

О географических популяциях табачной белокрылки *Bemisia tabaci* Genn.

М.В. УШКОВА, младший научный сотрудник лаборатории энтомологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР»

Е.В. КОЛЕСНИКОВА, заведующая лабораторией энтомологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР»

Н.И. ЕРШОВА, ведущий агроном лаборатории энтомологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР»

Аннотация. В работе представлен обзор литературных данных по географическим популяциям табачной белокрылки *Bemisia tabaci* Genn. по результатам молекулярной диагностики. Проведено исследование морфологической изменчивости биотипов табачной белокрылки. Настоящая работа может быть использована специалистами лабораторий, осуществляющих исследования в области карантина растений, в качестве справочной информации, а также может быть использована для мониторинга популяций табачной белокрылки.

Ключевые слова. Табачная белокрылка, морфологическая идентификация, географические популяции (биотипы), клада, среднеазиатская популяция.



ВВЕДЕНИЕ

Табачная белокрылка *Bemisia tabaci* входит в список 100 опасных инвазионных видов как вредитель сельскохозяйственных культур и переносчик вирусов в современных высокоинтенсивных агроценозах открытого и закрытого грунта [18].

Имаго и личинки данного вида питаются соком флоэмы и переносят многочисленные вирусы, а также являются единственным переносчиком бегомовирусов (семейство Geminiviridae). Вредитель является широким полифагом и быстро приобретает резистентность к новым пестицидам.

Табачной белокрылке свойственна сложная структура географических морфологически неразличимых, однако различающихся биологических параметров, таких как инвазивность (способность легко акклиматизироваться в новых местах обитания), плодовитость, способность к переносу вирусов.

On geographical populations of the silverleaf whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.)

M.V. USHKOVA, Junior Researcher of the Entomology Laboratory of the LTC of FGBU "VNIICR"

E.V. KOLESNIKOVA, Head of the Entomology Laboratory of the LTC of FGBU "VNIICR"

N.I. ERSHOVA, Leading Agronomist of the Entomology Laboratory of the LTC of FGBU "VNIICR"

Abstract. The paper presents a review of literature data on geographical populations of silverleaf whitefly *Bemisia tabaci* Genn. based on the results of molecular diagnostics. The study of morphological variability of silverleaf whitefly biotypes was conducted. This work can be used by specialists of laboratories carrying out research in the field of plant quarantine, as reference information, and can also be used to monitor populations of silverleaf whitefly.

Keywords. Silverleaf whitefly, morphological identification, geographical populations (biotypes), clade, population of Central Asia.

INTRODUCTION

The silverleaf whitefly (*Bemisia tabaci*) is included in the list of 100 dangerous invasive species as a pest of agricultural crops and a vector of viruses in modern high-intensity agroecosis of open and glass-covered ground [18].

Imago and larvae of this species feed on the juice of the phloem and transmit numerous viruses, and are the only vector of begomoviruses (Geminiviridae family). The pest is highly polyphagous and quickly becomes resistant to new pesticides.

The silverleaf whitefly is characterized by a complex structure of morphologically indistinguishable geographical but biologically different parameters, such as invasiveness (ability to easily acclimatize to new habitats), fertility, ability to transmit viruses.

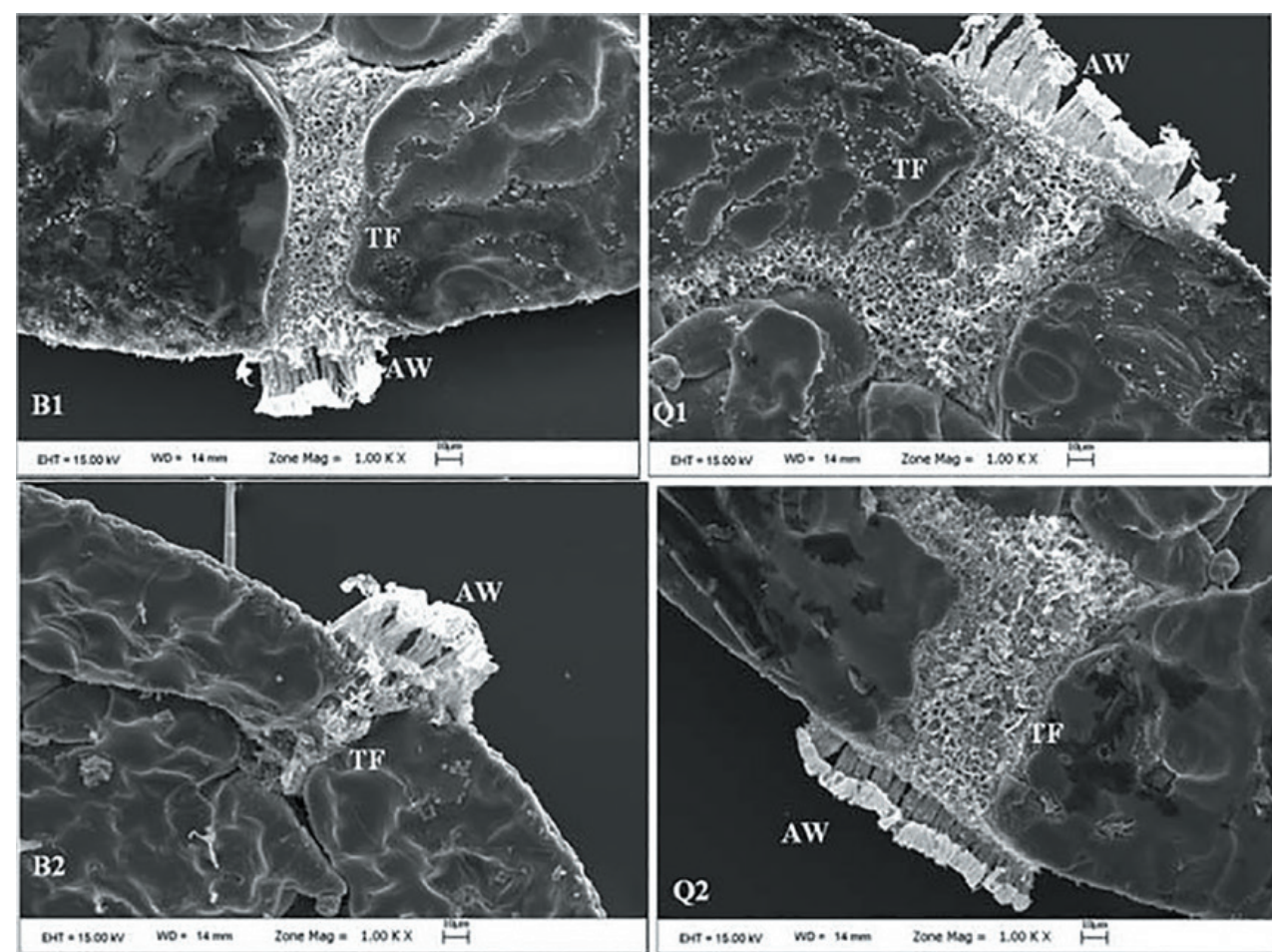


Рис. 1. Ширина восковых бахромок (AW) и ствола трахеи (TF) биотипов Q и B. Слева – передняя восковая бахромка и ствол передней трахеи биотипа B, справа – биотипа Q (фото: [14])

Fig. 1. Width of wax fringes (AW) and tracheal trunk (TF) of Q and B biotypes. On the left – anterior wax fringe and frontal trachea's trunk of B-biotype, on the right – anterior wax fringe and frontal trachea's trunk of Q-biotype (photo: [14])

В силу географической близости и перемещения через границу значительного потока людей и товарной продукции, которые способствуют распространению вредителя, особый интерес представляет исследование среднеазиатской популяции табачной белокрылки, как самой северной азиатской популяции в открытом грунте.

