

Современный климатический ареал хлопковой совки и его трансформация в XXI веке вследствие изменения климата

А.Ю. Богданович^{1)*}, А.Н. Фролов²⁾, С.М. Семенов^{1,3)}

¹⁾ Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля,
РФ, 107258, г. Москва, ул. Глебовская, д. 20Б

²⁾ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
РФ, 196608, г. Санкт-Петербург-Пушкин, шоссе Подбельского, 3

³⁾ Институт географии РАН,
РФ, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29

*Адрес для переписки: bogda-anton@yandex.ru

Реферат. Хлопковая совка *Helicoverpa armigera* Hbn. – один из наиболее опасных сельскохозяйственных вредителей на планете, высокий адаптивный потенциал которого формируется за счет необычайно широкой полифагии гусениц, очень большой плодовитости, высокой мобильности и вариативного поведения при выборе кормовых растений у имаго, а также способности генерировать факультативную диапаузу на стадии куколки. Хлопковая совка представляет собой также одного из самых широко распространенных насекомых на планете, фактический, географический ареал которого постоянно расширяется. Так, по сравнению с началом XX века и даже его серединой зона вредности хлопковой совки в России расширилась более чем на 700 км к северу, а именно от южных границ степной зоны до севера лесостепей и юга тайги. В статье анализируется расчетный климатический ареал хлопковой совки на территории России, полученный с помощью системы RANGES, которая на основе данных моделирования климата и значений климатических предикторов позволяет получить статистическую оценку уверенности в том, что заданная точка географического пространства принадлежит климатическому ареалу вида. В качестве климатического предиктора для развития одного поколения хлопковой совки использована сумма эффективных температур, составляющая 550°C·сут при пороге 11°C. С использованием данных мониторинга и моделирования климата рассчитан климатический ареал хлопковой совки, соответствующий климату 1990-1999 гг. Примечательно, что его границы хорошо соответствуют раннее полученным расчетам других авторов для зон вредности вредителя. Оценки климатического ареала вредителя для климатов 2030-2039 и 2050-2059 гг. в условиях сценариев RCP4.5 и RCP8.5 указывают на значительное расширение ареала на север, возможно,

севернее 60° с.ш. Это свидетельствует о вероятной экспансии хлопковой совки в условиях ожидаемого изменения климата. Хотя в настоящее время сельскохозяйственные культуры, повреждаемые хлопковой совкой, в основном произрастают южнее вероятных северных границ её будущего климатического ареала, очевидно, что пищевой фактор не будет лимитировать распространение хлопковой совки на север, поскольку (1) происходит неуклонный рост площадей под посевами суперранних и раннеспелых гибридов кукурузы на зерно и (2) этот крайне многоядный вредитель способен использовать для питания разные обильно произрастающие в зоне его обитания виды растений-хозяев, причем как культурные, так и дикорастущие.

Ключевые слова. Климатические предикторы, хлопковая совка, территория России, климатический ареал, изменения, XXI век, система RANGES.

The current climatic range of the cotton bollworm and its transformation in 21st century due to climate change

A.Yu. Bogdanovich^{1)*}, *A.N. Frolov*²⁾, *S.M. Semenov*^{1,3)}

¹⁾Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology,
20B, Glebovskaya str., 107258, Moscow, Russian Federation

²⁾All-Russian Research Institute of Plant Protection,
3, shosse Podbelskogo, 196608, St. Petersburg-Pushkin, Russian Federation

³⁾Institute of Geography, Russian Academy of Sciences,
29, Staromonetnyi lane, 119017, Moscow, Russian Federation

*Correspondence address: *bogda-anton@yandex.ru*

Abstract. The cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hbn., is one of the most dangerous agricultural pests on the planet, which high adaptive potential is based on the unusually wide larval polyphagy, very high fecundity, high mobility and variable behavior when choosing forage plants in adults, as well as the ability to generate a facultative diapause at pupal stage. The cotton bollworm is also one of the most widespread insects on the planet, which factual, geographic range is constantly expanding. Thus, in comparison with the beginning of the XXI century or even its middle, the zone of harm of the cotton bollworm in Russia has expanded by more than 700 km to the north, namely from the southern borders of the steppe zone to the north of the forest-steppe and the south of the taiga. The paper analyzes the computed climatic range of the cotton bollworm in Russia, obtained with the RANGES system. It is based on climate modeling data and values of climate predictors and allows us to obtain statistical estimates of confidence that a given point in geographical space belongs to the climatic range of the species. The sum of effective temperatures amounting to 550°C·day at a threshold of 11°C was used as a climatic predictor for the development of cotton bollworm's single generation. The climatic range of cotton bollworm corresponding to climate of 1990-1999 was assessed. It is noteworthy that the obtained spread boundaries corresponds well

with the earlier results of other authors for the pest harmful zones. Assessment results for 2030-2039 and 2050-2059 climates under the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios indicate a significant expansion of the pest spread to the north, possibly even north of 60°N. This indicates the likely expansion of the cotton bollworm under expected climate change. Although currently crops damaged by the cotton bollworm mainly grow south of the probable boundaries of its future range, it is obvious that the food factor will not limit the expansion of the cotton bollworm to the north, since (1) there is a steady increase in the area under crops of super-early and early-ripening corn hybrids and (2) this extremely polyphagous pest is able to use for feeding various host plant species that grow abundantly in its habitat, both cultivated and wild.

Keywords. Climatic predictors, cotton bollworm, territory of Russia, climatic range, changes, 21st century, RANGES system.

Введение

Хлопковая совка (*Helicoverpa armigera* Hbn., Lepidoptera: Noctuidae) – один из наиболее опасных вредителей растений на Земле (Lammers, MacLeod, 2007; Sharma et al., 2010; Haile et al., 2021; Riaz et al., 2021). Как и во всем мире хлопковая совка в России и соседних странах также повреждает весьма широкий круг как культурных (томаты, нут, горох, и другие зернобобовые, хлопчатник, табак, сорго и многие другие), так и дикорастущих (канатник Теофраста, щирицу, коноплю, паслен, дурман, лебеду и пр.) растений (Богачев, 1954; Полоскина, 1962; Фефелова, Фролов, 2007; Афонин и др., 2008; Матов, Кононенко, 2012; Черкашин, и др., 2014; Артохин и др., 2017). Ежегодный ущерб, наносимый ею сельскохозяйственным растениям, превышает 5 млрд долларов США (Tay et al., 2013).

Известно, что прогноз динамики численности и вредоносности вредных насекомых является одним из ключевых элементов интегрированной защиты растений (Barzman et al., 2015; Dent, Binks, 2020). Соответственно, в текущих условиях глобальных изменений климата прогноз вредоносной деятельности хлопковой совки представляет несомненный интерес для долгосрочного планирования сельскохозяйственного производства.

В зарубежной литературе можно найти немало публикаций, посвященных прогнозированию фитосанитарной ситуации и динамике ареала хлопковой совки, в том числе для Индии, Китая, Австралии и США. Их выводы в целом согласуются между собой в том отношении, что потепление климата будет способствовать и росту численности, и расширению ареала вредителя (Zalucki, Furlong, 2005; Srivastava et al., 2010; Kriticos et al., 2015; Mathukumalli et al., 2016; Huang, Hao, 2020; Huang, 2021; Vapatla et al., 2022; Srinivasa Rao et al., 2023).

В нашей стране продолжают поступать сообщения, свидетельствующие об экспансии хлопковой совки на новые более северные территории. Так, в последние годы поступали сообщения о появлении питающихся гусениц вредителя на разных видах растений-хозяев в Оренбургской (Сигнализационное

сообщение..., 2016), Тамбовской (Сигнализационное сообщение..., 2021), Пензенской (Сигнализационное сообщение..., 2022), Самарской (Сигнализационное сообщение..., 2024) областях и в Республике Татарстан (Сигнализационное сообщение..., 2020).

Фактическая область распространения вида, его географический ареал определяется всей совокупностью абиотических и биотических факторов среды. Более широкая область – климатический ареал вида.

Это – совокупность точек географического пространства, в которых климат допускает устойчивое существование популяций вида при благоприятном сочетании остальных факторов динамики численности. Это важная характеристика вида, особенно при выполнении прикладных оценок того, достиг ли вид климатических пределов своего распространения и как они могут меняться при изменении климата.

Цели настоящей статьи:

- охарактеризовать особенности хлопковой совки, способствующие ее широкому распространению и вредности;
- выполнить моделирование текущего климатического ареала хлопковой совки на территории России;
- провести модельный расчет климатического ареала хлопковой совки на территории России для 2030-2039 и 2050-2059 гг., в условиях умеренного и экстремального сценариев изменения глобального климата – соответственно RCP4.5 и RCP8.5.

Особенности хлопковой совки, способствующие ее широкому распространению и вредности

Географический ареал и миграционная активность

Хотя об исходном ареале хлопковой совки судить трудно, родственные этому насекомому виды в основном обитают в тропических и субтропических областях Африки, Азии, Америки, Австралии и на островах Тихого Океана (Hardwick, 1965). В этой связи не вызывает удивления то обстоятельство, что области максимальной встречаемости и наибольшей вредности хлопковой совки преимущественно охватывают тропические и субтропические регионы, хотя этот вредитель наносит также существенный ущерб и в южной и центральной Европе, южной Африке, умеренных зонах Азии, Австралии, Океании и др. регионах (Jones et al., 2019; *Helicoverpa armigera*..., 2021; EPPO, 2024).

