hirst, 1924; *R. macfarlanei* Pritchard et Baker, 1958.

и ног приводятся по системе Линдквиста (Lindquist, 1985) с дополнениями из работ Митрофанова и Струнковой (1979) и Beard et al. (2018).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Таксономический статус *Raoiella indica*

Первоописание: *Raoiella indica* Hirst, 1924: 522.

Вид описан из Коимбатура, Южная Индия (Hirst, 1924). Типовой материал хранится в Музее естественной истории, Лондон, Великобритания [BMNH] (Mesa et al., 2009).

Синонимы (по Mesa et al. (2009) и частично по Beard et al. (2018)): *Rarosiella cocosae* Rimando, 1996; *Raoiella camur* Chaudhri et Akbar, 1985; *R. empedos* Chaudhri et Akbar, 1985; *R. neotericus* Chaudhri et Akbar, 1985; *R. obelias* Hasan et Akbar, 2000; *R. pandanae* Mohanasundaram, 1985; *R. phoenica* Meyer, 1979; *R. rahii* Akbar et Chaudhri, 1987.

Замечание. Существуют разногласия относительно валидности *R. pandanae*, который морфологически близок к *R. indica*. Mohanasundaram (1985) наблюдал заражение этим клещом растений *Pandanus* (Monocotyledones), которые были окружены произрастающими кокосовыми пальмами *Cocos nucifera* (Monocotyledones). Следует отметить, что известны случаи заноса *R. indica* на нехарактерное растение-хозяин, как это наблюдалось в Бразилии на *Fragaria* (Hata et al., 2017). Согласно Mesa et al. (2009), *R. pandanae* является младшим синонимом *R. indica*. По мнению Beard et al. (2018), статус данного вида не представляется полностью ясным, так как авторами не был изучен типовой материал, но на основании первоописания высказано предположение, что этот вид является валидным (при этом отмечается, что *R. pandanae* нуждается в переописании). В частности, авторы указывают на различия в длине дорсальных щетинок (что было определено по рисунку не очень хорошего качества из оригинального описания *R. pandanae*) и растениях-хозяевах.

В настоящей работе относительно *R. pandanae* принята точка зрения Mesa et al. (2009).

Обобщение сведений по морфологии клещей-плоскотелок (Tenuipalpidae) и идентификация важнейших стадий жизненного цикла

Для облегчения восприятия последующего материала приводим развернутую морфологическую характеристику клещей семейства Tenuipalpidae. Раздел основан на работах Митрофанова, Струнковой (1979), Mesa et al. (2009), Pritchard, Baker (1958), Вайнштейна (1960, 1978), Krantz, Walter (2009), с акцентом на *R. indica*.

Тело клещей семейства Tenuipalpidae подразделено на гнатосому, проподосому и гистеросому (метаподосома и опистосома), последние 2 отдела разделены явным швом, или бороздкой (рис. 3).

Гнатосому образуют стилофор с парой выдвигаемых стилетов (хелицеры), гипостом и пара педипальп (пальпы). Гипостом в виде 4-угольной пластинки, продолжающийся в конический роstrum; с парой вентральных щетинок или без них. Пальпы из 1–5 сегментов (вертлуг, бедро, колено, голень и лапка) или отсутствуют. Бедро с одной щетинкой или без нее, у самцов она может быть превращена в шип. На голени коготок не развит, что отличает

RESULTS AND DISCUSSION

Taxonomy of *Raoiella indica*

Original description: *Raoiella indica* Hirst, 1924: 522.

The species is described from Coimbatore, South India (Hirst, 1924). The type material is deposited at the Natural History Museum, London, UK [BMNH] (Mesa et al., 2009).

Synonyms (according to Mesa et al. (2009) and partly Beard et al. (2018)): *Rarosiella cocosae* Rimando, 1996; *Raoiella camur* Chaudhri et Akbar, 1985; *R. empedos* Chaudhri et Akbar, 1985; *R. neotericus* Chaudhri et Akbar, 1985; *R. obelias* Hasan et Akbar, 2000; *R. pandanae* Mohanasundaram, 1985; *R. phoenica* Meyer, 1979; *R. rahii* Akbar et Chaudhri, 1987.

Note. There is controversy regarding the validity of *R. pandanae*, which is morphologically similar to *R. indica*. Mohanasundaram (1985) observed infestation by this mite on *Pandanus* (Monocotyledones), which were surrounded by growing coconut palms *Cocos nucifera* (Monocotyledones). It should be noted that there are reported cases of introduction of *R. indica* to an uncommon host plant, as observed in Brazil on *Fragaria* (Hata et al., 2017). According to Mesa et al. (2009), *R. pandanae* is a junior synonym for *R. indica*. According to Beard et al. (2018), the status of this species is not completely clear, since the authors did not study the type material, but based on the original description, it was suggested that this species is valid (it is noted that *R. pandanae* needs a redescription). In particular, the authors point to differences in the length of the dorsal setae (which was determined from a not very good quality drawing from the original description of *R. pandanae*) and host plants.

In this work, *R. pandanae* is considered according to Mesa et al. (2009).

Generalization of information on the morphology of Tenuipalpidae and identification of the most important stages of the life cycle

To facilitate the perception of the following material, we present a detailed morphological description of Tenuipalpidae mites. The section is based on the works of Mitrofanov, Strunkova (1979), Mesa et al. (2009), Pritchard, Baker (1958), Wainstein (1960, 1978), Krantz, Walter (2009), with emphasis on *R. indica*.

Tenuipalpidae mite body is subdivided into gnathosoma, propodosoma, and hysterosoma (metapodosoma and opisthosoma), the last 2 parts are usually separated by a clear suture, or furrows (Fig. 3).

The gnathosoma is formed by a stylophore with a pair of retractable stylets (chelicerae), a hypostome, and a pair of pedipalps (palpi). Hypostome in the form of a 4-angle plate, continuing into a conical rostrum; with or without a pair of ventral setae. Palpi of 1–5 segments (trochanter, femur, genu, tibia, and tarsus) or absent. Femur with or without one seta, in males it may be turned into a spine. The palptibial thumb-claw is not developed, which distinguishes Tenuipalpidae family from representatives of other Tetranychoidae families. Leg with one or two sensory setae and one or two tactile setae.

клещей семейства Tenuipalpidae от представителей прочих семейств Tetranychidae. Лапка с одной-двумя сенсорными щетинками и одной-двумя тактильными щетинками.

Проподосома впереди часто вытянута в тонкую каемку с несколькими парными выростами без щетинок («коронка», или рогатальное поле). Перитремы представлены парой простых трубок (рис. 4), залегающих в стенках хелицерной воронки. Вершина перитрем несколько утолщена, иногда слабо изогнута. На проподосоме может быть максимально представлено 3 пары щетинок ($v2$, $sc1$, $sc2$). Между щетинками $sc1$ и $sc2$ расположены глаза (обычно в количестве двух пар), или (реже) они редуцированы, как у *Raoiellana allium*.

Дорсально гистеросома несет от 5 до 13 пар щетинок (рис. 1, 3). Медиально расположен дорсоцентральный ряд щетинок (DC), которые начинаются с $c1$; краевое положение занимает дорсолатеральный ряд (DL), начинающийся с $c3$. Между ними расположен дорсосулатеральный ряд (DSL), начинающийся с $c2$. Максимальное количество щетинок варьирует в зависимости от ряда: по 3 щетинки в рядах c , d , e ; по 2 в рядах f (обозначаются как $f2$ и $f3$) и h ($h1$ и $h2$).

На вентральной поверхности тела клещей с сильно склеротизированными покровами имеются вентральный, генитальный и анальный щиты (рис. 3). У клещей со слабо склеротизированными покровами, например, *Raoiella*, щиты не развиты;

Propodosoma in front often extended into a thin border with several paired outgrowths without setae (“crown” or rostral shield). The peritremes are represented by a pair of simple tubes (Fig. 4) lying in the walls of the cheliceral funnel. Apex of peritrema somewhat thickened, sometimes slightly curved. 3 pairs of setae can be maximally represented on the propodosoma ($v2$, $sc1$, $sc2$). Eyes are placed between setae $sc1$ and $sc2$ (usually two pairs), or (more rarely) they are reduced, as in *Raoiellana allium*.

Dorsally, the hysterosoma bears from 5 to 13 pairs of setae (Fig. 1, 3). Medially located is the dorsocentral row of setae (DC), which begin with $c1$; the marginal position is occupied by the dorsolateral row (DL), starting with $c3$. Between them is the dorsosublateral row (DSL), starting with $c2$. The maximum number of setae varies depending on the row: 3 setae in rows c , d , e ; 2 setae in rows f (marked as $f2$ and $f3$) and h ($h1$ and $h2$).

On the ventral surface of the mite body with strongly sclerotized integuments, there are ventral, genital, and anal plates (Fig. 3). In mites with weakly sclerotized integuments, such as *Raoiella*, plates are not developed; these parts of the body are called regions (Fig. 5b).

Intercoxal setae are designated by index a (Fig. 5a): anterior setae, 1 pair; middle setae, 1–2 pairs; and posterior setae, 1–5 pairs; setae b and c on coxae of legs. Coxa chaetome formula I–IV: 1–2; 1–2; 0–1; 0–1.