КРАТКИЙ ОЧЕРК СТРУКТУРЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ ТАБАЧНОЙ БЕЛОКРЫЛКИ *BEMISIA TABACI*

Морфология псевдопупария *Bemisia tabaci* чрезвычайно вариабельна и в наибольшей степени зависит от растения-хозяина, в частности, от опушенности его листьев. В результате вид, диагностика которого проводится по морфологическим признакам псевдопупария, был описан под многочисленными синонимами, пока не были установлены стабильные диагностические признаки, позволяющие проводить точную идентификацию *Bemisia tabaci* [20].

До 1985 года табачная белокрылка считалась второстепенным вредителем сельскохозяйственных культур, но в середине 1980-х гг. появились первые сообщения о новом инвазивном биотипе *Bemisia tabaci*, биотипе В (в настоящее время принято наименование Middle East-Asia Minor 1 species, или MEAM1). Инвазивный биотип В морфологически не отличался от местного североамериканского

Due to geographical proximity and the cross-border movement of a significant flow of people and commodities that contribute to the spread of the pest, the study of the Central Asian population of silverleaf whitefly, as the northernmost Asian population in the open ground, is of particular interest.

A BRIEF OUTLINE OF THE GEOGRAPHICAL POPULATION STRUCTURE OF SILVERLEAF WHITEFLY (*BEMISIA TABACI*)

The morphology of pseudopupa of *Bemisia tabaci* is extremely variable and is most dependent on the host plant, in particular on the pubescence of its leaves. As a result, the species which is diagnosed on the morphological character of pseudopupa, has been described under numerous synonyms until stable diagnostic features have been established that allow accurate identification of *Bemisia tabaci* [20].

Until 1985, the silverleaf whitefly was considered a secondary pest of crops, but in the mid-1980s, the first reports of a new invasive biotype of *Bemisia tabaci*, B-biotype (now Middle East-Asia Minor 1 species, or MEAM1), appeared. The invasive B-biotype did not

биотипа А, но был более широким полифагом, например, заселял пуансеттию, которая не привлекала местную популяцию (биотип А), имел вдвое более высокую плодovitость, вызывал эффект «серебристой окраски» листьев тыквенных и являлся переносчиком бегомовирусов на овощных и технических культурах [13]. Позднее в США был выявлен другой инвазивный биотип – биотип Q (Mediterranean, MED), который также не отличался морфологически от аборигенного североамериканского биотипа А, но обнаружил высокую устойчивость к широкому кругу пестицидов [15].

Для идентификации морфологически неразличимых биотипов наиболее надежным молекулярным маркером оказалась последовательность цитохромоксидазы mtCOI, которая позволяла выявлять наибольшую нуклеотидную дивергенцию между популяциями и внутри них [17]. Проведенные впоследствии многочисленные генетические исследования географических популяций табачной белокрылки и филогенетический анализ сходства выявленных гаплотипов позволили определить происхождение инвазивных биотипов В и Q. Биотип В (MEAM1) был родственен популяциям из пустыни на северо-востоке Африки, Ближнего Востока и Аравийского полуострова, тогда как Q (MED) был близок к популяциям Сахары и к югу от Сахары [12, 17]. Инвазивные биотипы В и Q сейчас рассматривают как криптические виды (виды-двойники) [18].

Результаты многочисленных исследований биотипов/популяций были обобщены в обзорах Де Барро и др. [16, 17]. Идентификация различными молекулярными методами дала в общих чертах близкие результаты и показала существование устойчивых филогеографических группировок из биотипов/популяций, образующих несколько основных клад, связанных внутри них единством происхождения. Клады расходятся друг от друга почти на одинаковые расстояния (дивергенция клад на ~10%). Исходя из стандартной для митохондриальной ДНК оценки уровня мутаций 2-5% за 1 миллион лет, мы можем сделать вывод, что основные филогенетические (или филогеографические) клады разделились миллионы лет назад [13].

Собранный исследователями массив данных по ДНК популяций табачной белокрылки часто не сопровождался данными о биологических характеристиках географических популяций (полифагии, плодovitости при скрещивании с другими биотипами и т.п.), поэтому разделение на биотипы было проведено преимущественно по степени нуклеотидной дивергенции и географическому происхождению.

Исследователи выделили 34 морфологически неразличимых вида/биотипа на основании как минимум 3,5% нуклеотидной дивергенции mtCOI [20]. Большинство биотипов, для которых биологические характеристики были изучены, имели узкий круг растений-хозяев, ограниченное распространение и слабую инвазивность [15].

Наиболее подробно исследованы космополитические биотипы Q и В, явно связанные с международной торговлей посадочным материалом, горшечными растениями и срезкой цветов.

Группа биотипов Q была разделена на две родственные генетические группы: из Восточного Средиземноморья и из Западного Средиземноморья [19].

morphologically differ from the local North American A-biotype, but was a wider polyphage, for example, it colonized Poinsettia, which did not attract the local population (A-biotype), had twice higher fertility, caused the effect of “silver coloration” of pumpkin leaves and was a vector of Begomovirus on vegetable and industrial crops [13]. Later another invasive biotype, Q-biotype (Mediterranean, MED), was identified in the USA, and it did not differ morphologically from the indigenous North American A-biotype, but showed high resistance to a wide range of pesticides [15].

In order to identify morphologically indistinguishable biotypes, the most reliable molecular marker was the sequence of mitochondrial cytochrome oxidase I (mtCOI), which allowed identifying the largest nucleotide divergence between and within populations [17]. Numerous genetic studies of the geographical populations of silverleaf whitefly and phylogenetic analysis of the similarity of the haplotypes identified subsequently made it possible to determine the origin of invasive B and Q biotypes. B-biotype (MEAM1) was related to populations from the desert in northeastern Africa, the Middle East and the Arabian Peninsula, while Q (MED) was close to populations from the Sahara and sub-Saharan Africa [12, 17]. The invasive B and Q biotypes are now considered as cryptic species (sibling species) [18].

The results of numerous biotype/population studies have been summarized in the reviews of De Barro et al. [16, 17]. Identification by different molecular methods gave generally similar results and showed the existence of stable phylogeographic groups of biotypes/populations forming several main clades connected with-in them by unity of origin. The clades differ from each other by almost equal distances (divergence of clades by ~10%). Based on the standard estimate of the mutation level of 2-5% within 1 million years for mitochondrial DNA, we can conclude that the main phylogenetic (or phyllogeographic) clades were separated millions of years ago [13].

The data set collected by researchers on DNA of silverleaf whitefly populations was often not accompanied by data on biological characteristics of geographical populations (polyphagia, fecundity when crossed with other biotypes, etc.), so the division into biotypes was carried out mainly by the degree of nucleotide divergence and geographical origin.

The researchers identified 34 morphologically indistinguishable species/biotypes based on at least 3.5% nucleotide divergence of mtCOI [20]. Most of the biotypes for which biological characteristics were studied had a narrow host plant circle, limited distribution and low invasiveness [15].

Cosmopolitan biotypes Q and B, clearly associated with international trade in planting material, potted plants and cut flowers, have been studied in most detail.

The group of Q-biotypes was divided into two related genetic groups: from the Eastern Mediterranean and from the Western Mediterranean [19].

B-biotype formed a monophyletic group with a high penetration rate of genes from related populations, which was associated with a high level of new genetic material intake in international trade in flowers and potted plants.

Биотип В образовал монофилетическую группу с высокой частотой проникновения генов из родственных популяций, что связали с высоким уровнем поступления нового генетического материала при международной торговле цветами и горшечными растениями.

После исследования степени сходства между биотипами установлены другие монофилетические клады – из Испании и Западной Африки, Италии, Карибских островов.

Для некоторых популяций/биотипов не удалось установить связь с какими-либо ранее описанными кладами.

Самое большое разнообразие гаплотипов/биотипов было описано в Китае [10].

К аналогичным выводам пришли Де Барро и соавторы [16, 17], которые сделали вывод, что существует шесть основных «рас» (биотипов): Азия; Бали; Австралия; территория к югу от Сахары; Средиземноморье, Малая Азия, Африка; Америка, а также многочисленные популяции из азиатских регионов без четкой связи с какими-либо группами (расами).