В настоящее время хлопковая совка представляет собой одного из самых широко распространенных насекомых на планете, ареал которого охватывает Европу, Африку, Азию и Австралию. Недавно этому виду удалось проникнуть в Южную и Центральную Америку, широко там расселиться (Murúa et al., 2014; Kriticos et al., 2015; Jones et al., 2019; *Helicoverpa armigera*..., 2021; EPPO, 2024) и войти в контакт, в том числе половой, с обитающим в Америке близкородственным видом – кукурузной совкой *Helicoverpa zea* (Boddie) (Leite et al., 2014; Bentivenha et al., 2016; Cordeiro et al., 2020; Rios et al., 2022).

Поскольку хлопковая совка – активный мигрант, ежегодно сообщается о случаях залета бабочек вредителя в такие места, где климатические условия пока не позволяют насекомым завершить полный цикл развития. Так, в летние месяцы имаго *H. armigera* нередко обнаруживаются на севере Европы вплоть до 59° с.ш., хотя территории, где возможно успешное завершение развития поколения, включая перезимовку, в настоящее время расположены гораздо южнее. До 80-х гг. прошлого века северная граница таких территорий в Европе проходила примерно по 40° с.ш., однако в условиях потепления климата она сместилась к северу более чем на 500 км, перейдя через 45° с.ш. (Lammers, MacLeod, 2007).

На территории бывшего СССР основными регионами распространения и вредоносности хлопковой совки являются Закавказье (Азербайджан), Северный Кавказ, степи и лесостепи Восточно-Европейской равнины, низменные орошаемые районы и предгорья Средней Азии, юг Дальнего Востока.

Что касается территории современной России, то по сравнению с первой половиной XX века (Алфераки, 1907; Кожанчиков, 1941; Горышин, 1958) зона вредоносности хлопковой совки расширилась более чем на 700 км к северу – от южных границ степной зоны до севера лесостепей и юга тайги (Говоров и др., 2013; Ченикалова, Коломыцева, 2021). На этих новых для вредителя территориях ему в последние 20 лет была обеспечена огромная кормовая база, поскольку площади под кукурузой в России выросли в три, а валовые сборы зерна – в четыре раза, причем произошло это в первую очередь за счет посевных площадей, развернутых в областях Центрально-Чернозёмного экономического района (ЦЧР), т.е. в Курской, Воронежской, Тамбовской, Брянской и Белгородской областях (АБ Центр, 2024).

Биологические особенности

Этот вредитель обладает высоким уровнем вредоносности, и для этого есть несколько причин.

Во-первых, это – широкий полифаг. Современный список повреждаемых этим насекомым растений в мире насчитывает чуть ли не 300 видов из более чем 70 семейств (Riaz et al., 2021; *Helicoverpa armigera*..., 2021; Yadav et al., 2022). Гусеницы хлопковой совки, особенно в старших возрастах, предпочитают питаться репродуктивными органами (бутонами, завязями и плодами) (Zalucki et al., 1986; Fitt 1989; Jallow et al., 2001; Артохин и др., 2017). Это не только обеспечивает повышенную кормовую ценность, но и способствует меньшей подверженности воздействию защитных барьеров растений, обеспечивая в результате высокий уровень жизнеспособности насекомого (Liu et al., 2010).

Хотя чаще всего основным растением-хозяином вредителя служит кукуруза (Полоскина, 1962; Кузнецова, 1971; Сингх, 1973; Фролов, Фефелова, 2006; Фролов, 2011), по мере нарастания вредной деятельности в XXI веке в России у насекомого проявилась тенденция к расширению спектра повреждаемых видов растений. Так, долгие годы, включая весь XX век, хлопковая

совка на Северном Кавказе вредила, главным образом, овощным пасленовым культурам – томату, перцу, баклажану и, конечно, кукурузе. Но примерно с 2010 г. вредоносность насекомого стали отмечать на подсолнечнике и сое, затем – на винограде и персиках, а в последние годы – даже на пшенице (Черкашин и др., 2014, 2019; Арестова, Рябчун, 2015; Ченикалова, 2016; Юрченко и др., 2018). Более того, недавно появились сообщения о том, что и в Таджикистане у вредителя меняются пищевые приоритеты: в современных условиях насекомые предпочитают развиваться на кукурузе, томатах и болгарском перце, тогда как хлопчатник резко теряет свою привлекательность (Мухитдинов, Хушвахтова, 2017; Мухитдинов, Ботурова, 2019). Впрочем, в литературе и раньше появлялась информация о том, что трофические предпочтения хлопковой совки могут существенно меняться во времени и пространстве, в том числе в связи с адаптацией к изменениям в структуре агроценозов, обусловленным хозяйственной деятельностью (Уваров, 1924; Соснина, 1935; Щеткин, 1956; Бориско, 1961; Винклер, 1971). Таким образом, характерной чертой поведения бабочек хлопковой совки является их способность к «обучению», что позволяет им выбирать для откладки яиц виды растений, наиболее обильно произрастающие в районе их обитания. И это несмотря на то, что таковые прежде могли вовсе не повреждаться (Cunningham et al., 1998, 1999; Cunningham, West, 2008).

Во-вторых, высокий уровень вредоносности хлопковой совки обусловлен ее высокой мобильностью: имаго способны совершать дальние миграционные перелеты на расстояния 600-1000 км и более (Pedgley, 1985, 1986; Pedgley et al., 1987; Farrow, Daly, 1987; Gregg et al., 1995; Feng et al., 2005, 2009).

В-третьих, по сравнению с другими представителями подсемейства *Heliothinae* (Matthews, 1991) бабочкам хлопковой совки свойственна очень высокая плодовитость, которая при благоприятных обстоятельствах достигает 1000 яиц в среднем и выше, а максимально может превышать 4000 яиц/особь (Hardwick, 1965; Silva et al., 2018; Jafari et al., 2023).

В-четвертых, хлопковая совка при неблагоприятных условиях для развития, например, при наступлении высоких летних температур способна уходить в факультативную диапаузу (Liu et al., 2006).

Таким образом, чрезвычайно высокий адаптивный потенциал хлопковой совки, позволяющий ей успешно обитать в самых разных условиях, в том числе в агроценозах, формируется за счет нескольких факторов. А именно: необычайно широкая полифагия гусениц, очень высокая плодовитость, невероятная мобильность и вариативное поведение при выборе кормовых растений у имаго, а также способность генерировать факультативную диапаузу на стадии куколки (Fitt, 1989).

Помимо этого, хлопковая совка хорошо известна производителям сельскохозяйственной продукции своей способностью быстро вырабатывать резистентность к синтетическим инсектицидам, используемым для борьбы с ней (Forrester et al., 1993; Сухорученко, 1996; McCaffery, 1998; Kranthi et al., 2002; Aggarwal et al., 2006; Ballari, Udikeri, 2022). Поэтому неудивительно, что в

странах, где практикуется возделывание устойчивых к хлопковой совке трансгенных Bt культур, ведется постоянный мониторинг динамики частот генов резистентности у вредителя к токсинам *Bacillus thuringiensis* (Akhurst et al., 2003; Mahon et al., 2007; Ruan et al., 2024).

Вольтинность

Параллельно с продвижением насекомого на север отмечалось также нарастание вредоносности хлопковой совки в пределах традиционных зон обитания, что в большинстве случаев было вызвано увеличением числа развивающихся в течение сезона поколений, т.е. обусловлено изменением вольтинности. Так, если в начале 50-х гг. прошлого века на Северном Кавказе доминировал моновольтинный цикл развития вредителя (Горышин, 1958), то в настоящее время здесь развивается, как правило, уже три поколения в сезоне (Фефелова, Фролов, 2007; Ченикалова, Коломыцева, 2021). При этом вопрос о том, сколько в той или иной местности у хлопковой совки формируется поколений за сезон, не столь прост, как может показаться на первый взгляд, в том числе из-за того, что границы между поколениями у этого насекомого нередко сильно перекрываются (Tripathi, Singh, 1991; Nibouche, 1998), но не только по этой причине. Так, в статье Н.А. Саранцевой с коллегами (2014) сообщается, что при проведении феромониторинга хлопковой совки в Рамонском районе Воронежской области отмечается три пика лёта имаго вредителя, причем во время первого пика лёта бабочек (конец мая – июнь) отлавливались только единичные экземпляры, а гусеницы вовсе не обнаруживались. Также в этой статье говорится о том, что «второе и третье поколения вредителя при продолжительном периоде лёта бабочек накладываются одно на другое и лёт этих поколений не всегда четко разграничен». Очевидно, что для того чтобы уверенно судить о вольтинности популяции насекомых в какой-либо местности, помимо материалов по мониторингу имаго в природе необходимо также представить результаты наблюдений за развитием насекомого на протяжении его жизненного цикла в сезоне, что в случае хлопковой совки требует определенных усилий, учитывая вариативность предпочтений растений-хозяев для развития.

Соответственно, другим обязательным условием для подтверждения вольтинности локальной популяции должна явиться количественная оценка тепловых ресурсов, которыми располагает данная территория, для того чтобы их хватило для завершения развития насекомыми того или иного числа генераций за сезон (Dahi, 2007; El-Mezayuen, Ragab, 2014). В своей публикации, посвященной оценке вольтинности хлопковой совки в Луганске, А.В. Кузьминский и В.П. Федоренко (2014) показали, что в этом регионе климатические условия обеспечивают теплом развитие, как правило, лишь одного полного поколения насекомых в сезоне, тогда как второе, чаще всего, не успевает завершить свое развитие.