There is a pair of setae on the ventral plate or in the pregenital region (ag); on the genital plate (region) –

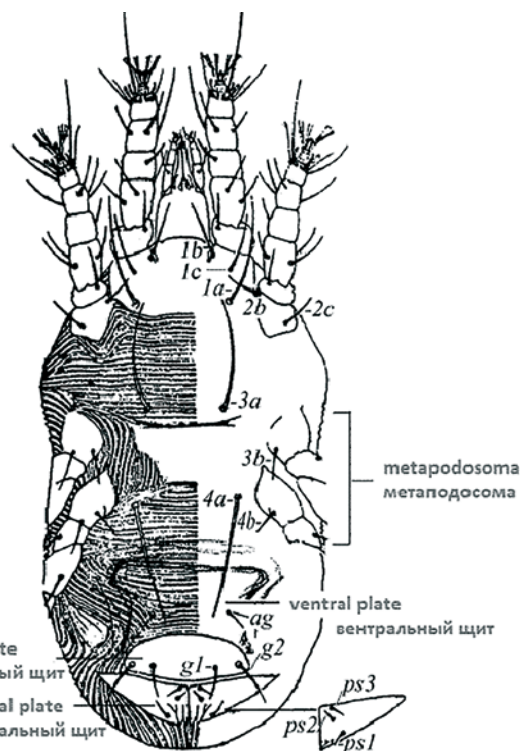
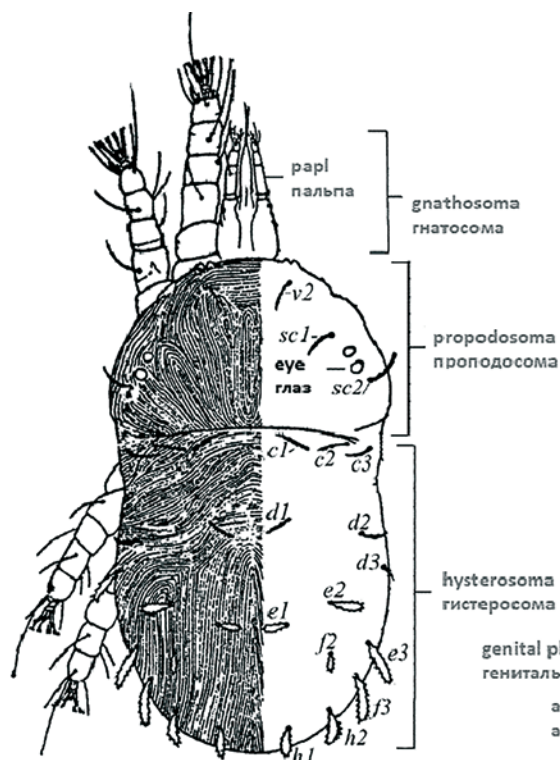


Рис. 3. Морфология клеща-плоскотелки рода *Aegyptobia*: слева – дорсальная поверхность, справа – вентральная поверхность. На левой стороне тела показана штриховка кутикулы, на правой стороне тела частично удалены ноги; в обоих случаях индексами приведены обозначения щетинок (по Mesa et al., 2009, с изменениями)

Fig. 3. Morphology of Tenuipalpidae mite of the genus *Aegyptobia*: on the left – dorsal surface, on the right – ventral surface. The integument with striae is shown on the left side of the body, legs are partially removed on the right side of the body; in both cases, the designations of setae are given by indices (according to Mesa et al., 2009, with modifications)

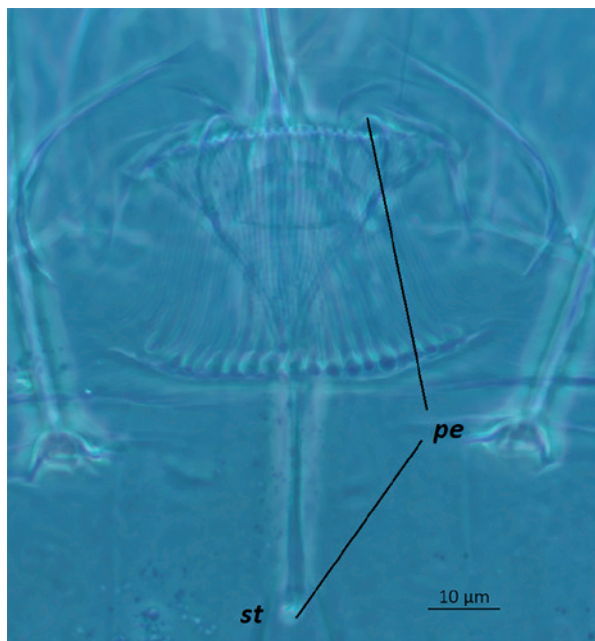


Рис. 4. Гнатосома и передняя часть проподосомы (продорсум), формирующая ребристый воротничок. Фото микропрепарата *R. indica* (самка) в фазовом контрасте, заметна просвечивающая сквозь воротничок трубчатая перитрема (pe), отходящая от стигм (st) (фото И.О. Камаева)

Fig. 4. Gnathosoma and anterior part of propodosoma (prodorsum), forming a ribbed collar. Slide photo of *R. indica* (female) in phase contrast, tubular peritreme (pe) visible through the collar, breaking away from the stigma (st) (photo by I.O. Kamayev)

эти участки тела называются областями (рис. 5b).

Межтазиковые щетинки обозначаются индексом *a* (рис. 5a): передние – 1 пара, средние – 1–2 пары, задние – 1–5 пар; на тазаках ног щетинки *b* и *c*. Формула хетоматазиков I–IV: 1–2; 1–2; 0–1; 0–1.

На вентральном щите или в прегенитальной области находится пара щетинок (*ag*); на генитальном щите (области) – 2 или 3 пары щетинок (*g1–3*); хетом этих структур также различается в зависимости от стадий жизненного цикла (рис. 5b и 6). Анальных щетинок, расположенных на одноименном щите (если он имеется), 2 или 3 пары (*ps1–3*). Как правило, если щетинки *g3* развиты, то представлены и 3 пары *ps*.

У половозрелых особей, как правило, 4 пары ног; но у некоторых таксонов имеются лишь 3 пары (*Larvacarus*, *Phytoptipalpus*) или, как у *Raoiellana*: у самцов – 4 пары ног, а у самок – 3.

Ноги 6-члениковые: тазик, вертлуг (трохантер), бедро, колено, голень, лапка. Хетом колена I–IV: 1–3; 1–3; 0–1; 0–1. Хетом голени I–IV: 5–4; 5–4; 3; 3.

2 or 3 pairs of setae (*g1–3*); the chaetome of these structures also differs depending on the stages of the life cycle (Figs. 5b and 6). 2 or 3 pairs of setae (*ps1–3*) located on the anal plate (region). As a rule, if setae *g3* are developed, then there are 3 pairs of *ps*.

Mature individuals usually have 4 pairs of legs; but some taxa have only 3 pairs (*Larvacarus*, *Phytoptipalpus*) or, as in *Raoiellana*: males have 4 pairs of legs and females have 3.

Legs 6-segmented: coxa, trochanter, femur, genua, tibia, tarsus. Chaetome of the genu I–IV: 1–3; 1–3; 0–1; 0–1. Chaetome of the tibia I–IV: 5–4; 5–4; 3; 3.

On legs I–IV the chaetome formula is usually as follows: 9–10; 9–10; 5; 5. Chaetome of legs I and II is characterized by the presence of eupathidia (*pζ'* and *pζ''*), unguinals setae (*u'* and *u''*), flagelliform tactile or tectale setae (*tc'* and *tc''*) and proximal tactile or fastigials setae (*ft'* and *ft''*). Sensory setae or solenidia – 1–2 (*ω'* and *ω''*), they are narrowly cylindrical or ovoid, straight or curved.

Pretarsus: pad-like empodium with 2 or less often with 1 row of tenent hairs; true claw pad-like or claw-shaped with 2 rows of tenent hairs.

The following morphotypes of Tenuipalpidae are distinguished according to the characteristics of the female body structure (according to Mesa et al., 2009, with abbreviations and changes):

Dolichotetranychine – body long and elongated, posterior margin of propodosoma equal in width to hysterosoma; the “crown” on the propodosoma is absent; in most species, setae *e1* are absent; palps consist of 2–3 segments.

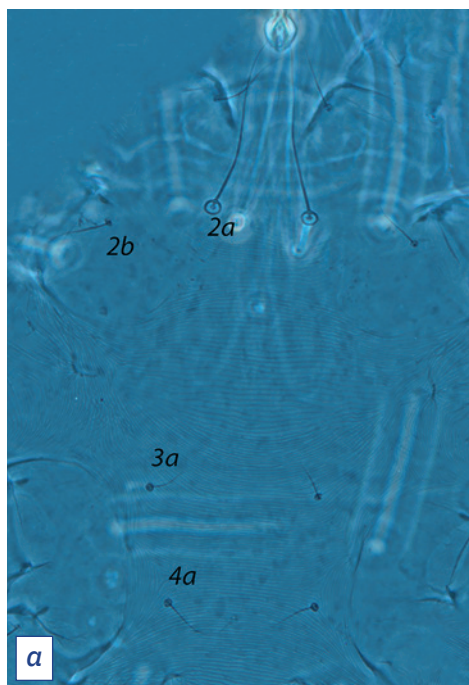


Рис. 5. Хетотаксия вентральной поверхности самки *R. indica*: *a* – подосома, отсутствуют щетинки на тазаках III–IV пар ног; *b* – генитальная и анальная области. Индексами обозначены соответствующие щетинки (фото И.О. Камаева)