По последним данным предполагается существование 11 рас, или групп [18], различные авторы не придерживаются единой терминологии.

Исследование структуры географических популяций *Bemisia tabaci* в Китае и Индии показало наличие 8 биотипов, которые принадлежали к двум основным аборигенным азиатским подгруппам (I, II). От общего массива азиатских биотипов заметно отличался биотип К в Пакистане, который характеризуется высокой плодovitостью, устойчивостью к пестицидам, массовым размножением и способностью к распространению вирусов на хлопчатнике [11].

Таким образом, географическая популяция *Bemisia tabaci* на юго-востоке Азиатского континента состоит преимущественно из многочисленных аборигенных, различающихся генетически биотипов. Предполагается, что этот регион являлся важным центром диверсификации в Старом Свете для формирования комплекса биотипов *Bemisia tabaci* [10].

ВОЗМОЖНОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ БИОТИПОВ ТАБАЧНОЙ БЕЛОКРЫЛКИ

В последние годы накапливается все больше данных по отсутствию плодovitого потомства табачной белокрылки в результате скрещивания биотипов, поэтому биотипы все чаще трактуются как криптические виды, виды-двойники [18].

Виды-двойники обычно обнаруживают минимальные морфологические различия, которые могут быть использованы для диагностики и мониторинга.

Чтобы найти устойчивые диагностические признаки для разграничения биотипов табачной белокрылки, в США исследовали 137 популяций со всего мира по таким морфологическим признакам, как фронтальные щетинки, передние и каудальные восковые бахромки, дорсальные щетинки, ширина ствола передней трахеи, задние субмаргинальные щетинки, каудальные щетинки. Специалисты пришли к выводу, что исследованные морфологические признаки не позволяют идентифицировать инвазивные биотипы В и Q, т.к. они специфичны

Other monophyletic clades – from Spain and West Africa, Italy, the Caribbean Islands – have been identified after a study of the degree of similarity between the biotypes.

For some populations/biotypes, it was not possible to establish a link with any of the previously described clades.

The largest variety of haplotypes/biotypes has been described in China [10].

Similar conclusions were drawn by De Barro and co-authors [16, 17], who concluded that there are six major “races” (biotypes): Asia; Bali; Australia; sub-Saharan Africa; the Mediterranean, Asia Minor, Africa; and America, as well as numerous populations from Asian regions with no clear association with any groups (races).

According to the latest data, 11 races, or groups, are supposed to exist [18], different authors do not follow the same terminology.

A study of the geographical population structure of *Bemisia tabaci* in China and India revealed the presence of 8 biotypes that belonged to two major aboriginal Asian subgroups (I, II). From the total array of Asian biotypes, the K-biotype in Pakistan differed significantly. It was characterized by high fertility, resistance to pesticides, mass reproduction and the ability to spread viruses on cotton plant [11].

Thus, the geographical population of *Bemisia tabaci* in southeast Asia consists mainly of numerous aboriginal, genetically distinct biotypes. It is assumed that this region was an important center of diversification in the Old World for formation of biotype complex of *Bemisia tabaci* [10].

THE POSSIBILITY OF MORPHOLOGICAL IDENTIFICATION OF BIOTYPES OF SILVERLEAF WHITEFLY

In recent years, more and more data have been accumulated on the absence of the fertile offspring of silverleaf whitefly as a result of cross-breeding of biotypes, therefore, biotypes are increasingly treated as cryptic species, sibling species [18].

Sibling species usually detect minimal morphological differences that can be used for diagnosis and monitoring.

In order to find stable diagnostic characters to differentiate biotypes of silverleaf whitefly, 137 populations from around the world were studied in the United States for morphological features such as frontal setae, anterior and caudal wax fringes, dorsal bristles, width of the frontal trachea’s trunk, posterior submarginal bristles, caudal bristles. Specialists concluded that studied morphological features do not allow identifying invasive B and Q biotypes, as they are specific to a given geographical population, but do not retain specificity to the biotype in other regions [21].

Subsequent studies have confirmed that within geographical regions, B and Q biotypes show persistent differences.

Morphological differences between Q and B biotypes, such as: anterior submarginal bristles, length of posterior submarginal bristles, length and width of

для данной географической популяции, но не сохраняют специфичность для биотипа в других регионах [21].

Последующие исследования подтвердили, что внутри географических регионов биотипы В и Q обнаруживают устойчивые различия.

В Турции исследовали морфологические различия между биотипами Q и В, такие как: передние субмаргинальные щетинки, длина задних субмаргинальных щетинок, длина и ширина передних и задних восковых бахромок, длина дорсальных щетинок, длина каудальных щетинок и ширина ствола передней трахеи.

Для разграничения двух биотипов наиболее значимыми оказались такие признаки, как ширина передних восковых бахромок и ствола трахеи. Восковые бахромы биотипа Q и ствол трахеи оказались значительно шире, чем данные параметры биотипа В [23].

Измерение длины псевдопупария, а также длины и ширины передних восковых бахромок, формы входной камеры и ствола передней трахеи у псевдопупариев шести биотипов табачной белокрылки в Китае показало, что длина псевдопупария инвазивных биотипов была больше, чем аборигенных, а передние восковые бахромы биотипа В были достоверно шире, чем у биотипа Q [24].

Данные по турецким и китайским популяциям табачной белокрылки подтверждают [21] неприменимость изученных морфологических признаков в качестве диагностических для идентификации биотипов, происходящих из разных географических популяций.

Вместе с тем полученные результаты показывают возможность использования таких признаков, как ширина трахейного ствола и передних восковых бахромок для мониторинга биотипов табачной белокрылки на данной территории, а при появлении в популяции особей с заметно отличающимися размерами псевдопупария или другой шириной передних восковых бахромок или трахейного ствола предполагают использование молекулярной идентификации для выявления потенциальных инвазивных биотипов.

Таким образом, к настоящему времени установлено существование множества географических популяций табачной белокрылки, различающихся не только по молекулярным характеристикам, но и по морфологическим микропризнакам, но вместе с тем собрано очень мало данных по биологическим характеристикам отдельных географических популяций (биотипов) и связанному с ними потенциальному фитосанитарному риску.

В данном исследовании мы собрали и проанализировали литературные данные по среднеазиатской популяции табачной белокрылки и дополнили их собственными результатами по зимовке табачной белокрылки в открытом грунте, путях распространения и морфологических признаках псевдопупария.

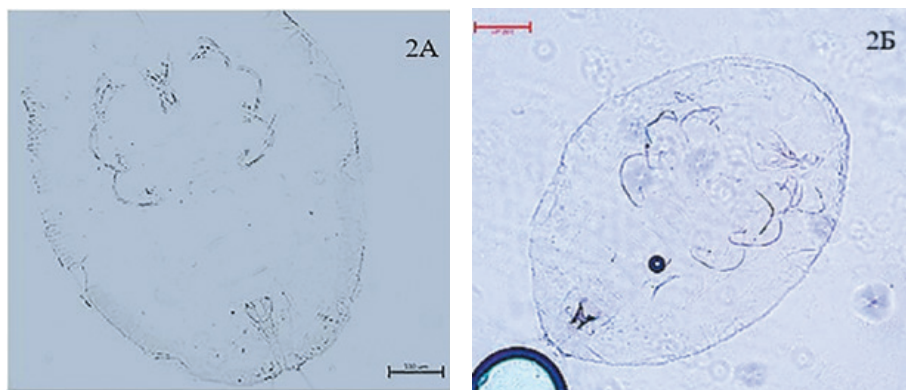


Рис. 2. Форма псевдопупариев табачной белокрылки (Узбекистан): а – огурец; б – гибискус (фото М.В. Ушковой)

Fig. 2. The form of silverleaf whitefly's pseudopupa (Uzbekistan): a – cucumber; б – hibiscus (photo by M.V. Ushkova)

anterior and posterior wax fringes, length of dorsal bristles, length of caudal bristles and width of the frontal trachea's trunk were investigated in Turkey.