Учитывая, что Луганск расположен в 340 км к югу от Воронежа, становится очевидным, что имаго одного или даже двух учтенных феромониторингом в Воронежской области пиков лёта из трех обнаруженных скорее всего представляют собой мигрантов с юга. В то же время, поскольку весенними

учетами куколки хлопковой совки в том или ином количестве ежегодно обнаруживаются во всех областях Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) России (Обзор фитосанитарного состояния ..., 2024; Обзор фитосанитарного состояния..., 2023, а также обзоры за другие годы, начиная с 2013 г.), становится очевидным, что успешная перезимовка куколок в регионе в том или ином количестве все же происходит.

Климатический ареал и его модельное описание

О роли погодно-климатических факторов в жизненном цикле хлопковой совки

Накопленная отечественными специалистами информация убедительно свидетельствует о ключевой роли условий среды, особенно погодно-климатических факторов, в обеспечении развития хлопковой совки в ее ареале (Кожанчиков, 1938; Родд, 1955; Горышин, 1958; Бориско, 1961; Комарова, 1964; Ларченко, 1968; Комарова и др., 1971; Кузнецова, 1972; Красова, 1973; Парулава, 1985; Казанок, 2009; Хромова, 2011, и др.). Кроме того, немало данных о ведущей роли этих факторов, в первую очередь температуры, было опубликовано также зарубежными авторами (Twine, 1978; Maelzer, Zalucki, 1999; Jallow, Matsumura, 2001; Liu et al., 2006; Chatar et al., 2010; Mironidis, Savopoulou-Soultani, 2010; Chen et al., 2014; Huang, Li, 2015; Dalal, Arora, 2016; Huang, 2021; Varatla et al., 2022). В результате удалось установить, что в жизненном цикле хлопковой совки существует несколько критических периодов, во время которых численность вредителя может сильно меняться в зависимости от того, насколько благоприятно складываются условия среды для развития насекомых (Фефелова, 2007). Среди таких периодов выделяются, в частности, начало питания гусениц после выхода из яиц, период завершения питания гусениц осенью, зимовка куколок, вылет имаго из куколок после зимовки. Так, было установлено, что промерзание почвы, особенно при повышенной влажности, способствует высокой смертности зимующих куколок вредителя (Хромова, 2011; Говоров и др., 2013), и именно этот фактор считается одним из наиболее серьезных препятствий постоянному обитанию вредителя на севере Европы (Lammers, MacLeod, 2007).

Очевидно, что условия обитания в высоких широтах требуют от хлопковой совки достаточно жесткого выбора между следованием одной из этих двух альтернативных стратегий: либо зимовать в стадии куколок в местах питания гусениц, рискуя погибнуть от промерзания почвы, либо до завершения сезона эмигрировать в стадии имаго в более южные местообитания, подходящие для перезимовки потомства, затратив немало энергии на миграционный перелёт. Здесь следует заметить, что механизмы, стимулирующие миграционное поведение хлопковой совкой, все еще остаются малоизученными, хотя предполагается, что в их число входят метеорологические факторы, фотопериод, присутствие и состояние растений-хозяев (Jones et al., 2019).

Гораздо больше информации накоплено относительно траекторий и маршрутов миграций, которые изучались в том числе с помощью радарной техники в Австралии (Zalucki et al., 1986; Gregg et al., 1995; Rochester et al., 1996; Fitt, Cotter, 2005), Китае (Feng et al., 2004; 2005; 2009) и Индии (Pedgley et al., 1987; Riley et al., 1992). Эти траектории и маршруты в ряде случаев носят закономерный пространственно-временной характер.

К сожалению, о миграциях хлопковой совки в условиях России практически ничего неизвестно, и пока по этой теме опубликована всего одна статья, в которой представлены результаты изучения ДНК-полиморфизма краснодарской популяции вредителя по двум микросателлитным локусам (Киль, 2010). Впрочем, вне зависимости от того, где, как и какие альтернативные стратегии использует хлопковая совка при освоении ЦЧР России, т.е. обитают ли там особи постоянно или же ежегодно местное население в той или иной степени пополняется мигрантами с юга, фактом является поддерживаемая из года в год на высоком уровне вредоносность хлопковой совки на возделываемых в ЦЧР сельскохозяйственных культурах. Соответственно, эта территория вполне правомерно была включена в современный ареал вредителя при его картировании в рамках составления Агроатласа (Афонин и др., 2008).

Моделирование климатического ареала хлопковой совки

Вопросы моделирования климатического ареала вредителей сельскохозяйственных растений стали привлекать большее внимание исследователей по мере изменений современного климата – см., например, (Попова, Попов, 2013). Были рассмотрены, в частности, такие вредители, как итальянский прус и колорадский жук.

Процесс развития особей хлопковой совки *H. armigera*, в частности число поколений в сезоне, определяется прежде всего гидротермическими условиями местности и контролируется реакцией насекомых на продолжительность фотопериода (Mironidis, Savopoulou-Soultani, 2012; Mironidis, 2014). В литературе обнаруживается лишь несколько публикаций, посвященных требованиям хлопковой совки к термическим условиям её развития, которые оцениваются суммами эффективных температур (СЭТ). Большая часть таких работ была выполнена при содержании насекомых при постоянных температурах в лабораторных условиях.

Так, из упомянутой в статье (Nietschke et al., 2007) базы данных удается узнать, что пороги развития яиц, гусениц, предкуколок, куколок и в целом за период от яйца до имаго для египетской популяции хлопковой совки оценивались значениями 14.17°, 12.63°, 14.81°, 14.65° и 13.87°С, а СЭТ, соответственно, составили 30.33, 199.14, 26.45, 146.93 и 403.49°С·сут.

Далее, значения температурных порогов развития для популяции из Японии оказались для яиц равными 10.8°, для гусениц 13.6°, куколок 14.6° С, а СЭТ, соответственно, оценивались 45.5, 200.0 и 142.9°С·сут (Qureshi et al., 1999).

Полученные в условиях Словакии оценки температурных параметров развития хлопковой совки оказались существенно отличными от указанных выше: при порогах развития для яиц 14.8° , для гусениц 11.3° , и для куколок 8.2°C , СЭТ, соответственно, составили 64.1, 344.8 и $222.2^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$. Минимальный порог развития в целом для генерации был оценен 11.5°C , а СЭТ оказалась равной $625.0^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ (Barteková, Praslička, 2006).

Важно отметить, что развитие хлопковой совки обнаруживает нелинейную зависимость от температуры (Foley, 1981; Mironidis, 2014; Mironidis, Savopoulou-Soultani, 2014), так что значения температурных порогов и СЭТ могут существенно меняться в зависимости от того, в каком диапазоне температур росли насекомые (Mironidis, Savopoulou-Soultani, 2014; Fathipour, Sedaratian, 2013). Именно поэтому полученные в естественных условиях обитания хлопковой совки данные о ее потребностях в тепле имеют намного большую ценность для моделирования. Приведем несколько имеющихся подобных оценок.

Так, согласно данным, полученным К.И. Ларченко (1968) в условиях Узбекистана, порог развития хлопковой совки был оценен значением 11°C , а СЭТ, необходимые для развития, составили для яйца $50^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$, гусениц – $300^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$, куколок – $200^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$, и на весь цикл развития – $550^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ (для расчетов были использованы среднедекадные значения температур, которые получали с ближайших метеорологических станций). Было также установлено, что указанные термические требования хлопковой совки для развития сохраняют свое постоянство в широком диапазоне значений влажности (40-85%) (Ларченко, 1968).

Выполненные в Краснодарском крае наблюдения за развитием хлопковой совки (Фефелова, 2007) подтвердили, что указанное К.И. Ларченко (1968) значение СЭТ $550^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ при пороге 11°C позволяет надежно прогнозировать сроки развития местной популяции вредителя.

И, наконец, в публикации А.В. Кузьминского и В.П. Федоренко (2014) сообщается, что в окрестностях Луганска развитие одного поколения хлопковой совки требует СЭТ около $500^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ при пороге 10°C . К сожалению, в этой статье не представлена какая-либо информация о том, как осуществлялись расчеты пороговых значений температуры, а также отсутствуют результаты проверки СЭТ на валидность с использованием сторонних данных.

В данной работе при построении климатического ареала хлопковой совки нами были использованы предложенные К.И. Ларченко (1968) значения СЭТ и температурного порога для развития генерации вредителя, равные соответственно $550^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ и 11°C . Эти оценки прошли соответствующую проверку на валидность в широком диапазоне природно-климатических условий (Ли, 1998; Фефелова, 2007; Церковная, Черная, 2017) и упоминаются в Агротласе в качестве важнейших экологических параметров этого вредителя (Чумаков, Кузнецова, 2008).

Для установления того, принадлежит ли заданная точка географического пространства климатическому ареалу вида в условиях климата определенного отрезка времени (в данной работе – некоторого десятилетия) исполь-

зовался параметр $p \in [0, 1]$. Это – теоретическое значение частоты лет в условиях этого климата, в которые требование к значению СЭТ (см. выше) выполняется. Считается, что если p превышает пороговое значение p_0 , то рассматриваемая точка принадлежит климатическому ареалу. В качестве значения p_0 в данном случае выбрано 0.5, что означает, что состояние среды чаще соответствует требованиям вида, чем не соответствует. Выбор этого значения также косвенно отражает способность хлопковой совки ситуационно мигрировать, а также уходить в факультативную диапаузу в случае неблагоприятной климатической ситуации.