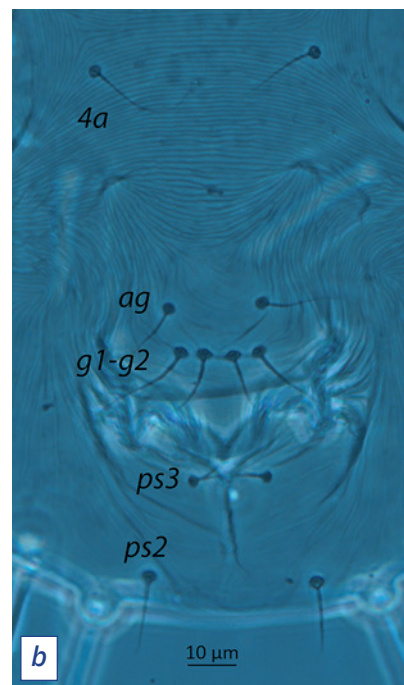


Fig. 5. Chaetotaxy of the ventral surface of the female *R. indica*: *a* – podosoma, no setae on coxae of III–IV pairs of legs; *b* – genital and anal regions. The corresponding setae are indicated by indices (photos by I.O. Kamayev)

На лапках I–IV формула хетомы обычно следующая: 9–10; 9–10; 5; 5. Хетом лапок I и II характеризуется наличием апикальных акантоидов ($p\zeta'$ и $p\zeta''$), подкоготковых щетинок (u' и u''), бичевидных тактильных щетинок (tc' и tc'') и проксимальных тактильных щетинок (ft' и ft''). Сенсорных щетинок (соленидиев) – 1–2 (ω' и ω''), они узкоцилиндрические или яйцевидные, прямые или изогнутые.

Онихиальный аппарат лапки: эмподий брусковидный с 2 или реже с 1 рядом железистых волосков (хетоидов); амбулакры брусковидные или когтевидные с 2 рядами хетоидов.

По признакам строения тела самок выделяют следующие морфотипы Tenuipalpidae (по Mesa et al., 2009, с сокращениями и изменениями):

Dolichotetranychine – тело длинное и вытянутое, задний край проподосомы равен по ширине гистеросоме; «коронка» на проподосоме отсутствует; у большинства видов щетинки $e1$ отсутствуют; пальпы состоят из 2–3 сегментов.

Tenuipalpine – проподосома значительно шире гистеросомы, передняя часть которой резко сужается; «коронка» на проподосоме имеется; пальпы из 1–3 сегментов и $h2$ очень длинные, волосовидные или пальпы 4-сегментные и $h2$ недлинные.

Brevipalpine – задний край проподосомы равен по ширине гистеросоме, последняя постепенно сужается к заднему краю; расширенная мембранозная «коронка» на проподосоме имеется; вентральный щит обычно имеется; пальпы 3–4-сегментные; дорсосублатеральный ряд щетинок отсутствует ($c2$ развиты у *Cenopalpus*).

Aegyptobine – напоминают Brevipalpine, но у них гистеросома несколько шаровидная, не сужается постепенно к своему заднему краю; «коронка» на проподосоме отсутствует; пальпы из 1–5 сегментов; дорсосублатеральный ряд щетинок имеется (кроме *Tenuilichus*).

Macfarlanielline – тело в дорсовентральной проекции округлое (или близкое к таковому); гистеросома обычно шире, чем проподосома; «коронка» на проподосоме отсутствует; пальпы из 2–3 сегментов. К этому морфотипу относится *Raoiella*.

Tegopalpine – проподосома напоминает капюшон, который накрывает гнатосому. Передний край проподосомы с выемкой или без нее.

Особенности строения самца (рис. 1b). Копулятивный орган самца тетранихонидных клещей в англоязычной литературе получил название «эдеагус», «aedeagus» (Baker, Wharton, 1952; Pritchard, Baker, 1955; Krantz, Walter, 2009), в том числе и для Tenuipalpidae (Pritchard, Baker, 1958; Beard et al., 2018); в некоторых источниках и российской литературе (по-видимому, как дань немецкой морфологической традиции) он называется «пенис», «penis», в том числе и для Tenuipalpidae (Hirst, 1924; Рекк, 1959; Вайнштейн, 1960; Митрофанов, Стрункова, 1979; Митрофанов и др., 1987). Здесь следует указать, что у Arachnida, кроме групп Acari, настоящий копулятивный орган имеется только у Opiliones, для последних используется термин «penis» (Martens, 1978). При этом в современной акарологической литературе широкое распространение получил термин «эдеагус». Копулятивный орган самца Tenuipalpidae тонкий, нитевидный, его апикальная часть защищена по бокам двумя щетинками-стилетами $ps3$ (рис. 1b, 7).

Tenuipalpine – propodosoma much wider than hysterosoma, the anterior part of which sharply narrows; there is a “crown” on the propodosoma; palps with 1–3 segments and $h2$ very long, hair-like or 4-segmented and $h2$ not long.

Brevipalpine – the posterior margin of the propodosoma is equal in width to the hysterosoma, the latter gradually narrowing towards the posterior margin; there is an extended membranous “crown” on the propodosoma; ventral shield usually present; palps 3–4-segmented; dorsosublateral row of setae absent ($c2$ are developed in *Cenopalpus*).

Aegyptobine – resemble Brevipalpine, but their hysterosoma is somewhat spherical, not tapering gradually towards its posterior margin; the “crown” on the propodosoma is absent; palps with 1–5 segments; dorsosublateral row of setae present (except for *Tenuilichus*).

Macfarlanielline – the body in the dorsoventral projection is rounded (or close to it); the hysterosoma is usually wider than the propodosoma; the “crown” on the propodosoma is absent; palps with 2–3 segments. *Raoiella* belongs to this morphotype.

Tegopalpine – the propodosoma resembles a hood that covers the gnathosoma. Anterior margin of propodosoma with or without notch.

Structural features of the male (Fig. 1b). The copulatory organ of the male tetranychoid mites in the English-language literature was called “aedeagus” (Baker, Wharton, 1952; Pritchard, Baker, 1955; Krantz, Walter, 2009), including for Tenuipalpidae (Pritchard, Baker, 1958; Beard et al., 2018); in some sources and Russian-language literature (apparently, as a tribute to the German morphological tradition) it is called “penis”, including for Tenuipalpidae (Hirst, 1924; Reck, 1959; Wainstein, 1960; Mitrofanov and Strunkova, 1979; Mitrofanov et al., 1987). It should be noted here that in

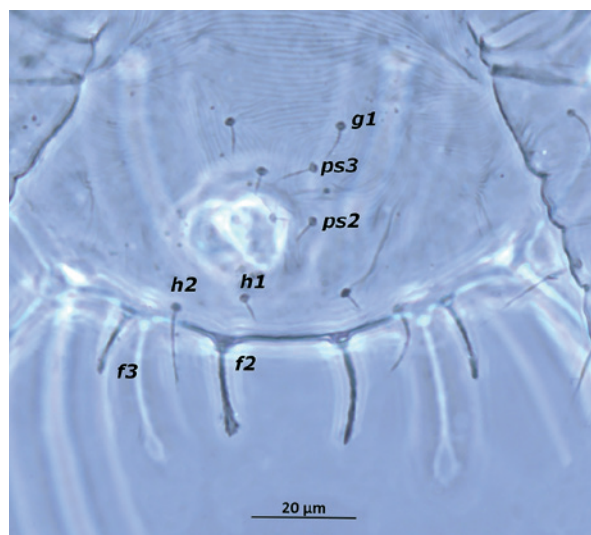


Рис. 6. Хетотаксия анальной и генитальной областей дейтонимфы *R. indica*. Индексами обозначены соответствующие щетинки (фото И.О. Камаева)

Fig. 6. Chaetotaxy of the anal and genital regions of the deutonymph *R. indica*. The corresponding setae are indicated by indices (photo by I.O. Kamayev)

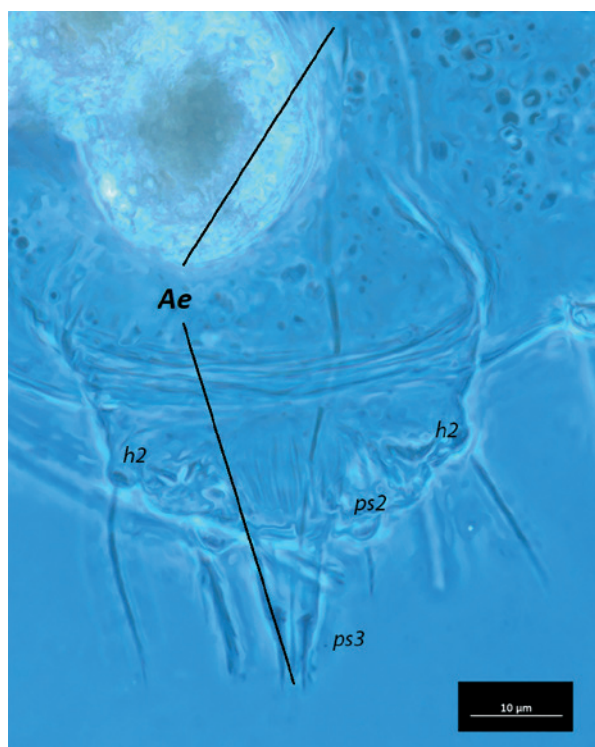


Рис. 7. Задняя часть тела самца *R. indica*. Индексами обозначены щетинки; эдеагус (Ae) длинный, бичевидный, просвечивает сквозь кутикулу (фото И.О. Камаева)

Fig. 7. Caudal part of the male body *R. indica*. Setae are indexed; aedeagus (Ae) elongate, flagelliform, shining through the cuticle (photo by I.O. Kamaev)

Определительная таблица важнейших стадий жизненного цикла клещей Tenuipalpidae

- 1 (2) Ног 3 пары личинка или иная стадия некоторых Tenuipalpidae (*Larvacarus*, *Phytoptipalpus*, самка *Raoiellana*)
- 2 (1) Ног 4 пары 3
- 3 (4) Хетом генитальной области (рис. 6): щетинки *g2* отсутствуют. Генитальное отверстие зачаточное нимфальные стадии
- 4 (3) Хетом генитальной области (рис. 3, 5): щетинки *g2* имеются. У самок генитальное отверстие развито в полной мере, у самцов развит копулятивный орган (эдеагус) (рис. 1b, 7) взрослая особь

Сравнительная характеристика диагностических признаков взрослых особей видов рода *Raoiella* и сведений по распространению и растениям-хозяевам

Совокупность данных по морфологии видов рода *Raoiella*, а также обобщенные сведения о распространении видов и о растениях-хозяевах представлены в таблице 1.