The most important features for distinguishing between the two biotypes were the width of the anterior wax fringes and the trachea's trunk. Wax fringes of Q-biotype and tracheal trunk appeared to be much wider than these parameters of B-biotype [23].

Measuring the length of pseudopupa as well as the length and width of the anterior wax fringes, the form of chamber and trunk of the pseudopupae's frontal trachea of silverleaf whitefly's six biotypes in China showed that the length of pseudopupa of invasive biotypes was longer than that of aboriginal biotypes and the anterior wax fringes of B-biotype were significantly wider than those of Q-biotype [24].

Data on Turkish and Chinese populations of silverleaf whitefly confirm [21] that the studied morphological features are not applicable as diagnostic ones for identification of biotypes originating from different geographical populations.

At the same time, the obtained results show the possibility of using such features as the width of the tracheal trunk and the anterior wax fringes for monitoring biotypes of silverleaf whitefly in a given territory, and in case of individuals with significantly different sizes of pseudopupa or other width of the anterior wax fringes or tracheal trunk in the population, the use of molecular identification for detection of potential invasive biotypes is assumed.

Thus, to date, it has been established that there are many geographical populations of silverleaf whitefly that differ not only in molecular characteristics, but also in morphological micro traits, but also very little data are collected on the biological characteristics of individual geographical populations (biotypes) and the associated potential phytosanitary risks.

In this study, we collected and analyzed literature data on the Central Asian population of silverleaf whitefly and supplemented it with our own results on silverleaf whitefly overwintering in the open ground, distribution pathways and morphological features of pseudopupa.

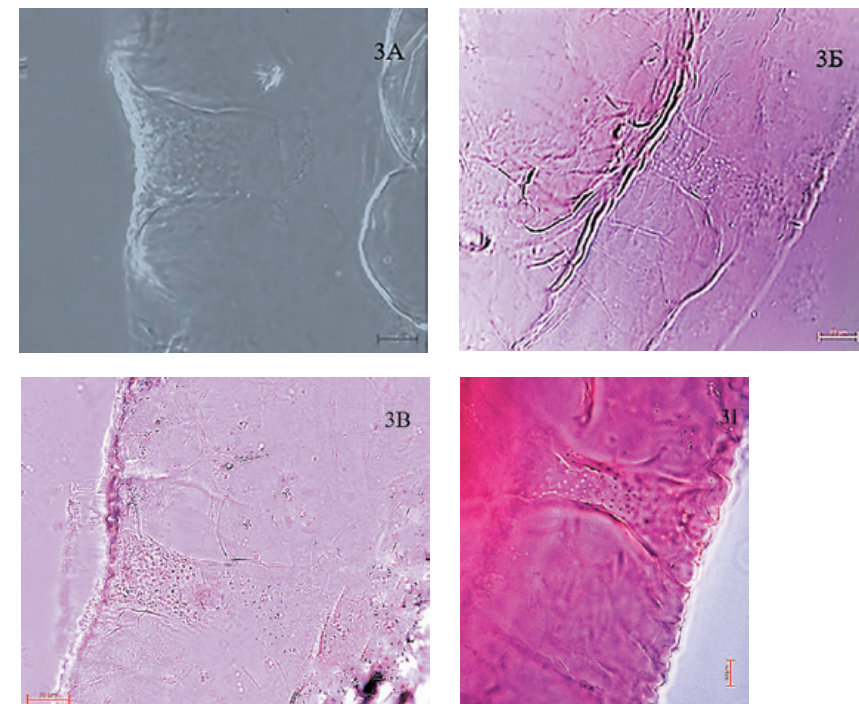


Рис. 3. Ширина стволов трахей табачной белокрылки: а – огурец; б – гибискус (Узбекистан); в – тимьян (Израиль); г – хлопчатник (Туркмения, препарат из лабораторной коллекции) (фото М.В. Ушковой)

Fig. 3. Width of tracheal trunk of silverleaf whitefly: a – cucumber; б – hibiscus (Uzbekistan); в – thyme (Israel); г – cotton plant (Turkmenistan, a specimen from the laboratory collection) (photo by M.V. Ushkova)

СРЕДНЕАЗИАТСКАЯ ПОПУЛЯЦИЯ ТАБАЧНОЙ БЕЛОКРЫЛКИ. ИСТОРИЯ И ПУТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТАБАЧНОЙ БЕЛОКРЫЛКИ В СРЕДНЕЙ АЗИИ

Табачная белокрылка была впервые обнаружена в Туркмении в 1988 г. в большой численности на хлопчатнике в Ашхабадском и Бахарденском районах и в Узбекистане в Хорезмской и Бухарской областях [2]. К 1993 г. вредитель полностью заселил основные зоны хлопкосеяния Туркмении и Узбекистана и всю территорию Каракалпакии [3].

Bemisia tabaci была обнаружена в Таджикистане в 1994 году и к 1998 году стала опасным вредителем в южном Таджикистане. На хлопчатнике развиваются два вида белокрылок – табачная и тепличная, но после 2000 г. численность табачной белокрылки стала превышать экономический порог вредоносности со второй половины лета и до поздней осени [5, 8]. В Западном Памире табачная белокрылка присутствует, но не является массовым вредителем [4].

В 2015 г. табачная белокрылка была указана как обычный вредитель растений открытого грунта в Южной Киргизии [22].

История распространения вредителя показывает, что среднеазиатская популяция *Bemisia tabaci* относится к высокоинвазивному типу. За 5 лет, несмотря на принятые карантинные меры, была полностью заселена Туркмения, Узбекистан, несколько позднее Таджикистан и Киргизия, где белокрылка остается массовым видом с высокой численностью на хлопчатнике и овощных культурах закрытого и открытого грунта.

Пути распространения белокрылки включали как самостоятельный разлет насекомых из очагов, так и распространение с автотранспортом, но

CENTRAL ASIAN POPULATION OF SILVERLEAF WHITEFLY. HISTORY AND DISTRIBUTION PATHWAYS OF SILVERLEAF WHITEFLY IN CENTRAL ASIA

The silverleaf whitefly was first discovered in Turkmenistan in 1988 in large numbers on cotton plant in Ashgabat and Bakharden regions and in Uzbekistan in Khorezm and Bukhara regions [2]. By 1993 the pest had completely infested the main cotton-growing zones of Turkmenistan and Uzbekistan and the whole territory of Karakalpakstan [3].

Bemisia tabaci was found in Tajikistan in 1994 and by 1998 had become a harmful pest in southern Tajikistan. Two species of whiteflies – silverleaf and greenhouse – develop on cotton plant, but after 2000 the number of silverleaf whiteflies began to exceed the economic pest levels from the second half of summer to late autumn [5, 8]. The silverleaf whitefly is present but not a mass pest in the Western Pamirs [4].

In 2015, the silverleaf whitefly was listed as a common pest of open ground plants in South Kyrgyzstan [22].

The pest distribution history shows that the Central Asian population of *Bemisia tabaci* belongs to the highly invasive type.

During 5 years, despite the quarantine measures taken, it was completely inhabited by Turkmenistan, Uzbekistan, a little later Tajikistan and Kirghizia, where whitefly remains a mass species with high abundance on cotton and vegetable crops of open and glass-covered ground.

Whitefly distribution pathways included both insect flying from outbreaks and distribution with vehicles, but the main distribution pathway, according to our data, was trade in seedlings of flower crops and vegetables, which were grown in polytunnels and shelters in the private sector.