Однако значение параметра p недоступно для непосредственного измерения. Ведь речь идет о климатических данных конкретного десятилетия. О выполнении соотношения $p > p_0$ можно сделать лишь вероятностное заключение на основании числа лет k из общего числа лет N в рассматриваемом отрезке времени, в которые требование вида к климату выполняется. Если анализируется модельный, расчетный климат, то N – общее число лет во всех имеющихся реализациях климата рассматриваемого отрезка времени. Алгоритмы получения оценки вероятности P того (уверенности в том), что выполнения соотношения $p > p_0$, изложен в работах (Семенов и др., 2020; Ясюкевич, Богданович, 2021; Добролюбов и др., 2023; Богданович, Семенов, 2023). При расчетах вероятности P использовался байесовский подход.

Для оценки климатического ареала *H. armigera* в России были использованы климатические данные, предоставленные Климатическим центром Росгидромета (КЦР). Эти данные – значения среднемесячной температуры воздуха в приповерхностном слое и месячной суммы осадков – основаны на расчетах, выполненных региональной климатической моделью Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (ГГО) (Школьник, Ефимов, 2015). Модельные оценки климата отражают сценарий RCP8.5, предполагающий сильное антропогенное воздействие на климатическую систему Земли в XXI веке, и сценарий RCP4.5, отражающий умеренное воздействие. Нами были использованы данные за 1990-1999 гг., 2030-2039 гг. и 2050-2059 гг. Для каждого из этих десятилетий климат был представлен 50 реализациями.

В эти массивы расчетных данных были внесены поправки, чтобы для базового периода 1990-1999 гг. уменьшить расхождения с данными мониторинга климата CRU TS v. 4.04 (Harris et al., 2020). Полученный скорректированный набор данных обозначается как КЦР^a ("a" означает "с поправками", "adjusted"). КЦР^a4.5 и КЦР^a8.5 относятся к климатам, рассчитанным в условиях сценариев RCP4.5 и RCP8.5 соответственно. Более подробно о внесенных поправках см. статью А.Ю. Богдановича и соавторов (2021).

Результаты расчета климатического ареала и обсуждение

На рис. 1 представлен результат расчета климатического ареала хлопковой совки для климата 1990-1999 гг., по данным КЦР^a. Балльные и вербальные характеристики вероятности P принадлежности точки географического

пространства климатическому ареалу, а также цветовое отображение, следующие (Богданович и др., 2021):

- 4 – практически достоверно, ($0.99 < P \leq 1.0$], темно-коричневый цвет;
- 3 – весьма вероятно, ($0.90 < P \leq 0.99$], коричневый цвет;
- 2 – вероятно, ($0.66 < P \leq 0.90$], темно-желтый цвет;
- 1 – средне-вероятно, ($0.33 < P \leq 0.66$], желтый цвет.

Белый цвет используется для маловероятных точек ($P \leq 0.33$). Светло-серый цвет обозначает отсутствие данных в используемой климатической базе.

Такой метод отображения результатов анализа соответствует стандартам, применяемым в докладах Межправительственной группы экспертов по изменению климата – МГЭИК (Mastrandrea et al., 2010).

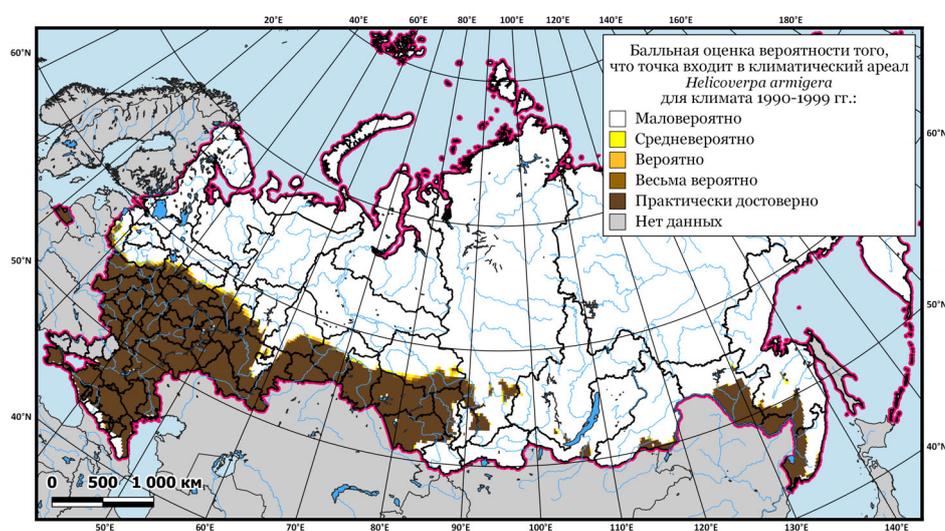


Рисунок 1. Балльная оценка вероятности того, что точка географического пространства принадлежит климатическому ареалу *H. armigera* на территории России, соответствующему климату КЦР^а для 1990-1999 гг.

Figure 1. Scores of the probability that a point in geographic space belongs to the climatic range *H. armigera* on the territory of Russia corresponding to the КЦР^а climate conditions for 1990-1999

Сопоставление результата, представленного на рис. 1, с данными, представленными в «Агроатласе...» (Чумаков, Кузнецова, 2008) (рис. 2), показывает значительное их сходство. Основные различия связаны с тем, что наша оценка основывается на вероятностных характеристиках вхождения точки в ареал, в то время как в «Агроатласе...» изображены зоны вредоносности, которые отображают фактически наблюдавшиеся случаи, сведения о которых были взяты из литературных источников.

Согласно рис. 1, климатический ареал хлопковой совки не доходит до высокогорий Северного Кавказа, а также до 59° с.ш. Это отличие от ситуации, приведенной на рис. 2, может объясняться тем, что хотя фактически условия климата могут не подходить для развития поколения хлопковой совки, но в

результате миграции во время жизни одного из поколений данный вредитель мог наблюдаться в этих локациях.

На юге Дальнего Востока, наоборот, климатический ареал шире фактического, представленного на рис. 2, и, помимо Приморского края, Еврейской автономной области и Амурской области, захватывает еще и юг Хабаровского края. Такое различие скорее всего обусловлено очень неблагоприятным для развития хлопковой совки в регионе сочетанием погодно-климатических факторов, в том числе избыточного увлажнения, и относительно низких летних температур, чье негативное воздействие на динамику численности вредителя хорошо известно (Murray, Zalucki, 1990; Maelzer et al., 1999; Казанок, 2009; Ченикалова и др., 2012; Huang, Li, 2015, и др.).

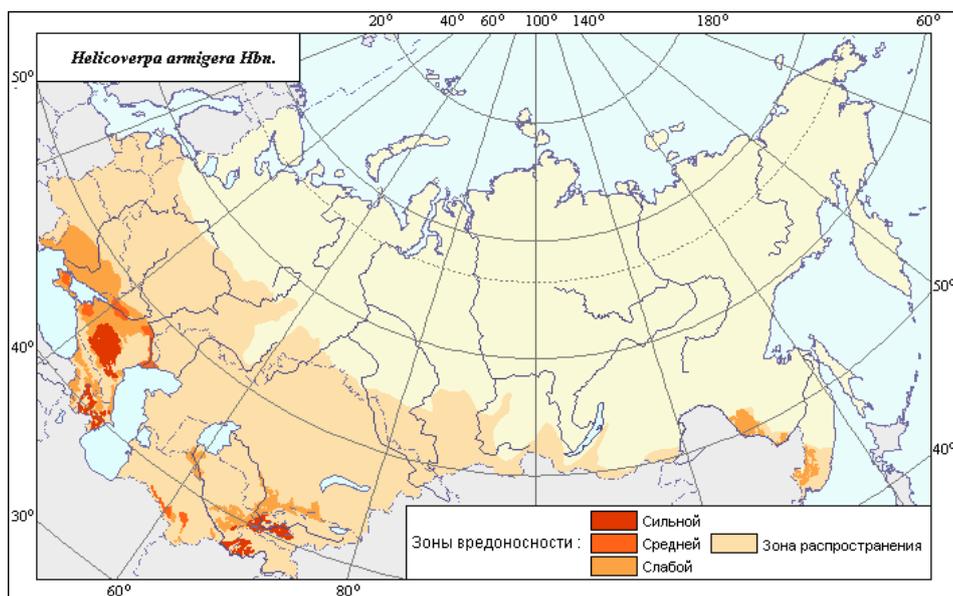


Рисунок 2. Ареал хлопковой совки, приводимой в «Агроатласе...» (Афонин и др., 2008, авторы статьи Чумаков, Кузнецова, 2008)

Figure 2. The area of the cotton bollworm given in "Agroatlas..." (Чумаков, Кузнецова, 2008)"

Рис. 3 и 4 демонстрируют изменения в балльных оценках вероятности принадлежности точки географического пространства климатическому ареалу *H. armigera* для климатов массива КЦР^a, соответствующих 2030-2039 гг. по сравнению с климатом 1990-1999 гг. (базовый период) в условиях сценариев RCP4.5 и RCP8.5.

При изменении климата введенные балльные оценки могут меняться следующим образом: (-4), (-3), (-2), (-1), 0, 1, 2, 3 и 4. Этим изменениям соответствуют соответственно следующие вербальные характеристики (Богданович и др., 2021): уменьшение (очень сильное, сильное, среднее, слабое), изменение не выявлено, увеличение (слабое, среднее, сильное, очень сильное). При картографировании этим значениям соответствуют следующие цвета: темно-зеленый, зеленый, светло-зеленый, салатовый, белый, розовый, красный, темно-красный, фиолетовый.