Из 21 валидного вида рода 16 были описаны в 2018 г. (Beard et al., 2018), при этом все они имеют австралийское происхождение и преимущественно встречаются на растениях Myrtaceae (за одним исключением: *R. davis* обитает на Ericaceae). Прежде из Австралии был известен только 1 вид – *R. australica* Womersley, 1940. Три вида описаны из Индии, Греции и ЮАР и пока не известны за пределами этих регионов. Единственный вид рода с широким ареалом – *Raoiella indica*, который в отличие

Arachnida, apart from the Acari groups, only Opiliones has a real copulatory organ, for the latter the term “penis” is used (Martens, 1978). At the same time, the term “aedeagus” has become widespread in modern acarological literature. The copulatory organ of the male Tenuipalpidae is thin, flagelliform, its apical part is protected on the sides by two stylet setae *ps3* (Fig. 1b, 7).

Key to the most important life stages in the cycle of the Tenuipalpidae mites

- 1 (2) Legs 3 pairs larva or other stage of some Tenuipalpidae (*Larvacarus*, *Phytoptipalpus*, female *Raoiellana*)
- 2 (1) Legs 4 pairs 3
- 3 (4) Chaetome of genital region (Fig. 6): setae *g2* absent. Genital opening rudimentary nymphal stages
- 4 (3) Chaetome of genital region (Fig. 3, 5): setae *g2* present. In females, the genital opening is fully developed; in males, the copulatory organ (aedeagus) is developed (Fig. 1b, 7) adult

Comparative analysis of diagnostic characters of adult species of the genus *Raoiella* and data on geographical distribution and host plants

A set of data on the morphology of species of the genus *Raoiella*, as well as generalized information on the geographical distribution of species and on host plants are presented in Table 1.

Of the 21 valid species of the genus, 16 were described in 2018 (Beard et al., 2018), all of which are of Australian origin and predominantly occur on Myrtaceae plants (with one exception: *R. davis* lives on Ericaceae). Previously only 1 species was known from Australia – *R. australica* Womersley, 1940. Three species have been described from India, Greece, and South Africa and are not yet known outside of these regions. The only species of the genus with a wide range – *Raoiella indica*, which, unlike the others, is occurs representatives of the families Arecaceae, Musaceae, etc.

An analysis of the morphological characters of currently known species of the genus *Raoiella* was carried out on the basis of descriptions and illustrations (drawings, photos) from the works of Beard et al. (2012, 2018) and partly own material.

Morphological diagnostic characters of the dorso-central chaetome and the chaetome of the dorsoposterior part of body and legs were analyzed for the subsequent simplified identification algorithm for the red palm mite.

The state of the following features was qualitatively assessed: the ratio of the lengths of the dorsocentral setae (*c1*, *d1*, *e1*) to each other and to the distances between the rows of these setae. It should be noted that the distances between the rows of setae could differ (for example, the spacing between rows *c1* – *d1* was shorter than *d1* – *e1* with approximately the same length of these setae), therefore, for further diagnostic purposes, only the sign of the ratio of the length of the first pair of dorsocentral setae (*c1*) to the distance *c1* – *d1* was used (column 1 of diagnostic characters of Table 1). The proportion was expressed in this way: “1” – equal to the length of the row and more; “3/4” – in the case when

Таблица 1
Сравнительная характеристика распространения, растений-хозяев и диагностических признаков видов рода *Raoiella*
Table 1
Comparative characteristics of geographical distribution, host plants and diagnostic characters of species of the genus *Raoiella*

Виды Species	Ареал Area	Таксон растений- хозяев Taxa of host- plants	Группа видов Species group (Beard et al., 2018)	Диагностические признаки Diagnostic characters						
				1	2	3	4	5	6	7
				Ld1/ Lc1 – d1	Lc1 – Ld1 – Le1	Lh1/Lh2	Chaetome of genera I–II	Chaetome of coxae	L _{ft} "/L _ω " (TI)	L _{ft} "/L _ω " (TII)
<i>R. argenta</i> Beard, 2018	A	Myrtaceae	<i>macfarlanei</i>	3/4	≈	≈	3	1–1–1–1	>	<
<i>R. australica</i> Womersley, 1940	A	Myrtaceae	<i>austratica</i>	≤ 1/2	≈	>	2 (♂3)	1–1–0–0	>	≈
<i>R. bauchani</i> Beard et Ochoa, 2018	A	Myrtaceae	<i>bauchani</i>	≤ 1/2	(Lc1 ≈ Ld1) > Le1	>	2	1–1–0–0	<	<
<i>R. calgoa</i> Beard et Ochoa, 2018	A	Myrtaceae	<i>wandoo</i>	1	≈	>	3	1–1–0–0	>	>
<i>R. crebra</i> Beard et Ochoa, 2018	A	Myrtaceae	<i>wandoo</i>	≤ 1/2	≈	>	3	1–1–0–0	≤	≤
<i>R. davisi</i> Beard, 2018	A	Ericaceae	<i>austratica</i>	1	Lc1 > Ld1 > Le1	>	2 (♂3)	1–1–0–0	≈	≈
<i>R. didcota</i> Beard, 2018	A	Myrtaceae	<i>austratica</i>	≤ 1/2	≈	>	2 (♂3)	1–1–0–0	≤	≤
<i>R. eugeniae</i> (Mohanasundaram, 1996)	I	Myrtaceae	<i>macfarlanei</i>	1	≈	≈	3	1–1–1–1	>	≤
<i>R. goyderi</i> Ochoa et Beard, 2018	A	Myrtaceae	<i>bauchani</i>	≤ 1/2	≈	>	2	1–1–0–0	<	<
<i>R. hallingi</i> Beard, 2018	A	Myrtaceae	<i>wandoo</i>	3/4	≈	>	3	1–1–0–0	≈	≈
<i>R. illyarrie</i> Beard et Ochoa, 2018	A	Myrtaceae	<i>wandoo</i>	≤ 1/2	Lc1 > (Ld1 ≈ Le1)	>	3	1–1–0–0	≈	≈
<i>R. indica</i> Hirst, 1924	PT	Arecaceae, Musaceae etc.	<i>indica</i>	1	Lc1 > Ld1 > Le1	x	3	1–1–0–0	>	>
<i>R. karri</i> Ochoa et Beard, 2018	A	Myrtaceae	<i>wandoo</i>	≤ 1/2	≈	>	3	1–1–0–0	>	≈
<i>R. macfarlanei</i> Pritchard et Baker, 1958	G	Oleaceae	<i>macfarlanei</i>	1	≈	≈	3	1–1–1–1	>	<
<i>R. marri</i> Beard et Ochoa, 2018	A	Myrtaceae	<i>austratica</i>	≤ 1/2	≈	>	2 (♂3)	1–1–0–0	≈	≈
<i>R. pooleyi</i> Beard et Ochoa, 2018	A	Myrtaceae	<i>bauchani</i>	≤ 1/2	≈	>	2	1–1–0–0	≤	≤
<i>R. shimpiana</i> Meyer, 1979	SA	Celastraceae	<i>macfarlanei</i>	1	≈	≈	3	1–1–1–1	>	<
<i>R. tallerack</i> Beard et Ochoa, 2018	A	Myrtaceae	<i>wandoo</i>	3/4	≈	>	3	1–1–0–0	>	>
<i>R. taronga</i> Beard et Ochoa, 2018	A	Myrtaceae	<i>austratica</i>	≤ 1/2	≈	>	2 (♂3)	1–1–0–0	≈	≈
<i>R. todiana</i> Beard et Ochoa, 2018	A	Myrtaceae	<i>wandoo</i>	≤ 1/2	≈	≥	3	1–1–0–0	>	>
<i>R. wandoo</i> Beard et Ochoa, 2018	A	Myrtaceae	<i>wandoo</i>	≥ 1/2	≈	>	3	1–1–0–0	≈	≈

Ареал: А – Австралия, G – Греция, I – Индия, PT – пантропический (тропический пояс Азии, Африки и Америки), SA – ЮАР. Диагностические признаки, расшифровка обозначений по столбцам: 1 – длина первой пары дорсоцентральных щетинок (Ld1) к расстоянию между первыми рядами дорсоцентральных щетинок (Lc1 – d1); 2 – сравнение длин трех пар дорсоцентральных щетинок (Lc1 – Ld1 – Le1) относительно друг друга; 3 – отношение длин щетинок h (Lh1/Lh2); 4 – хетом колена I и II, в скобках указано значение для самок; 5 – хетом таза (1–II–III–IV), жирным шрифтом обозначены виды группы *macfarlanei*; 6 – отношение длины тактильной щетки (L_{ft}"/L_ω"/) к длине соления (L_ω"/) на лапке I (TI); 7 – отношение длины тактильной щетки (L_{ft}"/L_ω"/) к длине соления (L_ω"/) на лапке II (TII). Обозначения внутри ячеек таблицы: > – больше; < – меньше; ≈ – примерно равно; ≥ – больше или равно; ≤ – меньше или равно; x – требует уточнения. Светло-оранжевым цветом выделен целевой объект – красный пальмовый клещ (*R. indica*). Признаки дорсоцентрального хетом (столбцы 1–2 диагностических признаков), сходные с изучаемым видом *R. indica*, выделены светло-желтым цветом.