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SILVERLEAF WHITEFLY IN TURKMENISAN

Depending on the weather conditions, silverleaf whitefly develop in Turkmenistan in 5-7 generations, of which 3-5 develop on cotton plant. This is much less than in the southern tropical cotton-growing zones, where up to 9 generations develop on cotton plant. Fertility was also low, reaching 70 eggs per female on cotton [3]. The silverleaf whiteflies are characterized by seasonal migration between cultures. In spring, before cotton, it develops on cucurbits, nightshade and cocklebur. Tomatoes are often already inhabited by whiteflies when setting out plants from greenhouses in the open ground. Initially, the pest population on plants is low, on average 0.02-0.22 larvae per plant. Then, during the month, in mid-July, a sharp increase in pest population

Основные растения –
 хозяева табачной белокрылки
 в Средней Азии

Республика	Предпочитаемые растения	Источник
Киргизия	Хлопчатник, табак, томаты, дыня	[22]
Таджикистан	Хлопчатник, огурцы, тыквенные	[29]
Туркмения	Хлопчатник, дыня, баклажан, бруссонетия, гибискус, паслен, дурнишник	[6, 7]
Узбекистан	Хлопчатник, огурцы, помидоры, гибискус, бахчевые и капуста	Ершова, неопубл.

основным путем распространения, по нашим дан-ным, была торговля рассадой цветочных культур и овощей, которую выращивали в пленочных тепли-цах и укрытиях в частном секторе.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
 ХЛОПКОВОЙ БЕЛОКРЫЛКИ
 В ТУРКМЕНИИ

В зависимости от погодных условий хлопковая белокрылка развивается в Туркмении в 5-7 поко-лениях, из которых 3-5 проходят на хлопчатнике. Это значительно меньше, чем в южных тропи-ческих зонах хлопкосеяния, где на хлопчатнике развивается до 9 поколений. Плодовитость также была невысокой, достигая на хлопчатнике 70 яиц на самку [3]. Для хлопковой белокрылки характер-на сезонная миграция между культурами. Весной, перед заселением хлопчатника, она развивается на бахчевых культурах, паслене, дурнишнике. Рас-сада томатов зачастую бывает уже заселена бело-крылкой при высаживании из теплиц в открытый грунт. Первоначально численность вредителя на растениях невысокая, в среднем 0,02-0,22 личинки на растение. Далее, в течение месяца, в середине июля, наблюдается резкое увеличение численно-сти вредителя, достигающей максимума в конце августа – начале сентября. В годы массового раз-множения плотность популяции к осени доходила до 4240 имаго и 24000 личинок и псевдопупариев на растение, а в отдельных случаях до 100000 экз., т.е. до 100 особей на квадратный сантиметр листо-вой поверхности. После дефолиации хлопчатника *Bemisia tabaci* дает еще одно поколение в сентябре – октябре на поздней капусте, дыне, люцерне, пасле-не, дурнишнике [3].

В конце мая – начале июня различные овощные культуры, а также хлопчатник заселяла тепличная белокрылка *Trialeurodes vaporariorum*. В дальнейшем она постепенно вытеснялась хлопковой белокрыл-кой, которая в августе – начале сентября достигала высоких уровней численности, от 50 до 160 личинок и псевдопупариев на квадратный сантиметр. Ино-гда оба вида белокрылок образовывали смешанные колонии с преобладанием хлопковой белокрылки.

was observed, reaching its maximum in late August – early September. In years of mass reproduction, the population density by autumn reached 4,240 adults and 24,000 larvae and pseudopupae per plant, and in some cases up to 100,000 specimens, i.e. 100 individ-uals per square centimeter of leaf surface. After defoli-ation of cotton, *Bemisia tabaci* gives another generation in September-October on late cabbage, melon, alfalfa, nightshade, cocklebur [3].

In late May – early June various vegetable crops as well as cotton were inhabited by greenhouse white-fly *Trialeurodes vaporariorum*. Later it was gradually re-placed by the silverleaf whitefly, which reached high population levels of 50 to 160 larvae and pseudopu-pae per square centimetre in August and early Sep-tember. Sometimes both species of whiteflies formed mixed colonies dominated by silverleaf whitefly. In the Mary region, silverleaf whitefly completely displaced the greenhouse whitefly on all crops of open and glass-covered ground [3].

Silverleaf whitefly hibernates in the pseudopu-pa stage on fallen leaves or on the leaves of evergreen plants. According to our observations, leaves of the main host plants of whiteflies – plants from the families of melons and gourds and nightshades – are not preserved on the soil until spring and pseudopupa on the destroyed leaves die. Fallen leaves of *Rosa canina* are rolled up in a tube and on their inner surface pseudopupa of silverleaf whitefly successfully hibernates until spring. Thus, in experiments conducted in 1991, according to our data, 11 (about 1%) out of 1,174 pseudopupae survived on 100 leaves of *Rosa canina* until March. In the literature we have data on natural micropopulations of *Bemisia ta-baci* in mountain gorges [8]. The basic mass of the hiber-nating population of sprilverleaf whitefly is preserved in winter on plants in greenhouses and under polytunnel shelters in private households [3].

SPREAD OF THE VIRUSES

According to field observations confirmed by laboratory studies, the effective vector of Tomato leaf curl virus is

Main host plants of silverleaf whitefly
 in Central Asia

Republic	Preferred plants	Source
Kyrgyzstan	Cotton plant, tobacco, tomato, melon	[22]
Tajikistan	Cotton plant, cucumber, Cucurbitaceae (cucurbits)	[29]
Turkmenistan	Cotton plant, melon, eggplant, paper mulberry, hibiscus, nightshade, cocklebur	[6, 7]
Uzbekistan	Cotton plant, cucumber, tomato, hibiscus, melons and gourds, cabbage	Ershova, unpub-lished

В Марыйской области хлопковая белокрылка пол-ностью вытеснила тепличную на всех культурах от-крытого и закрытого грунта [3].

Табачная белокрылка зимует в стадии псев-допупария на опавших листьях или на листьях вечнозеленых растений. По нашим наблюдениям, листья основных хозяев белокрылки – растений из семейств бахчевых и пасленовых – не сохраняются на почве до весны и псевдопупарии на разрушен-ных листьях погибают. Опавшие листья розы (*Rosa canina*) сворачиваются в трубочку и на их внутренней поверхности до весны псевдопупарии табачной бе-локрылки успешно зимуют. Так, в опытах, проведен-ных в 1991 году, по нашим данным, до марта месяца из 1174 псевдопупариев на 100 листьях розы выжи-ло 11 (около 1%). В литературе имеются сведения о природных микропопуляциях *Bemisia tabaci* в гор-ных ущельях [8]. Основная масса зимующей попу-ляции табачной белокрылки сохраняется зимой на растениях в теплицах и под пленочными укрытиями в частных хозяйствах [3].

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВИРУСОВ

По данным полевых наблюдений, подтвержденных лабораторными исследованиями, эффективным пе-реносчиком хлоротической курчавости листьев то-мата (Tomato leaf curl virus) является тепличная, а не хлопковая белокрылка [1]. На хлопчатнике заболева-ний и гибели растений из-за поражения вирусной инфекцией в очагах табачной белокрылки не отме-чено [3]. Размножение *Bemisia tabaci* на хлопчатнике в Таджикистане не сопровождалось распростране-нием вирусных заболеваний [4, 5]. При маршрутных исследованиях в Узбекистане мы также не отмечали симптомов вирусных заболеваний на растениях, за-селенных табачной белокрылкой.

УСТОЙЧИВОСТЬ К ПЕСТИЦИДАМ

Результаты исследований выявили в ашхабадской популяции уровень резистентности 416Х к Би-58 (диметоат), уровень резистентности 63Х – к данито-лу (фенпропатрин) и 47.5Х – к сумицидину (фенва-лерат). Эти результаты свидетельствует о развитии перекрестной резистентности к фосфорорганиче-ским и пиретроидным инсектицидам и объясня-ют низкую эффективность пиретроидов в опытах 1989 г. и полное отсутствие эффективности Би-58 и фозалона (фосфорорганических инсектицидов). Некоторые популяции табачной белокрылки были чувствительны к инсектицидам, значения СК (смер-тельной концентрации) для них находятся в преде-лах 0,00012-0,00020 по д.в. [3].