Результаты оценок, приведенные на рис. 3 и 4, указывают на то, что в Европейской части России и в Западной Сибири ареал климатический хлопковой совки в 2030-2039 гг. может продвинуться севернее 60° с.ш., чего не наблюдалось в базовый период. Продвижение границы на север также отмечается на юге Восточной Сибири и Дальнего Востока.

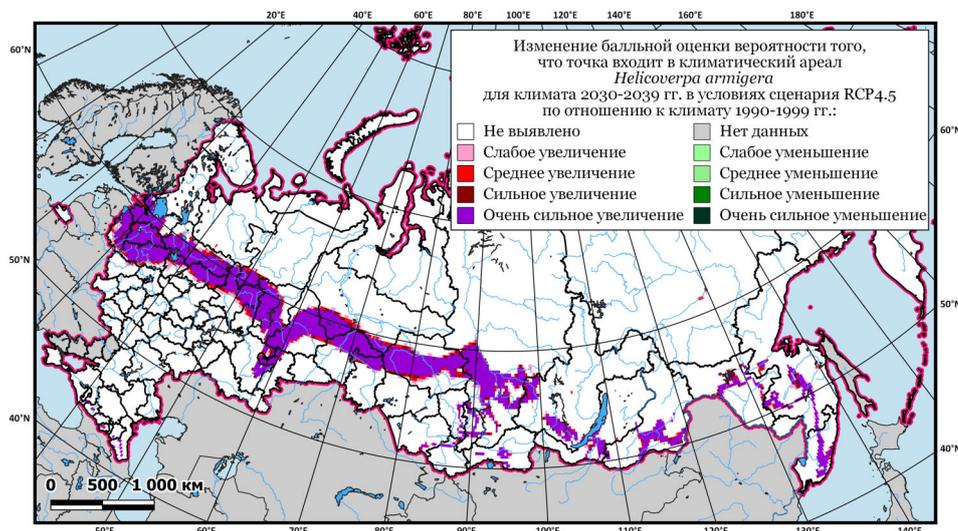


Рисунок 3. Изменение балльной оценки вероятности того, что точка географического пространства принадлежит климатическому ареалу *H. armigera*, соответствующему климату массива КЦР^a для 2030-2039 гг. по сравнению с климатом 1990-1999 гг. в условиях сценария RCP4.5

Figure 3. The changes in the probability scores that a point of geographical space belongs to the climatic range of *H. armigera* under the КЦР^a climate conditions for 2030-2039 as compared to the 1990-1999 climate under RCP4.5 scenario

Аналогично, рис. 5 и 6 демонстрируют изменения климатического ареала хлопковой совки в условиях климатов, соответствующих 2050-2059 гг., в условиях сценариев RCP4.5 и RCP8.5. Как показывают эти рисунки, например, в условиях сценария RCP8.5 в климатический ареал хлопковой совки могут войти южные районы Республики Коми, Архангельской области, Республики Карелия, значительная часть Томской области, а также южные части Ханты-Мансийского АО, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов.

В климатическом ареале хлопковой совки может появиться обширная область на юго-востоке территории Республики Саха (Якутия). Тем не менее значительная удаленность этого обособленного участка, который соответствует климатическим критериям, от основной, более целостной части ареала, расположенной южнее, и суровые зимние условия вызывают сомнения относительно возможности успешного заселения его хлопковой совкой и перезимовки.

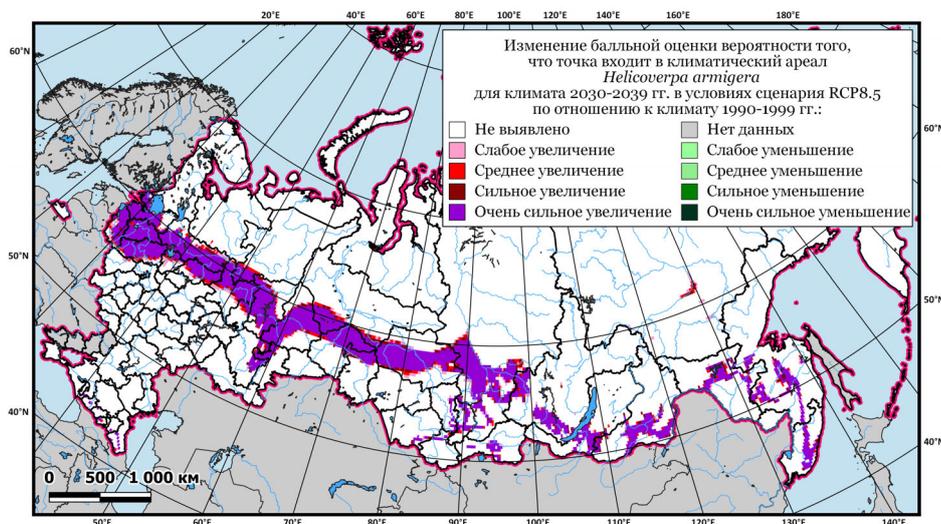


Рисунок 4. Изменение балльной оценки вероятности того, что точка географического пространства принадлежит климатическому ареалу *H. armigera*, соответствующему климату массива КЦР^а для 2030-2039 гг. по сравнению с климатом 1990-1999 гг. в условиях сценария RCP8.5

Figure 4. The changes in the probability scores that a point of geographical space belongs to the climatic range of *H. armigera* under the КЦР^а climate conditions for 2030-2039 as compared to the 1990-1999 climate under RCP8.5 scenario

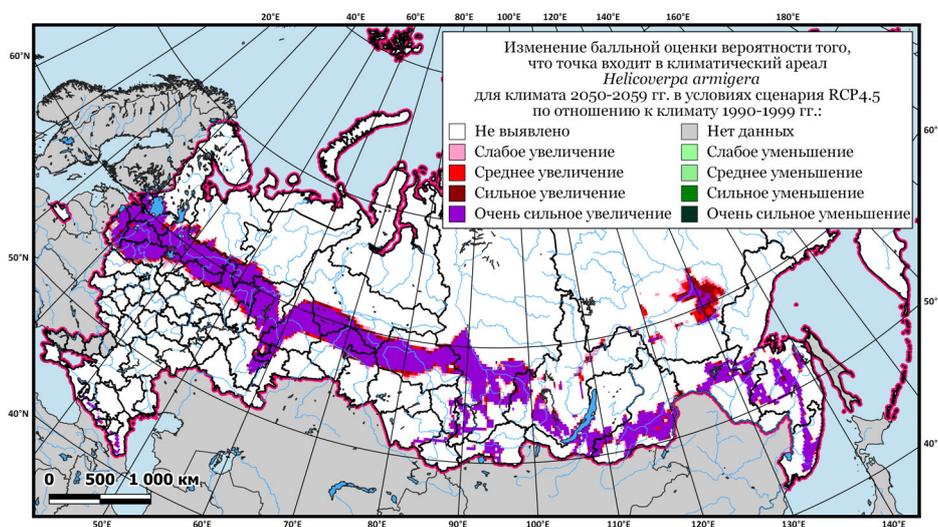


Рисунок 5. Изменение балльной оценки вероятности того, что точка географического пространства принадлежит климатическому ареалу *H. armigera*, соответствующему климату массива КЦР^а для 2050-2059 гг. по сравнению с климатом 1990-1999 гг. в условиях сценария RCP4.5

Figure 5. The changes in the probability scores that a point of geographical space belongs to the climatic range of *H. armigera* under the КЦР^а climate conditions for 2050-2059 as compared to the 1990-1999 climate under RCP4.5 scenario

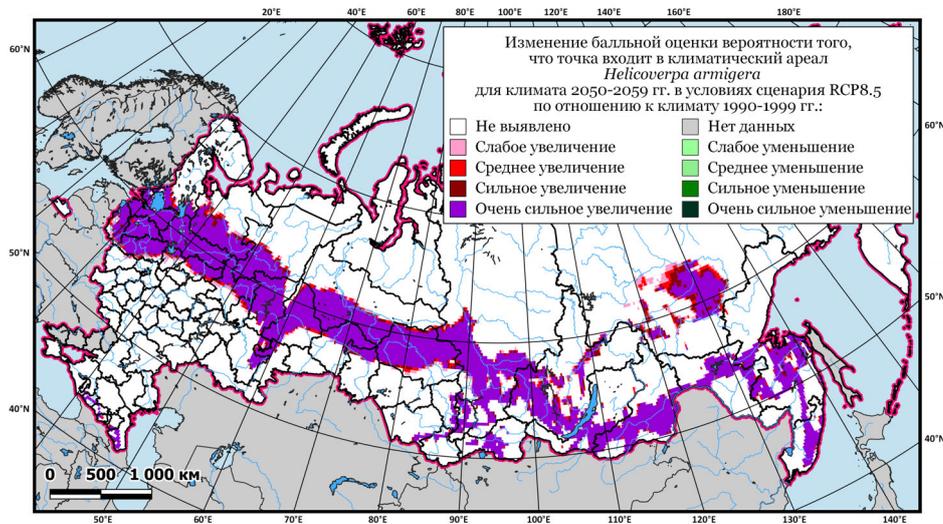


Рисунок 6. Изменение балльной оценки вероятности того, что точка географического пространства принадлежит климатическому ареалу *H. armigera*, соответствующему климату массива КЦР^а для 2050-2059 гг. по сравнению с климатом 1990-1999 гг. в условиях сценария RCP8.5

Figure 6. The changes in the probability scores that a point of geographical space belongs to the climatic range of *H. armigera* under the КЦР^а climate conditions for 2050-2059 as compared to the 1990-1999 climate under RCP8.5 scenario

Заключение

При изменениях климата в условиях рассмотренных выше сценариев семейства RCP антропогенного воздействия на климатическую систему Земли в XXI веке климатический ареал хлопковой совки на территории России продвинется существенно на север, возможно даже севернее 60° с.ш. Такое распространение может быть реализовано лишь на тех территориях, где будут расти в естественных условиях или культивироваться кормовые растения – обычные для вредителя или же те, которым он адаптируется. Хотя в настоящее время большинство повреждаемых хлопковой совкой сельскохозяйственно-значимых культур возделываются преимущественно южнее этих широт, уже сейчас многие хозяйства на этих территориях выращивают такую излюбленную вредителем культуру как кукуруза, которая сможет обеспечить кормовой базой дальнейшее продвижение вредителя на север.