Area: A – Australia, G – Greece, I – India, PT – pantropical (tropical belt of Asia, Africa and America), SA – South Africa. Diagnostic characters, interpretation of designations in columns: 1 – length of the first pair of dorsocentral setae (Ld1) to the distance between the first two rows of dorsocentral setae (Lc1 – d1); 2 – comparison of the lengths of three pairs of dorsocentral setae (Lc1 – Ld1 – Le1) relative to each other; 3 – ratio of lengths of setae h (Lh1/Lh2); 4 – chaetome of tribes I and II, the value for males is indicated in brackets; 5 – chaetome of coxae (1–II–III–IV), species of the *macfarlanei* group are indicated in bold; 6 – ratio of the length of the tactile seta (L_{ft}"/L_ω"/) to the length of the solenidion (L_ω"/) on tarsus I (TI); 7 – ratio of the length of the tactile setae (L_{ft}"/L_ω"/) to the length of the solenidion (L_ω"/) on tarsus II (TII). Designations inside table cells: > – more; < – less; ≈ – approximately equal; ≥ – greater than or equal; ≤ – less than or equal; x – to be clarified. Light orange is for the target object – red palm mite (*R. indica*). Features of the dorsocentral chaetome (columns 1–2 of diagnostic characters) similar to the *R. indica* species under study are highlighted in light yellow.

от остальных встречается на представителях семейств Agresaceae, Musaceae и др.

Анализ морфологических признаков известных к настоящему времени видов рода *Raoiella* был проведен на основе описаний и иллюстраций (рисунков, фото) из работ Beard et al. (2012, 2018) и собственного материала.

Были проанализированы морфологические диагностические признаки дорсоцентрального хетомы и признаки хетомы каудальной области и конечностей для последующего упрощенного алгоритма идентификации красного пальмового клеща.

Было качественно оценено состояние следующих признаков: отношение длин дорсоцентральных щетинок ($c1$, $d1$, $e1$) между собой и к расстояниям между рядами этих щетинок. Следует отметить, что расстояния между рядами щетинок могли различаться (например, между рядами $c1$ – $d1$ было короче $d1$ – $e1$ при примерно одинаковой длине этих щетинок), поэтому в дальнейшем для диагностических целей использовали только признак отношения длины первой пары дорсоцентральных щетинок ($c1$) к расстоянию $c1$ – $d1$ (столбец 1 диагностических признаков табл. 1). Отношения выражали таким образом: «1» – равный длине ряда и более; «3/4» – в случае, когда длина более половины расстояния между рядами, но явно менее этого самого расстояния; «1/2» – длина примерно равна половине расстояния или менее его. При этом для *R. indica* наряду с пятью видами характерна длинная первая пара дорсоцентральных щетинок (равная по длине расстоянию между рядами или превышающая его). Данный признак хотя и не использовался для идентификации видов рода *Raoiella* (Pritchard, Baker, 1958; Митрофанов, Стрункова, 1979), но применяется для некоторых таксонов Tetranychidae (Pritchard, Baker, 1955; Митрофанов и др., 1987).

Сравнение длин дорсоцентральных щетинок относительно друг друга (столбец 2 диагностических признаков табл. 1) для видов рода *Raoiella* применили Pritchard, Baker (1958) и Митрофанов, Стрункова (1979). Из 21 вида только у *R. indica* и *R. davis* наблюдается последовательное уменьшение длин дорсоцентральных щетинок от первой к третьей паре.

Признак «отношение длин щетинок $h1/h2$ » (рис. 8), указанный в столбце 3 диагностических признаков табл. 1, используется в работах Beard et al. (2018) и Ueckermann et al. (2018). В частности, в этих работах указывается, что для самок *R. indica* длина $h1$ примерно равна длине $h2$.

Для группы видов *australica*, к которой принадлежит *R. davis*, в отличие от всех остальных характерен половой диморфизм в числе щетинок на коленях I–II: для самок – 2 щетинки, для самцов – 3 щетинки. В то же время для самок и самцов *R. indica* характерно наличие трех щетинок на коленях I–II (табл. 1 и рис. 9).

Хетом тапиков с формулой 1–1–0–0 Митрофановым и Струнковой (1979) первоначально предлагался как диагностический признак рода *Raoiella*, включая *R. indica*. Однако, Beard et al. (2018) показали, что такое состояние признака характерно не для всех видов рода. Так, видам группы *macfarlanei* свойственно наличие по одной щетинке на тапиках III и IV.

the length is more than half the distance between the rows, but clearly less than this very distance; “1/2” – the length is approximately equal to half the distance or less. Also, for *R. indica* along with five species, a long first pair of dorsocentral setae is characteristic (equal in length to the distance between the rows or exceeding it). Although this character was not used to identify species of the genus *Raoiella* (Pritchard and Baker, 1958; Mitrofanov and Strunkova, 1979), it is used for some taxa of Tetranychidae (Pritchard and Baker, 1955; Mitrofanov et al., 1987).

Comparison of the lengths of dorsocentral setae relative to each other (column 2 of diagnostic characters in Table 1) for species of the genus *Raoiella* was performed by Pritchard and Baker (1958) and Mitrofanov and Strunkova (1979). Out of 21 species, only in *R. indica* and *R. davis* a successive decrease in the length of dorsocentral setae from the first to the third pair is observed.

The character “ratio of lengths of setae $h1/h2$ ” (Fig. 8) indicated in column 3 of the diagnostic characters of Table 1 is used by Beard et al. (2018) and Ueckermann et al. (2018). In particular, these works indicate that for *R. indica* females, the length $h1$ is approximately equal to the length $h2$.

The group of species *australica*, to which *R. davis* belongs, unlike all the others, is characterized by sexual dimorphism in the number of setae on the genu I–II: females have 2 setae, males have 3 setae. At the same time, *R. indica* females and males are characterized by the presence of three setae on genu I–II (Table 1 and Fig. 9).

Mitrofanov and Strunkova (1979) originally suggested a coxal chaetome with the formula 1–1–0–0 as a diagnostic character for the genus *Raoiella*, including *R. indica*. However, Beard et al. (2018) showed that this state of the character is not typical for all species of the genus. Thus, species of the *macfarlanei* group are characterized by the presence of one seta each on coxae III and IV.

Thus, according to the results of the analysis of the characters of the dorsocentral chaetome, it was shown that *R. indica* differs well from the vast majority of currently known valid species of the genus *Raoiella*, with the exception of *R. davis*. According to Beard et al. (2018) the above two species can be distinguished by the number of setae on the genu of the first and second pairs of legs (Table 1 and Fig. 9; however, the third seta is much smaller than the first two and is clearly visible using phase-contrast microscopy), the shape of setae $h2$ (in *R. indica*, hair-like, long; in *R. davis*, spatula-like, short), as well as the ratio of the lengths of double setae on legs I–II: tactile setae (ft) and solenidion (ω) (Table 1 and Fig. 10).

Morphometric study of diagnostic characters of *Raoiella indica*

The results of a morphometric study of some characters of the dorsal chaetome of *Raoiella indica* females and males are presented in Table 2.

In the lengths of the studied setae and the distance between the first and second pairs of dorsocentral

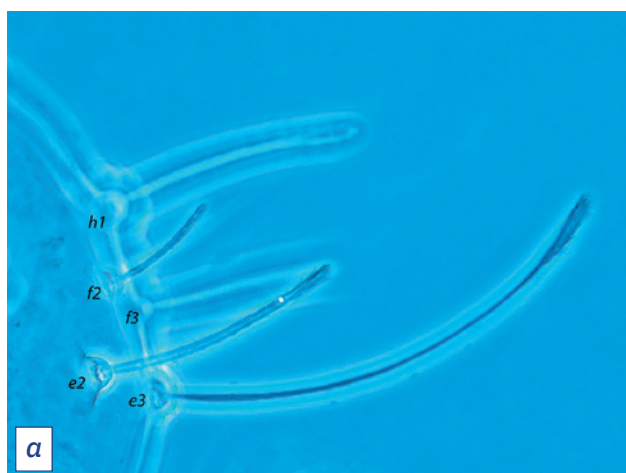


Рис. 8. Хетотаксия дорсальной поверхности задней части тела самки *R. indica*. Каудальная часть тела направлена вверх. Индексами обозначены соответствующие щетинки (фото И.О. Камаева)