Таким образом, в среднеазиатской популяции табачной белокрылки наблюдается быстрое форми-рование высокого уровня устойчивости к пестицидам.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
 СТРОЕНИЯ ПСЕВДОПУПАРИЕВ
 И ВОСКОВЫХ КАНАЛЬЦЕВ
 СРЕДНЕАЗИАТСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ
 ТАБАЧНОЙ БЕЛОКРЫЛКИ

Мы проводили фотографирование псевдопупариев табачной белокрылки в лаборатории Всероссийско-го центра карантина растений посредством аппа-ратного комплекса на базе микроскопа Axio Imager A2 при фазовом контрасте микропрепаратов окра-шенных фуксином псевдопупариев белокрылки,

the greenhouse, not silverleaf whitefly [1]. Diseases and plant deaths due to viral infection in foci of silverleaf whitefly have not been observed on cotton plant [3]. Re- production of *Bemisia tabaci* on cotton in Tajikistan was not accompanied by the spread of viral diseases [4, 5]. During the pathway studies in Uzbekistan we also did not observe any symptoms of viral diseases on plants attacked by silverleaf whitefly.

RESISTANCE TO PESTICIDES

The results of the research revealed the level of re- sistance in the Ashgabat population of 416X to Bi-58 (dimethoate), the level of resistance of 63X to danitol (Fenpropathrin) and 47.5X to sumicidin (fenvalerate). These results indicate the development of cross-resis- tance to organophosphorus and pyrethroid insecticides and explain the low efficiency of pyrethroids in the ex- periments of 1989 and the complete lack of efficien- cy of Bi-58 and phosalone (organophosphorus insecc- icides). Some populations of silverleaf whitefly were sensitive to insecticides, their values of lethal concen- tration are in the range 0.00012-0.00020 on primary nutrient basis [3].

Thus, in the Central Asian population of silverleaf whitefly there is a rapid formation of a high level of re- sistance to pesticides.

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS
 OF THE STRUCTURE OF PSEUDOPUPAE
 AND WAX TUBULES OF THE CENTRAL
 ASIAN POPULATION
 OF SILVERLEAF WHITEFLY

We photographed pseudopupae of silverleaf whitefly in the laboratory of the All-Russian Plant Quarantine Cen- ter by means of a hardware complex based on the Axio Imager A2 microscope at phase contrast of microslides of pseudopupae of whitefly coloured with fuchsine, col- lected on cucumber leaves (leaves with lint) and hi- biscus leaves (leaves are smooth) with magnification 200x (general form of pseudopupa) (Fig. 2 a, б) and 400x (tracheal trunks) (Fig. 3 a, б, в, г) to investigate and measure the width of the anterior tracheal trunk. The width of the anterior trunk of the trachea was mea- sured using a micrometer eyepiece. In the study, 15 pseudopupae from hibiscus and cucumber plants (Uz- bekistan, Tashkent), thyme (Israel, laboratory collec- tion) and cotton (Turkmenistan, laboratory collection) were used.

RESULTS AND DISCUSSION

The form of a pseudopupa. The edges of a pseudopupa of silverleaf whitefly on a cucumber leaf were curved, with noticeable festoons (Fig. 2 a). The edges of pseudopupa on hibiscus leaves were smooth, with small crenations (Fig. 2 б).

Thus, the structure of the pseudopupa’s edge of the silverleaf whitefly was not a stable morphological diag- nostic feature for the geographical population.

Tracheal trunks. The absence of anterior wax fringes was typical for the Uzbek pseudopupae of sil- verleaf whitefly collected on hibiscus and cucumber leaves (Fig. 3 a, б), and for the Turkmen pseudopupae

собранных на листьях огурца (листья с ворсинками) и листьях гибискуса (листья гладкие) с увеличением 200х (общая форма псевдопупария) (рис. 2 а, б) и 400х (стволы трахеи) (рис. 3 а, б, в, г) для исследования и измерения ширины переднего ствола трахеи. Измерение ширины переднего ствола трахеи проводили с помощью окуляр-микрометра. В исследовании было использовано по 15 псевдопупариев с растений гибискуса и огурца (Узбекистан, г. Ташкент), тимьяна (Израиль, лабораторная коллекция) и хлопчатника (Туркмения, лабораторная коллекция).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Форма псевдопупария. Края псевдопупария табачной белокрылки на листе огурца были извилистыми, с заметными фестонами (рис. 2 а). Края псевдопупария на листьях гибискуса были гладкими, с мелкой городчатостью (рис. 2 б).

Таким образом, строение края псевдопупария табачной белокрылки не было стабильным морфологическим диагностическим признаком для географической популяции.

Стволы трахей. Для узбекских псевдопупариев табачной белокрылки, собранных на листьях гибискуса и огурцов (рис. 3 а, б), и для туркменских псевдопупариев, собранных с листьев хлопчатника (рис. 3 г), было характерно отсутствие передней восковой бахромы. Псевдопупарии характеризовались широкими стволами трахей. Между псевдопупариями, собранными на листьях огурца в теплице и листьях гибискуса в открытом грунте, статистически достоверных различий по ширине стволов трахей не обнаружено (72,5 мкм и 65 мкм соответственно). Для псевдопупариев, собранных на листьях тимьяна из Израиля (рис. 3 в), было характерно наличие передней восковой бахромки и более узкие стволы передних трахей, 48,8 мкм.

Таким образом, ширина ствола трахеи представляется относительно устойчивой характеристикой псевдопупария табачной белокрылки, хотя наши предварительные выводы требуют подтверждения дополнительными исследованиями. Полученные результаты, свидетельствующие о стабильности ширины стволов передней трахеи, для географической популяции/биотипа соответствуют выводам специалистов, исследовавших аналогичный показатель в Турции [22] и в Китае [23]. Также стволы трахей характеризуются однотипной формой входной камеры ствола трахеи и крупной грануляцией стенок ствола. При дальнейшем подтверждении стабильности данного комплекса признаков его можно использовать как экономически выгодный и практически применимый метод мониторинга инвазий табачной белокрылки в новые местообитания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировав результаты исследований по биологии и распространению табачной белокрылки в Средней Азии, мы можем прийти к выводу, что среднеазиатская популяция табачной белокрылки *Bemisia tabaci* характеризуется следующими биологическими особенностями:

- устойчивость к низким температурам при зимовке;
- не отмечена как переносчик вирусов растений;
- низкая плодовитость;

collected from cotton leaves (Fig. 3 r). Pseudopupae were characterized by wide tracheal trunks. No statistically reliable differences in width of tracheal trunks were found between pseudopupae collected on cucumber leaves in a greenhouse and hibiscus leaves in the open ground (72.5 μm and 65 μm respectively). Pseudopupae collected on thyme leaves from Israel (Fig. 3 в) were characterized by anterior wax fringes and narrower trunks of the anterior trachea, 48.8 μm.

Thus, the width of tracheal trunk appears to be a relatively stable characteristic of the pseudopupa of the silverleaf whitefly, although our preliminary findings require confirmation by additional studies. The results obtained indicating stability in the width of the anterior trachea's trunk for the geographical population/biotype correspond to the findings of specialists who have studied a similar indicator in Turkey [22] and China [23]. Also, tracheal trunks are characterized by the same form of chamber of tracheal trunk and large granulation of trunk's sides. In case of further confirmation of the stability of this complex of features, it can be used as an economically advantageous and practically applicable method for monitoring of silverleaf whitefly's invasion into new habitats.

CONCLUSION

Having analyzed the results of studies on biology and distribution of silverleaf whitefly in Central Asia, we can conclude that the Central Asian population of silverleaf whitefly (*Bemisia tabaci*) is characterized by the following biological characteristics:

- resistance to low temperatures during overwintering;
- has not been noted as a vector of plant viruses;
- low fecundity;
- wide polyphagia;
- high invasiveness.

According to our preliminary data, pseudopupae of silverleaf whitefly in Uzbekistan are characterized by wide trunks of anterior trachea and absence of anterior wax fringes. In complex, this allows us to speak about the originality of the Central Asian geographical population and the expediency of its further study on the scheme of identification of unknown populations of silverleaf whitefly using a global data set on mtCOI [12].