Поскольку возделывание кукурузы в северных регионах страны в первую очередь лимитируется дефицитом тепла (Панфилов, 2014; Зезин, Панфилов, 2017; Панфилов и др., 2022), селекционные учреждения нашей страны, в том числе Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко, Всероссийский НИИ кукурузы, НПО «КОС-МАИС», НПО «Семеноводство Кубани», «Росагротрейд», ССЦ «Отбор» и другие ведут активную и планомерную работу по селекции кукурузы на скороспелость (Сотченко, 2015; Ильин, и др., 2017;

Давыдова и др., 2019; Сотченко, Сотченко, 2021). В результате этой работы ультраранние и раннеспелые гибриды отечественной селекции удается успешно выращивать на зерно в регионах страны, характеризующихся достаточно суровыми климатическими условиями, в том числе на Урале и в Западной и Восточной Сибири (Елисеев, Елисеев, 2015; Кравченко, 2015; Зезин, Панфилов, 2017; Зезин и др., 2018; Зезин, Намятов, 2018; Свечников, Соколова, 2018; Панфилов и др., 2022), причем как по зерновой продуктивности, так и по уборочной влажности зерна зарубежные гибриды, как правило, уступают российским (Панфилов, 2014; Иванова, 2018а). Так, например, лидирующий по скороспелости (Гилев и др., 2014; Зезин, Намятов, 2018; Иванова, 2018а), а потому и завоевавший популярность у производителей кукурузы (Коренева, 2020) гибрид Кубанский 101 СВ селекции НПО «КОС-МАИС» и Института агроэкологии – филиала Челябинской государственной агроинженерной академии способен формировать урожай в условиях северной лесостепи Зауралья на уровне 6.1 т зерна с 1 га (Иванова, 2018b).

Помимо кукурузы хлопковая совка также способна найти себе пропитание и на других культурах, если учесть ее очень широкую многоядность и, особенно, ее способность к переходу на питание новыми растениями-хозяевами, как культурными, так и дикорастущими, которые обильнее всего произрастают в зоне обитания вредителя. Таким образом, по-видимому фактор кормового растения не будет надежно лимитировать проникновение хлопковой совки на север. Расширение ареала и зоны вредоносности этого насекомого к северу в первую очередь будет лимитироваться дефицитом летнего тепла, необходимого для развития насекомого.

Во вторую очередь, распространение хлопковой совки к северу вероятнее всего будет ограничено неблагоприятными условиями перезимовки куколок, т.е. суровыми зимами с глубоким промерзанием почвы. Однако, в этом отношении также важно иметь ввиду возможность преодоления негативного эффекта этого лимитирующего фактора за счет периодических миграций в южном направлении, что ранее уже обсуждалось.

Детальное моделирование динамики популяций хлопковой совки даже в масштабе одного региона – очень непростое дело, требующее учета, в том числе, немалого числа факторов, определяющих выживаемость куколок при зимовке, направления и характер миграций бабочек (Feng et al., 2010). В связи с этим данную статью следует рассматриваться лишь в качестве пусть и важной, но все же отправной точки для моделирования зон вредоносности этого в высшей степени опасного насекомого.

Благодарности

Авторы признательны за поддержку этой работы Росгидромету (*госзадание ФГБУ «ИГКЭ» № 169-00009-24-00, проект 3.1.2*) в части проведения модельных расчетов и картографического отображения результатов, а также ФГБУН «Институт географии РАН» (*госзадание FMWS-2024-0001, 1021051403088-5 «Изменения климата, их причины и последствия для окру-*

жающей среды и жизнедеятельности населения на территории России») в части экологического анализа.

Список литературы

АБ Центр (Экспертно-аналитический центр агробизнеса) (2024) *Российский рынок кукурузы в 2024 году: ключевые тенденции и прогнозы*, электронный ресурс, URL: <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-kukuruzy-v-2024-godu-klyuchevye-tendencii-i-prognozy> (дата обращения 20 октября 2024 г.).

Афонин, А.Н., Грин, С.Л., Дзюбенко, Н.И., Фролов, А.Н. (ред.) (2008) *Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения*, электронный ресурс, URL: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения 26 октября 2024 г.).

Алфераки, С.Н. (1907) К фауне чешуекрылых Северного Кавказа (исправления и добавления), *Русское энтомологическое обозрение*, т. 7, № 4, с. 203-205.

Арестова, Н.О., Рябчун, И.О. (2015) Изменение вредной энтомофауны в виноградном агроценозе Нижнего Придонья, *Виноградарство и виноделие*, № 45, с. 48-49.

Артохин, К.С., Полтавский, А.Н., Матов, А.Ю., Щуров, В.И. (2017) *Совкообразные – вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений*, Ростов-на-Дону: Foundation, 376 с.

Богачев, А.В. (1954) *Хлопковая совка и меры борьбы с ней*, Симферополь, Крымиздат, 52 с.

Богданович, А.Ю., Павлова, В.Н., Ранькова, Э.Я., Семенов, С.М. (2021) Влияние изменений засушливости в России в XXI веке на пригодность территорий для возделывания зерновых культур, *Фундаментальная и прикладная климатология*, № 1, с. 20-35, doi: 10.21513/2410-8758-2021-1-20-35.

Богданович, А.Ю., Семенов, С.М. (2023) Оценка климатических ареалов видов с использованием системы RANGES, в кн.: *Сборник тезисов докладов международной конференции «Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования. Климат-2023»*, М., Физматкнига, с. 220-220.

Бориско, А.Е. (1961) *Основные особенности биологии хлопковой (кукурузной) совки Chloridea obsoleta F. на юге УССР и обоснование мероприятий по борьбе с нею*, Автореф. дис. ... канд. биол. наук, Одесса, 23 с.

Винклер, Н.Г. (1971) Фенология, стациальное распределение и динамика численности хлопковой совки на юге Таджикистана, *Труды Всесоюзного научно-исследовательского института защиты растений*, вып. 32, ч. 1, с. 87-100.

Гилев, С.Д., Цымбаленко, И.Н., Замятин, А.А., Панфилов, А.Э., Суслов, С.А. (2014) Зерновая кукуруза в Зауралье, в кн.: *Современные проблемы земледелия Зауралья и пути их научно обоснованного решения: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию Курганского НИИСХ и 100-летию Шадринского опытного поля, 24-25 июля 2014 г.*, Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», с. 227-233.

Говоров, Д.Н., Живых, А.В., Проскурякова, М.Ю. (2013) Хлопковая совка – периодическая угроза сельскохозяйственным посевам, *Защита и карантин растений*, № 5, с. 18-20.

Горышин, Н.И. (1958) Экологический анализ сезонного цикла развития хлопковой совки (*Chloridea obsoleta* F.) в северных районах ее распространения, *Ученые записки Ленинградского государственного университета*, вып. 46, № 240, с. 3-20.

Давыдова, С.А., Вахания, В.И., Курасов, В.С. (2019) *Анализ состояния и перспективные направления развития селекции и семеноводства кукурузы, научный аналитический обзор*, М., ФГБНУ «Росинформагротех», 92 с.

Добролюбов, Н.Ю., Семенов, С.М., Володин, Е.М., Богданович, А.Ю. (2023) Алгебраический алгоритм статистической оценки параметра биномиального распределения и пример его применения в одной глобальной геоинформационной задаче прикладной климатологии, *Метеорология и гидрология*, вып. 10, с. 16-24, doi: 10.52002/0130-2906-2023-10-16-24.

Елисеев, С.Л., Елисеев, А.С. (2015) Вызревание зерна кукурузы в северных районах кукурузосеяния, *Пермский аграрный вестник*, № 1 (9), с. 11-18.

Зезин, Н.Н., Намятов, М.А. (2018) Результаты внедрения зерновой технологии возделывания кукурузы на Среднем Урале, *Кормопроизводство*, № 3, с. 11-15.

Зезин, Н.Н., Намятов, М.А., Пелевин, В.А. (2018) Подбор гибридов кукурузы и оптимальные сроки их уборки на Среднем Урале, *АПК России*, т. 25, № 1, с. 37-44.

Зезин, Н.Н., Панфилов, А.Э. (ред.) (2017) *Кукуруза на Урале. Монография*, Екатеринбург, Уральский НИИСХ, Уральское изд-во, 202 с.