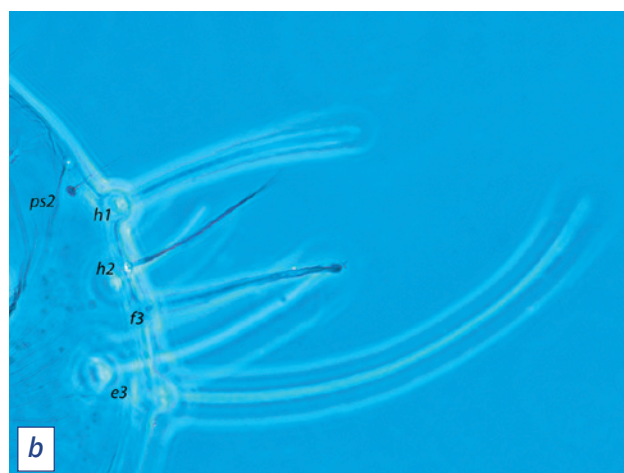


Fig. 8. Chaetotaxy of the dorsal surface of the posterior part of the *R. indica* female. The posterior margin of the body is directed upwards. The corresponding setae are indicated by indices (photos by I.O. Kamayev)

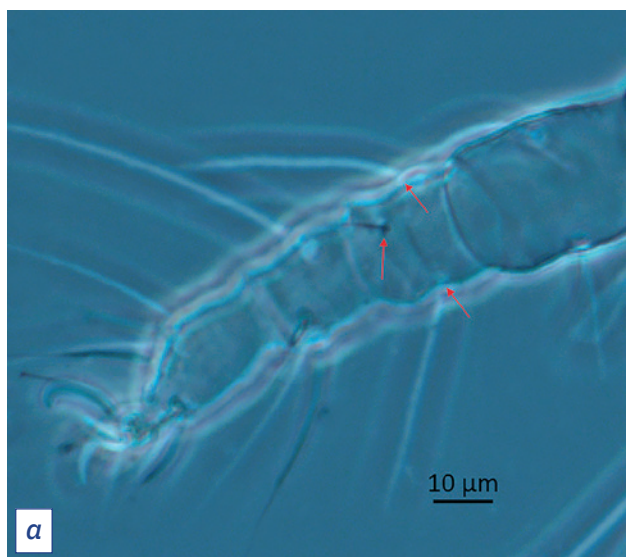


Рис. 9. Хетотаксия левого колена первой пары ног самки *R. indica*. Характерно наличие трех щетинок (а, показаны красными стрелками), при этом в одной проекции (b) видно только 2 крупные щетинки (фото И.О. Камаева)

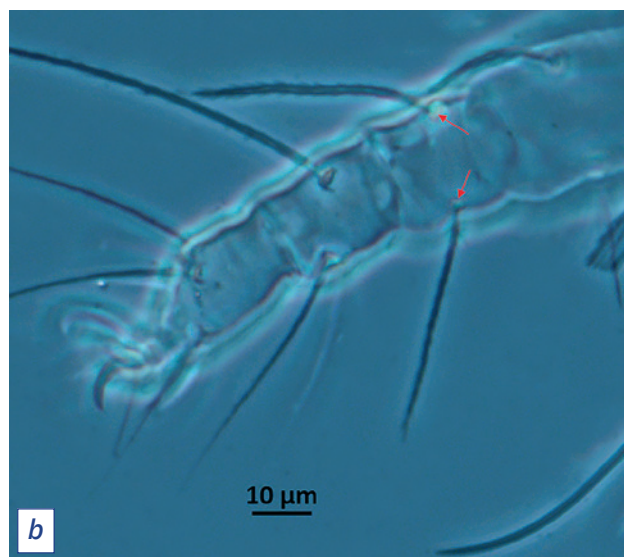


Fig. 9. Chaetotaxy of the left genua of the first pair of legs of the *R. indica* female. The presence of three setae is characteristic (a, shown by red arrows), while in one projection (b) only 2 large setae are visible (photos by I.O. Kamayev)

Таким образом, по результатам анализа признаков дорсоцентрального хетона показано, что *R. indica* хорошо отличается от подавляющего числа известных к настоящему времени валидных видов рода *Raoiella*, за исключением *R. davisi*. Согласно Beard et al. (2018) два выше указанных вида могут быть различимы по количеству щетинок на коленях первой и второй пар ног (табл. 1 и рис. 9; однако третья щетинка значительно меньше первых двух и хорошо заметна при использовании фазово-контрастной микроскопии), форме щетинок *h2* (у *R. indica* – волосовидная, длинная; у *R. davisi* – шпательевидная, короткая), а также отношению длин сдвоенных щетинок на лапках I–II: тактильной щетинки (*ft*”) и соленидия (*ω*”) (табл. 1 и рис. 10).

Морфометрическое исследование диагностических признаков *Raoiella indica*

Результаты морфометрического исследования признаков дорсального хетона самок и самцов *Raoiella indica* представлены в таблице 2.

setae, size sexual dimorphism is manifested: the measured characters in females, with some exceptions, are greater than those in males.

In both sexes of *R. indica*, the length of dorso-central setae decreases successively from the first pair to the last one (*c1* – *d1* – *e1*), in μm : females – 49.6–32.3–17.9; males – 34.9–25.2–13.1.

The length of the first pair of dorso-central setae in all studied cases exceeds the distance between the first and second pairs of dorso-central setae (interstriae), both in females (*Lc1* = 46.9 μm and *Lc1* – *d1* = 41.3 μm), and males (*Lc1* = 34.9 μm and *Lc1* – *d1* = 23.9 μm).

In the studied *R. indica* females, the length of intact setae *h2* (hair-like) varied within 46.7–61.7 μm , while the length of setae *h1* (spatula shaped) varied in the range 51.9–70.5 μm . This is generally consistent with

В длинах исследуемых щетинок и расстоянии между первой и второй парами дорсоцентральных щетинок проявляется размерный половой диморфизм: измеряемые признаки у самок, за некоторым исключением, больше, чем таковые у самцов.

У обоих полов *R. indica* длины дорсоцентральных щетинок последовательно уменьшаются от первой пары к последней ($c1 - d1 - e1$), в μm : самки – 49,6–32,3–17,9; самцы – 34,9–25,2–13,1.

Длина первой пары дорсоцентральных щетинок во всех изученных случаях превышает расстояние между первой и второй парами дорсоцентральных щетинок (междурядье) как у самок ($Lc1 = 46,9 \mu\text{m}$ и $Lc1 - d1 = 41,3 \mu\text{m}$), так и у самцов ($Lc1 = 34,9 \mu\text{m}$ и $Lc1 - d1 = 23,9 \mu\text{m}$).

У изученных самок *R. indica* длина неповрежденных щетинок $h2$ (волосовидной формы) варьировала в пределах 46,7–61,7 μm , в свою очередь, длина щетинок $h1$ (шпательевидной формы) изменялась в диапазоне 51,9–70,5 μm . Это в целом согласуется с данными, приведенными в описании вида у Beard et al. (2018), где $h2 = 48\text{--}72 \mu\text{m}$, $h1 = 49\text{--}85 \mu\text{m}$. Во всех изученных нами случаях у самок длина $h2$ (в среднем составляя 54,1 μm) была меньше длины $h1$ (в среднем – 62,1 μm); отношение длин $h2$ к $h1$ варьировало в пределах от 0,83 до 0,92 μm . Существует определенная методическая трудность при оценке длины щетинок $h2$ у *R. indica*, т. к. они сильно истончаются в своей дистальной части, а вершины щетинок плохо заметны при микроскопировании. Интересно отметить, что у самцов доминиканской популяции во всех изученных случаях щетинка $h2$ длиннее $h1$.

Длина тактильной щетинки ft на лапках первой и второй пар ног самок и самцов *R. indica* значительно превышает (более чем в 3 и 2 раза соответственно) длину ω во всем изученном материале (рис. 10).

Таблица 2
Значения количественных
диагностических признаков самцов
и самок *Raoiella indica*

Признак	Самки (n = 19)	Самцы (n = 8)
Длина $c1$, μm	49,6 $\pm$ 0,6	34,9 $\pm$ 0,6
Длина $d1$, μm	32,3 $\pm$ 1,0	25,2 $\pm$ 0,6
Длина $e1$, μm	17,9 $\pm$ 0,7	13,1 $\pm$ 0,7
Длина $c1 - d1$, μm	41,3 $\pm$ 1,1	23,9 $\pm$ 0,5
Длина $h1$, μm	62,1 $\pm$ 0,7	22,6 $\pm$ 0,4
Длина $h2$, μm	54,1 $\pm$ 0,7	24,4 $\pm$ 0,5
Отношение длин $h2$ к $h1$	0,87 $\pm$ 0,01	1,07 $\pm$ 0,02
Отношение длин ft к ω на лапке I	> 3	> 2
Отношение длин ft к ω на лапке II	> 3	> 2

the data given in the description of the species by Beard et al. (2018), where $h2 = 48\text{--}72 \mu\text{m}$, $h1 = 49\text{--}85 \mu\text{m}$. In all cases studied by us, in females, the length $h2$ (on average, 54.1 μm) was less than the length $h1$ (on average, 62.1 μm); the ratio of the lengths $h2$ to $h1$ varied from 0.83 to 0.92 μm . There is a certain methodological difficulty in estimating the length of setae $h2$ in *R. indica*, since they become very thin in their distal part, and the apices of the setae are poorly visible under microscope. It is interesting to note that in the males of the Dominican population, in all the cases studied, the seta $h2$ is longer than $h1$.

The length of the tactile seta ft on the tarsi of the first and second pairs of legs of *R. indica* females and males significantly exceeds (by more than 3 and 2 times, respectively) the length ω in the entire material studied (Fig. 10).