REFERENCES

1. Vlasov I.I., Seiidov B. New infectious disease of tomatoes – Tomato leaf curl virus [Novoe infektsionnoe zabolevanie tomatov – hlоротическаia kurchavost' list'ev]. *Agro XXI*. 1997; 4: 8-9 (in Russian).
2. Dantsig E.M., Shenderovskaia L.P. Silverleaf whitefly [Hlopkovaia belokrylka]. *Zashchita rastenii*. 1989; 12: 40 (in Russian).
3. Yevdokarova T.G. Biotoxicological substantiation of rational use of insecticides to control silverleaf whitefly on cotton in Turkmenistan. Abstract of a thesis ... PhD in Agriculture [Biotoksikologicheskoe obosnovanie ratsional'nogo primeneniia insektitsidov dlia bor'by s hlopkovoi belokrylkoi na hlochatnike v Turkmenii. Avtoref. dis. ... kand. s/h nauk]. St. Petersburg, 1993 (in Russian).

- широкая полифагия;
 - высокая инвазивность.
- По нашим предварительным данным, псевдопупарии табачной белокрылки в Узбекистане характеризуются широкими стволами передних трахей и отсутствием передних восковых бахромок. В комплексе это позволяет говорить о своеобразии среднеазиатской географической популяции и целесообразности ее дальнейшего исследования по схеме идентификации неизвестных популяций табачной белокрылок с помощью глобального набора данных о mtCOI [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов Ю.И., Сейидов Б. Новое инфекционное заболевание томатов – хлоротическая курчавость листьев // *Агро XXI*, 1997. – № 4. – С. 8-9.
2. Данциг Е.М., Шендеровская Л.П. Хлопковая белокрылка // *Защита растений*. – 1989. – № 12. – С. 40.
3. Евдокарова Т.Г. Биотоксикологическое обоснование рационального применения инсектицидов для борьбы с хлопковой белокрылкой на хлопчатнике в Туркмении. Автореф. дис. ... канд. с/х наук. – СПб., 1993.
4. Карамхудоева М.Н. Экология белокрылок (Homoptera, Aleyrodinea) Западного Памира и научные основы меры борьбы с ними защита растений. Автореф. дис. ... канд. с/х наук. – Душанбе, 2017.
5. Мадаминов В.С. Хлопковая белокрылка – серьезный вредитель хлопчатника / Мадаминов В.С., Сухорученко Г.И., Ташпулатов М.М., Великань В.С., Абдуллаев В. // *Вестник, Агронауки (Кишоварз)*. – Душанбе, 1998. – № 3. – С. 23-27.
6. Мярцева С.Н. Видовой состав членистоногих и динамика численности основных фитофагов и их хищников на дыне в Туркменистане // *Изв. АН ТССР, сер. биол. наук*. – 1996. – № 5. – С. 62-67.
7. Мярцева С.Н. Новые вредители в Туркмении // *Защита и карантин растений*. – 1997. – № 10. – С. 29-30.
8. Мярцева С.Н., Смирнова Ж.В. Обнаружение природных очагов хлопковой белокрылки в Туркменистане // *Изв. АН ТССР, сер. биол. наук*. – 1990. – № 2. – С. 73-75.
9. Ташпулатов М.М. Биологическое обоснование оптимизации системы интегрированной системы защиты хлопчатника от вредителей в Таджикистане. Автореф. дис. ... канд. с/х наук. – СПб., 2007.
10. Baoli Q., Coats S.A., Shunxiang R., Idris A.M., Xu Caixia, Brown J.K. Phylogenetic relationships of native and introduced *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) from China and India based on mtCOI DNA sequencing and host plant comparisons // *Progress in natural science*. – 2007. – Vol. 17, No. 6. – P. 645-654.
11. Bedford I.D., Briddon R.W., Brown J.K., Rosell R.C., Markham P.G. Geminivirus transmission and biological characterization of *Bemisia tabaci* (Gennadius) from different geographic regions. *Annals of Applied Biology*. – 1994. – Vol. 125. – P. 311-325.
12. Boykin L.M., De Barro P.J. A practical guide to identifying members of the *Bemisia tabaci* species complex: and other morphologically identical species // *Front. Ecol. Evol*. – 2014. – Vol. 2, No. 45. DOI: 10.3389/fevo.2014.00045.
13. Brown J.K. Phylogenetic biology of the *Bemisia tabaci* sibling species group / *Bemisia*: Bionomics and Management of a Global Pest // Springer Netherlands. – 2010. – P. 31-67. – URL: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2460-2_2.

4. Karamkhudoeva M.N. Ecology of Whiteflies (Homoptera, Aleyrodinea) of the Western Pamirs and Scientific Basis of Plant Protection Measures against them. Abstract of a thesis ... PhD in Agriculture [Ekologii belokrylok (Homoptera, Aleyrodinea) Zapadnogo Pamira i nauchnye osnovy mery bor'by s nimi. Avtoref. dis. ... kand. s/h nauk]. Dushanbe, 2017 (in Russian).
5. Madaminov V.S. Silverleaf whitefly is a serious Cotton Pest / Madaminov V.S., Sukhoruchenko G.I., Tashpulatov M.M., Velikan V.S., Abdullaev V.S. [Hlopkovaia belokrylka – ser'eznyi vreditel' hlochatnika]. Dushanbe: *Vestnik, Agronauki (Kishovarz)*, 1998; 3: 23-27 (in Russian).
6. Miartseva S.N. Species composition of arthropods and population dynamics of the main phytophages and their predators on melon in Turkmenistan [Vidovoi sostav chlenistonogih i dinamika chislennosti osnovnyh fitofagov i ih hishchnikov na dyne v Turkmenistane]. *Izv. Academy of Sciences of Turkmen Soviet Socialist Republic, Ser. Biological Sciences*. 1996; 5: 62-67 (in Russian).
7. Miartseva S.N. New pests in Turkmenistan [Novye vrediteli v Turkmenii]. *Zashchita i karantin rastenii*, 1997; 10: 29-30 (in Russian).
8. Myartseva S.N., Smirnov Z.V. Discovery of natural focuses of silverleaf whitefly in Turkmenistan [Obnaruzhenie prirodnih ochagov hlopkovoi belokrylki v Turkmenistane]. *Izv. Academy of Sciences of Turkmen Soviet Socialist Republic, Ser. Biological Sciences*. 1990; 2: 73-75 (in Russian).
9. Tashpulatov M.M. Biological substantiation for optimization of the integrated system of cotton protection from pests in Tajikistan. Abstract of a thesis ... PhD in Agriculture [Biologicheskoe obosnovanie optimizatsii sistemy integrirovannoi sistemy zashchity hlochatnika ot vreditel'ei v Tadzhikistane. Avtoref. dis. ... kand. s/h nauk]. *Zashchita rastenij*. St. Petersburg, 2007 (in Russian).
10. Baoli Q., Coats S.A., Shunxiang R., Idris A.M., Xu Caixia, Brown J.K. Phylogenetic relationships of native and introduced *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) from China and India based on mtCOI DNA sequencing and host plant comparisons. *Progress in Natural Science*. 2007; 17, 6: 645-654.
11. Bedford I.D., Briddon R.W., Brown J.K., Rosell R.C., Markham P.G. Geminivirus transmission and biological characterization of *Bemisia tabaci* (Gennadius) from different geographic regions. *Annals of Applied Biology*. 1994; 125: 311-325.
12. Boykin L.M., De Barro P.J. A practical guide to identifying members of the *Bemisia tabaci* species complex: and other morphologically identical species. *Front. Ecol. Evol*. 2014; 2: 45. DOI: 10.3389/fevo.2014.00045.
13. Brown J.K. Phylogenetic biology of the *Bemisia tabaci* sibling species group / *Bemisia*: Bionomics and Management of a Global Pest. *Springer Netherlands*. 2010; 31-67. URL: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2460-2_2.
14. Brown J.K., Frohlich D.R. and Rosell R.C. The sweet potato or silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* or a new species complex. *Annual Review of Entomology*. 1995; 40: 511-534.