Иванова, Е.С. (2018а) Эффективность возделывания кукурузы российской и зарубежной селекции в условиях Зауралья, *АПК России*, т. 25, № 2, с. 223-227.

Иванова, Е.С. (2018b) Формирования зерновой продуктивности скороспелой кукурузы в условиях Зауралья, *Известия высших учебных заведений. Уральский регион*, № 1, с. 130-135.

Ильин, В.С., Логинова, А.М., Губин, С.В., Гетц, Г.В. (2017) Экологическое испытание новых гибридов кукурузы, созданных с участием омских инбредных линий, с использованием селекционных индексов, *Успехи современного естествознания*, № 12, с. 61-65.

Казанок, Т.С. (2009) *Биоэкологические особенности хлопковой совки в агроценозе сахарной кукурузы и меры борьбы с ней в условиях Западного Предкавказья*, Автореф. дис. ... канд. сельскохозяйственных наук, Воронеж, 25 с.

Киль, В.И. (2010) ДНК-полиморфизм и генетическое разнообразие популяций яблонной плодовой и хлопковой совки по микросателлитным локусам, *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, № 62, с. 304-313.

Кожанчиков, И.В. (1938) Эксперименты и наблюдения по влиянию тепла на развитие куколок хлопковой совки *Heliothisobsoleta* F., *Защита растений*, № 16, с. 27-34.

Кожанчиков, И.В. (1941) О некоторых типах ареала распространения вредных насекомых, *Известия Высших курсов прикладной зоологии и фитопатологии*, № 12, с. 222-234.

Комарова, О.С. (1964) Влияние температуры на зимовку куколок хлопковой совки, *Зоологический журнал*, т. 43, № 10, с. 1467-1472.

Комарова, О.С., Кузнецова, М.С., Никишина, Е.С. (1971) Влияние температуры и длины дня на развитие гусениц и диапаузу куколок хлопковой совки, *Труды Всесоюзного научно-исследовательского института защиты растений*, вып. 32, ч. 1. с. 75-78.

Коренева, А. (2020) *Самые популярные гибриды кукурузы в России в 2020 году*, <https://agrobook.ru/blog/user/aleksandra-koreneva/samye-populyarnye-gibridy-kukuruzy-v-rossii-v-2020-godu> (дата обращения 26 октября 2024 г.).

Кравченко, В.В. (2015) *Продуктивность ультраранних и раннеспелых гибридов кукурузы и оптимизация сроков их уборки на силос в условиях Среднего и Южного Урала*, Автореф. дис. ... канд. сельскохозяйственных наук, Тюмень, 18 с.

Красова, Л.Ф. (1973) *Хлопковая совка (Heliothis armigera Hbn.) в Дагестане и обоснование мероприятий по борьбе с ней*, Автореф. дис. ... канд. сельскохозяйственных наук, Л., 19 с.

Кузнецова, М.С. (1971) Цикл развития хлопковой совки на кукурузе в Ставропольском крае, *Труды Всесоюзного научно-исследовательского института защиты растений*, вып. 32, ч. 1, с. 79-86.

Кузнецова, М.С. (1972) Влияние температурных и фотопериодических условий на реактивацию диапаузирующих куколок хлопковой совки *Chloridea obsoleta* F. (Lepidoptera, Noctuidae), *Энтомологическое обозрение*, т. 51, № 3, с. 520-527.

Кузьминский, А.В., Федоренко, В.П. (2014) Особенности развития хлопковой совки в северной Степи Украины, *Защита и карантин растений*, № 11, с. 36-37.

Ларченко, К.И. (1968) *Экология хлопковой совки и сроки борьбы с ней*, Ташкент: ФАН, 192 с.

Ли, Х. (1998) Экология и прогноз появления хлопковой совки в северо-западном Китае, *Известия Харьковского энтомологического общества*, т. 6, № 2, с. 147-149.

Матов, А.Ю., Кононенко, В.С. (2012) *Трофические связи гусениц совкообразных чешуекрылых фауны России (Lepidoptera, Noctuoidea: Nolidae, Erebidae, Euteliidae, Noctuidae)*, Владивосток: Дальнаука, 346 с.

Мухитдинов, С.М., Ботурова, З.Ф. (2019) Экология и контроль состояния хлопковой совки в агробиоценозе Кулябской зоны Таджикистана, *Наука и инновация*, № 4, с. 217-222.

Мухитдинов, С.М., Хушвахтова, Ш.Д. (2017) Особенности экологии хлопковой совки в новых структурах пашни долинных зон Таджикистана, *Защита и карантин растений*, № 6, с. 31-34.

Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2023 году и прогноз развития вредных объектов в 2024 году (2024) Под ред. Д.Н. Говорова и А.В. Живых, М., ФГБУ «Россельхозцентр», 1281 с.

Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2022 году и прогноз развития вредных объектов в 2023 году (2023) Под ред. Д.Н. Говорова и А.В. Живых, М., ФГБУ «Россельхозцентр», 267 с.

Панфилов, А.Э. (2014) Селекция кукурузы для севера: направления и тенденции, в кн.: *Современные проблемы земледелия Зауралья и пути их научно обоснованного решения: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию Курганского НИИСХ и 100-летию Шадринского опытного поля, 24-25 июля 2014 г.*, Куртамыш, ООО «Куртамышская типография», с. 233-240.

Панфилов, А.Э., Зезин, Н.Н., Овчинников, П.Ю. (2022) Биологическая продуктивность ультраранних гибридов кукурузы в различных почвенно-климатических зонах Уральского региона, *Аграрный вестник Урала*, № 03 (218), с. 35-47, doi: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-35-47.

Парулава, Н.И. (1985) *Хлопковая совка (Helicoverpa armigera Hbn.) вредитель кукурузы, томатов, табака и меры борьбы с ней*, автореф. дис. ... канд. сельскохозяйственных наук, Тбилиси, 25 с.

Полоскина, Ф.М. (1962) Особенности развития и вредоносность хлопковой совки на кукурузе в Азербайджане, *Записки Ленинградского сельскохозяйственного института*, вып. 87, с. 119-123.

Попова Е.Н., Попов И.О. (2013) Климатические факторы, определяющие границы ареалов вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений, и расчетные методы оценки изменения ареалов при изменении климата, *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*, том 25, с. 177-206.

Родд, А.Е. (1955) Методика определения сроков развития хлопковой совки по температурным данным, *Социалистическое сельское хозяйство Азербайджана*, № 8, с. 60-63.

Свечников, А.К., Соколова, Е.А. (2018) Скорость развития гибридов кукурузы в условиях 2017 года в Республике Марий Эл, *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*, № 20, с. 81-83.

Семенов С.М., Попов И.О., Ясюкевич В.В. (2020) Статистическая модель для оценки формирования климатических угроз по данным мониторинга климата, *Метеорология и гидрология*, вып. 5, с. 59-65, doi: 10.3103/S1068373920050040.

Сигнализационное сообщение № 9 по Оренбургской области на 03.08.2016 г. Хлопковая совка (2016) Электронный ресурс, URL: <https://rosselhoccenter.com/index.php/56/7291-signalizatsionnoe-soobshchenie-9-poorenburgs-koj-oblasti-na-03-08-2016g-khlopkovaya-sovka> (дата обращения: 23 октября 2024 г.).

Сигнализационное сообщение № 14. Хлопковая совка на нуте. 25 июля 2024 г. (2024) Электронный ресурс, URL: <https://rosselhoccenter.ru/ob-uchrezhdenii/filialy/privolzhskiy/samarskaya-oblast/signalizatsionnoe-soobshchenie-14-khlopkovaya-sovka-na-nute/> (дата обращения: 23 октября 2024 г.).

Сигнализационное сообщение Россельхозцентра от 23 августа 2022 г. № 7 Хлопковая совка (2022) Электронный ресурс, URL: <https://old.rosselhoccenter.ru/index.php/58/35849-signalizatsionnoe-soobshchenie-7-khlopkovaya-sovka-penzenskaya-oblast> (дата обращения: 23 октября 2024 г.).

Сигнализационное сообщение Россельхозцентра от 08 августа 2022 года № 13 Хлопковая совка (2022) Электронный ресурс, URL: <https://r54.tmbreg.ru/assets/files/Selskoe%20hoz/2021/Сигнал%20№13%20от%2008.08.2022%20г.%20хлопковая%20совка.pdf> (дата обращения: 23 октября 2024 г.).

Сигнализационное сообщение Россельхозцентра по Республике Татарстан от 29 июля 2020 г. № 22 Хлопковая совка (2020) Электронный ресурс, URL: <https://rshc.tatarstan.ru/index.htm/news/1795062.htm> (дата обращения: 23 октября 2024 г.).

Сингх, С.П. (1973) Изучение хлопковой совки в центральной зоне Краснодарского края, *Труды Кубанского сельскохозяйственного института*, № 47 (75), с. 80-84.

Соснина, М.А. (1935) Материалы к изучению *Chloridea obsoleta* F. В кн.: Материалы по вредителям и болезням хлопчатника, под ред. М.И. Кособуцкого, И.Н. Степанцева, Ташкент, Всесоюзный научно-исследовательский институт по хлопководству (СОЮЗНИХИ), с. 73-107.

Сотченко, В.С. (2015) Роль кукурузы в повышении продовольственной независимости страны, *Вестник Российской академии наук*, т. 85, № 1, с. 12-14.