Key to differentiating *Raoiella indica* from other species of the genus

- 1 (2) Coxae III and IV have one seta each other species
- 2 (1) No setae on coxae III and IV 3
- 3 (4) The length of the dorsocentral setae successively decreases from the first ($c1$) to the third pair ($e1$), while the length of the first pair ($c1$) is approximately equal to or exceeds the distance between the first and second rows of dorsocentral setae 5
- 4 (3) Other state of characters other species
- 5 (6) Females and males have tactile seta ft on tarsus I–II slightly larger than solenidion ω . Females have 2 setae on genu I–II, males have 3 setae. Seta $h2$ is spatulate, short *R. davisi*
Note. Known only from Australia. Occurs on Ericaceae plants.
- 6 (5) In females and males, on tarsi I–II (Fig. 10), tactile seta ft is 2 or more times longer than solenidion ω . Females and males have 3 setae on genu I–II (Fig. 9). Seta $h2$ is hair-like (Fig. 8) *R. indica*

Table 2
Values of quantitative
diagnostic characters of *Raoiella indica*
males and females

Character	Females (n = 19)	Males (n = 8)
Length $c1$, μm	49.6 $\pm$ 0.6	34.9 $\pm$ 0.6
Length $d1$, μm	32.3 $\pm$ 1.0	25.2 $\pm$ 0.6
Length $e1$, μm	17.9 $\pm$ 0.7	13.1 $\pm$ 0.7
Length $c1 - d1$, μm	41.3 $\pm$ 1.1	23.9 $\pm$ 0.5
Length $h1$, μm	62.1 $\pm$ 0.7	22.6 $\pm$ 0.4
Length $h2$, μm	54.1 $\pm$ 0.7	24.4 $\pm$ 0.5
Length ratio $h2$ to $h1$	0.87 $\pm$ 0.01	1.07 $\pm$ 0.02
Length ratio ft to ω on tarsus I	> 3	> 2
Length ratio ft to ω on tarsus II	> 3	> 2

**Определительная
таблица
для дифференциации
Raoiella indica
от остальных видов рода**

- 1 (2) На тазиках III и IV по одной щетинке другие виды
- 2 (1) На тазиках III и IV щетинок нет 3
- 3 (4) Длина дорсоцентральных щетинок последовательно уменьшается от первой (*c1*) к третьей паре (*e1*), при этом длина первой пары (*c1*) примерно равна расстоянию между первым и вторым рядами дорсоцентральных щетинок или превышает его 5
- 4 (3) Состояние признаков иное другие виды
- 5 (6) У самок и самцов на лапке I–II тактильная щетинка *ft*" ненамного больше соленидия ω ". У самок на колене I–II по 2 щетинки, у самцов – 3. Щетинка *h2* шпательевидная, короткая *R. davis*
- Примечание. Известен только из Австралии. Обитает на растениях сем. Ericaceae.
- 6 (5) У самок и самцов на лапках I–II (рис. 10) тактильная щетинка *ft*" в 2 и более раз длиннее соленидия ω ". У самок и самцов на колене I–II по 3 щетинки (рис. 9). Щетинка *h2* волосовидная (рис. 8) *R. indica*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Красный пальмовый клещ является активным инвайдером, который за последние десятилетия занял пантропический ареал. В связи с этим представляется возможным его занос на территорию Южного федерального округа Российской Федерации, определенную как потенциальный ареал вида.

Для практических целей, т. к. видовая идентификация основана на признаках взрослых особей (преимущественно самок), в работе приведена определительная таблица важнейших жизненных стадий подавляющего большинства представителей клещей семейства Tenuipalpidae.

Анализ признаков дорсоцентрального хетомы, приведенных в работах Beard et al. (2012, 2018), показал, что *Raoiella indica* хорошо дифференцируется от подавляющего большинства видов рода (кроме *R. davis*) по последовательному уменьшению длин дорсоцентральных щетинок и длинной первой паре этих щетинок. Различия между *R. indica* и *R. davis* проявляются по следующим признакам: количество щетинок на колене первой и второй пар ног, форма щетинок *h2*, отношения длин проксимальных соленидия ω " и тактильной щетинки *ft*" на лапках первой пары ног. В работе были исследованы с проведением морфометрии диагностические признаки дорсоцентрального хетомы, хетомы каудальной области и конечностей особей доминиканской популяции *R. indica*.

На основе сводки Beard et al. (2018) и с учетом работ Pritchard, Baker (1958) и Митрофанова, Струнковой (1979) составлена упрощенная

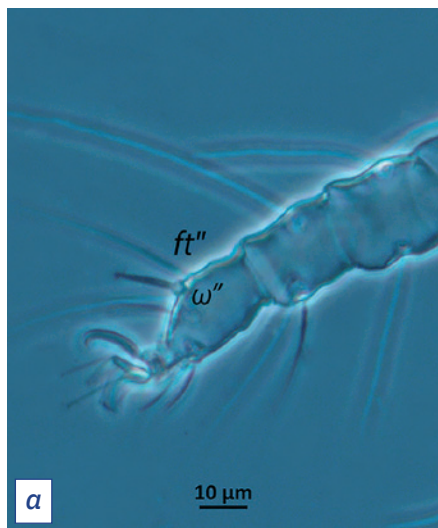


Рис. 10. Особенности хетотаксии левой лапки первой пары ног самки *R. indica*. Обозначены соответствующие щетинки (фото И.О. Камаева)

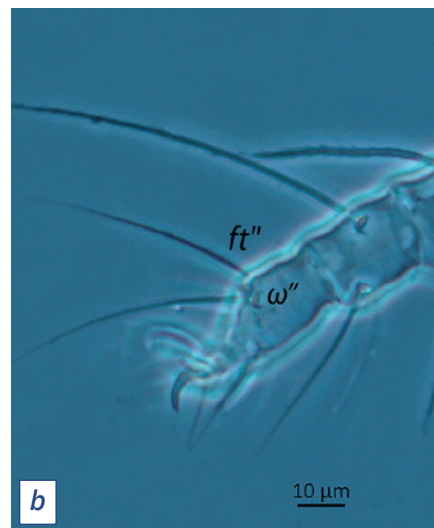


Fig. 10. Features of chaetotaxy of the left tarsus of the first pair of legs of the *R. indica* female. The corresponding setae are indicated (photos by I.O. Kamayev)

CONCLUSION

The red palm mite is an active invader that has occupied the pantropical range in recent decades. In this regard, its introduction into the territory of the Southern Federal District of the Russian Federation is possible, which is defined as a potential range of the species.

For practical purposes, since species identification is based on the adult characters (mainly females), the paper provides a key to the most important life stages of the vast majority of the family Tenuipalpidae members.

Analysis of the characters of the dorsocentral chaetome given in the works of Beard et al. (2012, 2018) showed that *Raoiella indica* is well differentiated from the vast majority of species of the genus (except *R. davis*) by the successive decrease in the length of dorsocentral setae and the long first pair of these setae. Differences between *R. indica* and *R. davis* are manifested in the following characters: the number of setae on the genu of the first and second pairs of legs, the shape of the setae *h2*, the ratio of the lengths of the proximal solenidion ω " and the tactile seta *ft*" on the tarsi of the first pair of legs. In this work, the diagnostic characters of the dorsocentral chaetome, chaetome of the dorso-posterior part of body and legs of individuals of the Dominican population of *R. indica* were studied using morphometry.

Based on a report by Beard et al. (2018) and taking into account the works of Pritchard, Baker (1958) and Mitrofanov, Strunkova (1979), a simplified key table was developed for differentiating *R. indica* from other species of the genus.

Acknowledgment. The author expresses his gratitude to the leading specialists of FGBU "VNIIEK" PhD in Biology M.K. Mironova and PhD in Biology V.N. Zhimeikin for help in carrying out this work, the staff of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences

определяющая таблица для дифференциации *R. indica* от остальных видов рода.

Благодарность. Автор выражает благодарность ведущим специалистам ФГБУ «ВНИИКР» кандидатам биологических наук М.К. Мироновой и В.Н. Жимерикину за помощь при выполнении данной работы, сотрудникам Зоологического института РАН (г. Санкт-Петербург), особенно доктору биологических наук О.Г. Овчинниковой и Г.М. Сулеймановой, за помощь в поиске некоторых редких источников.