14. Brown J.K., Frohlich D.R. and Rosell R.C. The sweet potato or silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* or a new species complex // Annual Review of Entomology. – 1995. – Vol. 40. – P. 511-534.
15. CABI. *Bemisia tabaci* / Invasive Species Compendium // Wallingford, UK: CAB International. – 2019. – URL: www.cabi.org/isc.
16. De Barro P.J. *Bemisia tabaci* – from molecular to landscape // Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) – Entomology. 120 Meiers Road, Indooroopilly, Queensland 4068, Australia. 2005. – URL: http://www.fftc.agnet.org/htmlarea_file/library/20110712184749/tb171.pdf.
17. De Barro P.J., Driver F. Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) // Australian Journal of Entomology. – 1997. – Vol. 36. – P. 149-152.
18. Global Invasive Species Database. – URL: <https://www.gbif.org>. 2019.
19. Hadjistyli M., Roderick G.K., Brown J.K. Global Population Structure of a Worldwide Pest and Virus Vector: Genetic Diversity and Population History of the *Bemisia tabaci* Sibling Species Group // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11, No. 11. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165105>.
20. Martin J.H. Whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) – their systematic history and the resulting problems of conventional taxonomy, with special reference to descriptions of *Aleyrodes proletella* (Linnaeus, 1758) and *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) // Entomologist's Gazette. – 2003. – Vol. 54. – P. 125-136.
21. Rosell R.C., Bedford I.D., Frohlich D.R., Gill R.J., Brown J.K., Markham P.G. Analysis of Morphological Variation in Distinct Populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) // Annals of the Entomological Society of America. – 1997. – Vol. 90, Issue 5. – P. 575-589. – URL: <https://doi.org/10.1093/aesa/90.5.575>.
22. Tair E.U., Ulusoy M.R., Çalışkan A.F. Determination of whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) species from South Kyrgyzstan // Manas. J. Agr. Vet. Life Sci. – 2017. – Vol. 7, No. 2. – P. 13-19.
23. Topakci N., Göçmen H. *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae)'nin B ve Q biyotiplerinin tarayıcı elektron mikroskop ile morfolojik özellikleri üzerine bir araştırma *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) // Türk. entomol. derg. – 2011. – Vol. 35, No. 3. – P. 495-507.
24. Yan A.I. Comparative Morphology and Morphometry of Six Biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) from China // J. of Integrative Agriculture. – 2013. – Vol. 12, Issue 5. – P. 846-852. – URL: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60303-2G](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60303-2G).

15. CABI. *Bemisia tabaci*. Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International, 2019. URL: www.cabi.org/isc.
16. De Barro P.J. *Bemisia tabaci* – from molecular to landscape. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) – *Entomology*. 120 Meiers Road, Indooroopilly, Queensland 4068, Australia, 2005. URL: http://www.fftc.agnet.org/htmlarea_file/library/20110712184749/tb171.pdf.
17. De Barro P.J., Driver F. Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Australian Journal of Entomology*. 1997; 36: 149-152.
18. Global Invasive Species Database. URL: <https://www.gbif.org>. 2019.
19. Hadjistyli M., Roderick G.K., Brown J.K. Global Population Structure of a Worldwide Pest and Virus Vector: Genetic Diversity and Population History of the *Bemisia tabaci* Sibling Species Group. *PLoS ONE*. 2016; 11 (11). URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165105>.
20. Martin J.H. Whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) – their systematic history and the resulting problems of conventional taxonomy, with special reference to descriptions of *Aleyrodes proletella* (Linnaeus, 1758) and *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889). *Entomologist's Gazette*. 2003; 54: 125-136.
21. Rosell R.C., Bedford I.D., Frohlich D.R., Gill R.J., Brown J.K., Markham P.G. Analysis of Morphological Variation in Distinct Populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 1997; 90 (5): 575-589. URL: <https://doi.org/10.1093/aesa/90.5.575>.
22. Tair E.U., Ulusoy M.R., Çalışkan A.F. Determination of whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) species from South Kyrgyzstan. *Manas. J. Agr. Vet. Life Sci*. 2017; 7 (2): 13-19.
23. Topakci N., Göçmen H. *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae)'nin B ve Q biyotiplerinin tarayıcı elektron mikroskop ile morfolojik özellikleri üzerine bir araştırma. *Türk. entomol. derg*. 2011; 35 (3): 495-507.
24. Yan A.I. Comparative Morphology and Morphometry of Six Biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) from China. *J. of Integrative Agriculture*. 2013; 12 (5): 846-852. URL: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60303-2G](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60303-2G).

УДК 581.9(581.527.7)

Герботологическая экспедиция в Красноярский край и Республику Хакасия

Т.В. ЭБЕЛЬ, научный сотрудник Томского филиала ФГБУ «ВНИИКР»

А.Л. ЭБЕЛЬ, д.б.н., профессор кафедры ботаники ФГАОУ «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

С.И. МИХАЙЛОВА, научный сотрудник Томского филиала ФГБУ «ВНИИКР»

Аннотация. В статье сообщается о герботологической экспедиции в Красноярский край и Республику Хакасия, состоявшейся в рамках выполнения НИР в августе 2019 года, а также о результатах данной экспедиции. В полевых условиях проводилось изучение распространения сорных, инвазивных (в том числе карантинных) видов растений: осуществлялся сбор семенного и гербарного материалов, выполнялись геоботанические описания агроценозов и наблюдения за растениями в природе.

Ключевые слова. Сорные растения, инвазивные виды, агроценозы, карантинные виды растений, Красноярский край, Республика Хакасия.



В 2019 г. в Томском филиале ФГБУ «ВНИИКР» в рамках выполнения темы НИР «Изучение распространения и эколого-биологических особенностей карантинных и инвазивных видов растений на территории Сибирского федерального округа» были продолжены экспедиционные исследования. Состоялась экспедиционная поездка сотрудников филиала и Томского государственного университета (в рамках договора о сотрудничестве) в Республику Хакасия и южную часть Красноярского края.

Целью данной герботологической экспедиции являлось изучение распространения карантинных и особо опасных инвазивных видов растений в Республике Хакасия и южных районах Красноярского края.

Задачи экспедиции были следующие:
 - обследование сорно-полевой и рудеральной флоры Республики Хакасия и южных районов Красноярского края;
 - сбор семенного и гербарного материалов для пополнения карпоботологической коллекции и гербария;

UDC 581.9(581.527.7)

Herbological Expedition to Krasnoyarsk Krai and the Republic of Khakassia

T.V. EBEL, Researcher of the Tomsk Branch of FGBU “VNIKR”

A.L. EBEL, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences, Professor of the Botany Faculty at FGAOU National Research Tomsk State University

S.I. MIKHAILOVA, Researcher of the Tomsk Branch of FGBU “VNIKR”

Abstract. The article describes the herbological expedition to Krasnoyarsk Krai and the Republic of Khakassia, which took place part of the research project in August 2019, and its results. Researchers studied distribution of weed, invasive (including quarantine) plant species in the field, collected seed and herbarium materials, described the geobotany of agrocenoses, and observed plants in nature.

Keywords. Weed plants, invasive species, agrocenoses, quarantine plant species, Krasnoyarsk Krai, Republic of Khakassia.

In 2019, the Tomsk branch of FGBU “VNIKR” continued its expedition research as part of a research project called “Study of Distribution and Ecological and Biological Characteristics of Quarantine and Invasive Plant Species in Siberian Federal District”. The employees of the branch and the Tomsk State University made an expedition trip (under the cooperation agreement) to the Republic of Khakassia and the southern part of Krasnoyarsk Krai.

The herbological expedition aimed to study the distribution of quarantine and extremely dangerous invasive plant species in the Republic of Khakassia and southern Krasnoyarsk Krai. The expedition had the following tasks:

- survey of weed, field and ruderal flora of the Republic of Khakassia and the southern regions of Krasnoyarsk Krai,
 - collect seed and herbarium materials to supplement the carpobotological collection and herbarium,