Работа выполнена в рамках НИР по государственному заданию (НИОКТР № 5121042600339-5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайнштейн Б., 1960. Тетраниховые клещи Казахстана (с ревизией семейства). – Тр. НИИЗР. Каз. Филиал ВАСХНИЛ. Т. 5, 276 с.
2. Вайнштейн Б. Семейство Tenuipalpidae / Определитель обитающих в почве клещей Trombidiformes. – М.: Наука, 1978, с. 206.
3. Митрофанов В., Стрункова З. Определитель клещей-плоскотелок. – Душанбе: Дониш, 1979, 148 с.
4. Митрофанов В., Стрункова З., Лившиц И. Определитель тетраниховых клещей фауны СССР и сопредельных стран. – Душанбе: Дониш, 1987, 224 с.
5. Рекк Г. Фауна Закавказья. Определитель тетраниховых клещей. – Тбилиси: Изд-во АН Грузинской ССР, 1959, 152 с.
6. Baker E., Wharton G. An Introduction to Acarology. – The Macmillan Co. of New York and Toronto, 1952, 465 p.
7. Beard J., Ochoa R., Bauchan G., Pooley C., Dowling A., 2018. *Raoiella* of the world (Trombidiformes: Tetranychidae: Tenuipalpidae). – Zootaxa, 4501 (1): 1–301. URL: <https://doi.org/10.11646/ZOOTAXA.4501.1.1>.
8. Dowling A., Ochoa R., Welbourn W., Beard J., 2010. *Raoiella indica*: (Acari: Tenuipalpidae): a rapidly expanding generalist among specialist congeners. – XIII International Congress of Acarology, Recife, Brazil, 23–27 August, p. 72–73.
9. Dowling A., Ochoa R., Beard J., Welbourn W., Ueckermann E., 2012. Phylogenetic investigation of the genus *Raoiella* (Prostigmata: Tenuipalpidae): diversity, distribution, and world invasions. – Experimental and Applied Acarology, 57 (3–4): 257–269. URL: <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9483-z>.
10. Hata F., Silva J., Ventura M., Pasini A., Roggia S., 2017. First report of *Raoiella indica* (Hirst) (Acari: Tenuipalpidae) in southern Brazil. – Neotropical Entomology, 46 (3): 356–359. URL: <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0468-9>.
11. Hatzinikolis E., 1987. A Revision of Tenuipalpid Mites of Greece (Acari: Tenuipalpidae). – Entomologia Hellenica, 5 (2): 47–60.
12. Hirst S., 1924. LV. – On some new species of red spider. – Annals and Magazine of Natural History, Series 9, Vol. 14, Issue 83: 522–527.
13. Krantz G., Walter D. (eds.). A Manual of Acarology. Third Edition. – Texas Tech University Press, Lubbock, Texas, 2009, 807 p.
14. Lindquist E., 1985. External anatomy. In: Spider mites: their biology, natural enemies and (St. Petersburg), especially Advanced Doctor of Biology O.G. Ovchinnikova and G.M. Suleymanova, for help in finding some rare sources.
15. The work was carried out within the framework of research under the state order (NIOKTR No. 5121042600339-5).

REFERENCES

1. Wainstein B. Tetranychoid mites of Kazakhstan (with revision of the family). Trudy Nauchno-Issled. Inst. Zashchita Rastenii Kazakh. 1960; 5: 1–276 (in Russian).
2. Wainstein B. Family Tenuipalpidae / Определитель обитавших в почве клещей Trombidiformes [Key to soil-dwelling mites of Trombidiformes]. Moscow: Nauka, 1978, p. 206 (in Russian).
3. Mitrofanov V., Strunkova Z. Opredelitel' kleshchey-ploskotelok [Key to the flat mites]. Dushanbe: Donish, 1979, 148 p. (in Russian).
4. Mitrofanov V., Strunkova Z., Livshits I. Opredelitel' tetranikhovykh kleshchey fauny SSSR i sopredel'nykh stran (Tetranychidae, Bryobiidae) [Key to the tetranychid mites (Tetranychidae, Bryobiidae) of the fauna of the USSR and adjacent countries]. Dushanbe: Donish, 1987, 224 p. (in Russian).
5. Reck G. Fauna Zakavkaz'ya. Opredelitel' tetranikhovykh kleshchey [Fauna of TransCaucasus. A key to the tetranychoid mites]. Tbilisi: Academy of Sciences of the Georgian SSR, 1959, 152 p. (in Russian).
6. Baker E., Wharton G. An Introduction to Acarology. The Macmillan Co. of New York and Toronto, 1952, 465 p.
7. Beard J., Ochoa R., Bauchan G., Pooley C., Dowling A. *Raoiella* of the world (Trombidiformes: Tetranychidae: Tenuipalpidae). Zootaxa, 2018; 4501 (1): 1–301. URL: <https://doi.org/10.11646/ZOOTAXA.4501.1.1>.
8. Dowling A., Ochoa R., Welbourn W., Beard J. *Raoiella indica*: (Acari: Tenuipalpidae): a rapidly expanding generalist among specialist congeners. XIII International Congress of Acarology, Recife, Brazil, 23–27 August, 2010; p. 72–73.
9. Dowling A., Ochoa R., Beard J., Welbourn W., Ueckermann E. Phylogenetic investigation of the genus *Raoiella* (Prostigmata: Tenuipalpidae): diversity, distribution, and world invasions. Experimental and Applied Acarology, 2012; 57 (3–4): 257–269. URL: <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9483-z>.
10. Hata F., Silva J., Ventura M., Pasini A., Roggia S. First report of *Raoiella indica* (Hirst) (Acari: Tenuipalpidae) in southern Brazil. Neotropical Entomology, 2017; 46 (3): 356–359. URL: <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0468-9>.
11. Hatzinikolis E. A Revision of Tenuipalpid Mites of Greece (Acari: Tenuipalpidae). Entomologia Hellenica, 1987; 5 (2): 47–60.
12. Hirst S. LV. – On some new species of red spider. Annals and Magazine of Natural History, 1924; Series 9, Vol. 14, Issue 83: 522–527.
13. Krantz G., Walter D. (eds.). A Manual of Acarology. Third Edition. Texas Tech University Press, Lubbock, Texas, 2009, 807 p.

control. – Amsterdam: Elsevier Sci. Publ. B.V., 1A (1.1): 3–28.

15. Martens J., 1978. Spinnentiere, Arachnida: Weberknechte, Opiliones. In: Die Tierwelt Deutschlands. – Jena: G. Fischer Verlag, 64: 1–464.

16. Mesa N., Ochoa R., Welbourn W., Evans G., Moraes G., 2009. A catalog of the Tenuipalpidae (Acari) of the world with a key to genera. – *Zootaxa*, 2098: 1–185. URL: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2098.1.1>.

17. Mohanasundaram M., 1985. A new species of *Raoiella* (Acari: Tenuipalpidae) from Tamil Nadu. – *Indian Journal of Acarology*, 10 (1–2): 31–33.

18. Pritchard A., Baker E., 1955. A revision of the spider mite family Tetranychidae. – *Memoirs Series*, San Francisco, Pacific Coast Entomological Society, 2: 1–472.

19. Pritchard A., Baker E., 1958. The false spider mites (Acarina: Tenuipalpidae). – *University of California Publications in Entomology*, 14: 175–274.

20. Roda A., Dowling A., Welbourn C., Peña J., Rodrigues J., Hoy M., Ochoa R., Duncan R., De Chi W., 2008. Red palm mite situation in the Caribbean and Florida. – *Proceedings of the Caribbean Food Crops Society*, 44 (1): 80–87.

21. Ueckermann E., Palevsky E., Gerson U., Recht E., Theron P., 2018. The Tenuipalpidae (Acari: Trombidiformes) of Israel. – *Acarologia*, 58 (2): 483–525. URL: <https://doi.org/10.24349/acarologia/20184255>.

22. Beard J.J., Ochoa R., Baughan G.R., Trice M.D., Redford A.J., Walters T.W., Mitter C. Flat Mites of the World, Edition 2. Identification Technology Program, CPHST, PPQ, APHIS, USDA; Fort Collins, CO. 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://idtools.org/id/mites/flatmites/> (дата обращения: 10.03.2022).

23. CABI. Invasive Species Compendium, 2022 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/46792> (дата обращения: 09.03.2022).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Камаев Илья Олегович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией экологии и генетики насекомых и клещей научно-методического отдела энтомологии, ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0003-4251-4862*, e-mail: ilyakamayev@yandex.ru.

14. Lindquist E. External anatomy. In: Spider mites: their biology, natural enemies and control. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ. B.V., 1985; 1A (1.1): 3–28.

15. Martens J. Spinnentiere, Arachnida: Weberknechte, Opiliones. In: Die Tierwelt Deutschlands. Jena: G. Fischer Verlag, 1978; 64: 1–464.

16. Mesa N., Ochoa R., Welbourn W., Evans G., Moraes G. A catalog of the Tenuipalpidae (Acari) of the world with a key to genera. *Zootaxa*, 2009; 2098: 1–185. URL: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2098.1.1>.

17. Mohanasundaram M. A new species of *Raoiella* (Acari: Tenuipalpidae) from Tamil Nadu. *Indian Journal of Acarology*, 1985; 10 (1–2): 31–33.

18. Pritchard A., Baker E. A revision of the spider mite family Tetranychidae. – *Memoirs Series*, San Francisco, *Pacific Coast Entomological Society*, 1955; 2: 1–472.

19. Pritchard A., Baker E. The false spider mites (Acarina: Tenuipalpidae). *University of California Publications in Entomology*, 1958; 14: 175–274.

20. Roda A., Dowling A., Welbourn C., Peña J., Rodrigues J., Hoy M., Ochoa R., Duncan R., De Chi W. Red palm mite situation in the Caribbean and Florida. *Proceedings of the Caribbean Food Crops Society*, 2008; 44 (1): 80–87.

21. Ueckermann E., Palevsky E., Gerson U., Recht E., Theron P. The Tenuipalpidae (Acari: Trombidiformes) of Israel. *Acarologia*, 2018; 58 (2): 483–525. URL: <https://doi.org/10.24349/acarologia/20184255>.

22. Beard J.J., Ochoa R., Baughan G.R., Trice M.D., Redford A.J., Walters T.W., Mitter C. Flat Mites of the World, Edition 2. Identification Technology Program, CPHST, PPQ, APHIS, USDA; Fort Collins, CO. 2012 [Electronic resource]. URL: <http://idtools.org/id/mites/flatmites/> (last accessed: 10.03.2022).

23. CABI. Invasive Species Compendium, 2022 [Electronic resource]. URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/46792> (last accessed: 09.03.2022).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ilya Kamayev, PhD in Biology, Senior Researcher, Head of the Ecology and Genetics of Insects and Mites Laboratory of the Research and Methodological Department of Entomology of FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0000-0003-4251-4862*, e-mail: ilyakamayev@yandex.ru.