Сотченко, В.С., Сотченко, Ю.В. (2021) Состояние и перспективы селекции и семеноводства кукурузы, *Кукуруза и сорго*, № 2, с. 5-11, doi: 10.25715/e3734-6035-8345-q.

Сухорученко, Г.И. (1996) Состояние проблемы резистентности вредителей хлопчатника к пестицидам в Средней Азии и Азербайджане в начале 90-х годов, *Энтомологическое обозрение*, т. 75, № 1, с. 3-15.

Уваров, Б.П. (1924) Вредители хлопчатника в Египте, Индии и Месопотамии, *Хлопковое дело*, № 9-10, с. 63-77.

Фефелова, Ю.А. (2007) *Факторы сезонной динамики численности хлопковой совки на Северо-Западном Кавказе в период низкой численности*, автореф. дис. ... канд. биол. наук, Санкт-Петербург – Пушкин, 19 с.

Фефелова, Ю.А., Фролов, А.Н. (2007) Факторы сезонной динамики численности хлопковой совки *Helicoverpa armigera* в Краснодарском крае, *Вестник защиты растений*, № 1, с. 47-52.

Фролов, А.Н. (2011) Современные направления совершенствования прогнозов и мониторинга, *Защита и карантин растений*, № 4, с. 15-20.

Фролов, А.Н., Фефелова, Ю.А. (2006) Динамика распределения яиц хлопковой совки и их смертность на кукурузе в Краснодарском крае, *Вестник защиты растений*, № 2, с. 34-40.

Хромова, Л.М. (2011) Влияние некоторых синоптических показателей на вредоносность хлопковой совки в Кабардино-Балкарии, *Аграрный вестник Урала*, № 8 (87), с. 12.

Церковная, В.С., Черная, В.П. (2017) Хлопковая совка в Приднестровье, в кн.: *Овощеводство и бахчеводство: исторические аспекты, современное состояние, проблемы и перспективы развития, Материалы III Международной научно-практической конференции (в рамках II научного форума «Неделя науки в Крутах – 2017», 13-14 марта 2017 г., с. Круты, Черниговская обл., Украина, в двух томах, т. 2, с. 337-342.*

Ченикалова, Е.В., Жигальцова, И.С., Вдовенко, Т.В. (2012) Хлопковая совка на Ставрополье, *Сборник научных трудов S World*, № 45 (4), с. 43-45.

Ченикалова, Е.В. (2016) Об изменении круга кормовых растений хлопковой совки, в кн.: *Материалы IX Международной научно-практической интернет-конференции «Актуальные вопросы энтомологии», Ставрополь, 16 мая 2016 г. Труды Ставропольского отделения Русского Энтомологического Общества*, с. 16-21.

Ченикалова, Е.В., Коломыцева, В.А. (2021) Хлопковая совка продвигается на север. Проблемы прогноза численности, *Защита и карантин растений*, № 2, с. 31-33.

Черкашин, В.Н., Малыгина, А.Н., Черкашин, Г.В. (2014) Хлопковая совка на полевых культурах, *Земледелие*, № 5, с. 35-36.

Черкашин, В.Н., Ченикалова, Е.В., Черкашин, Г.В., Коломышцева, В.А. (2019) Хлопковая совка – опасный вредитель полевых культур, *Вестник АПК Ставрополя*, № 3, с. 73-77.

Чумаков, М.А., Кузнецова, Т.Л. (2008) *Helicoverpa armigera* Hbn. – Хлопковая совка, под ред. А.Н. Афонин, С.Л. Грин, Н.И. Дзюбенко, А.Н. Фролов, *Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения* [DVD-версия], электронный ресурс, URL: http://www.agroatlas.ru/ru/content/pests/Helicoverpa_armigera/index.html (дата обращения 26 октября 2024).

Школьник, И.М., Ефимов, С.В. (2015) Региональная модель нового поколения для территории северной Евразии, *Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова*, № 576, с. 201-211.

Щеткин, Ю.Л. (1956) Хлопковая совка и меры борьбы с ней, *Труды Института зоологии и паразитологии АН Таджикской ССР*, т. 52, с. 3-58.

Юрченко, Е.Г., Подгорная, М.Е., Прах, С.В., Черкезова, С.Р. (2018) Эффективность микробиологических инсектицидов в контроле доминирующих вредителей садов и виноградников, *Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия*, т. 15, с. 91-100, doi: 10.30679/2587-9847-2018-15-91-100.

Ясюкевич, В.В., Богданович, А.Ю. (2021) Климатические предикторы для модельного описания климатических ареалов некоторых биологических видов и их изменений в условиях будущего климата, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 7, №. 1, с. 117-137.

Aggarwal, N., Brar, D.S., Basedow, T. (2006) Insecticide resistance management of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) and its effect on pests and yield of cotton in North India, *Journal of Plant Diseases and Protection*, vol. 113, no. 3, pp. 120-127.

Akhurst, R.J., James, W., Bird, L.J., Beard, C. (2003) Resistance to the Cry1Ac δ -endotoxin of *Bacillus thuringiensis* in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Journal of Economic Entomology*, vol. 96, no. 4, pp. 1290-1299, doi: 10.1093/jee/96.4.1290.

Ballari, H.S., Udikeri, S.S. (2022) Persisting resistance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to pyrethroid, organophosphate and carbamate insecticides, *Pakistan Journal of Zoology*, vol. 54, no. 4, pp. 1649-1656.

Bapatla, K.G., Singh, A.D., Sengottaiyan, V., Korada, R.R., Yeddula, S. (2022) Impact of climate change on *Helicoverpa armigera* voltinism in different agro-climatic zones of India, *Journal of Thermal Biology*, vol. 106, article number 103229, doi: 10.1016/j.jtherbio.2022.103229.

Barteková, A., Praslička, J. (2006) The effect of ambient temperature on the development of cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hübner, 1808), *Plant Protection Science*, vol. 42, no. 4, pp. 135-138, doi: 10.17221/2768-PPS.

Barzman, M., Bårberi, P., Birch, A.N.E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J.E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J.R., Messéan, A., Moonen, A.C., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J.L., Sattin, M. (2015) Eight principles of integrated pest management, *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 35, pp. 1199-1215.

Bentivenha, J.P.F., Paula-Moraes, S.V., Baldin, E.L.L., Specht, A., da Silva, I.F., Hunt, T.E. (2016) Battle in the New World: *Helicoverpa armigera* versus *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae), *PLoS One*, vol. 11, no. 12, article number e0167182.

Chatar, V.P., Raghvani, K.L., Joshi, M.D., Ghadge, S.M., Deshmukh, S.G., Dalave, S.K. (2010) Population dynamics of pod borer, *Helicoverpa armigera* (Hubner) infesting chickpea, *International Journal of Plant Protection*, vol. 3, no. 1, pp. 65-67.

Chen, C., Xia, Q.W., Fu, S., Wu, X.F., Xue, F.S. (2014) Effect of photoperiod and temperature on the intensity of pupal diapause in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Bulletin of Entomological Research*, vol. 104, no. 1, pp. 12-18, doi: 10.1017/S0007485313000266.

Cordeiro, E.M.G., Pantoja-Gomez, L.M., de Paiva, J.B., Nascimento, A.R.B., Omoto, C., Michel, A.P., Correa, A.S. (2020) Hybridization and introgression between *Helicoverpa armigera* and *H. zea*: an adaptational bridge, *BMC Evolutionary Biology*, vol. 20, article number 61, doi: 10.1186/s12862-020-01621-8.

Cunningham, J.P., Jallow, M.F., Wright, D.J., Zalucki, M.P. (1998) Learning in host selection in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Animal Behaviour*, vol. 55, no. 1, pp. 227-234, doi: 10.1006/anbe.1997.0600.

Cunningham, J.P., Zalucki, M.P., West, S.A. (1999) Learning in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): a new look at the behaviour and control of a polyphagous pest, *Bulletin of Entomological Research*, vol. 89, no. 3, pp. 201-207, <https://10.1017/S0007485399000310>.

Cunningham, J.P., West, S.A. (2008) How host plant variability influences the advantages to learning: a theoretical model for oviposition behaviour in Lepidoptera, *Journal of Theoretical Biology*, vol. 251, no. 3, pp. 404-410, <https://10.1016/j.jtbi.2007.11.009>.

Dahi, H. (2007) Using heat accumulation and sex pheromone catches to predicate the American bollworm *Helicoverpa armigera* Hub. field generations, *Journal of Plant Protection and Pathology*, vol. 32, no. 4, pp. 3037-3044.

Dalal, P.K., Arora, R. (2016) Impact of temperature on food consumption and nutritional indices of tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Noctuidae: Lepidoptera), *Journal of Agrometeorology*, vol. 18, no. 1, pp. 62-67, doi: 10.54386/jam.v18i1.901.

Dent, D.R., Binks, R.H. (2020) *Insect pest management*, 3rd edition, CABI, 363 p.

El-Mezayyen, G.A., Ragab, M.G. (2014) Predicting the American bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) field generations as influenced by heat unit accumulation, *Egyptian Journal of Agricultural Research*, vol. 92, no. 1, pp. 91-99, doi: 10.21608/ejar.2014.154435.

EPPO (2024) *Helicoverpa armigera*. Last updated: 2024-04-15. EPPO datasheets on pests recommended for regulation, electronic resource, URL: <https://gd.eppo.int/taxon/HELIAR> (accessed 2024-10-11).

Farrow, R.A., Daly, J.C. (1987) Long-range movements as an adaptive strategy in the genus *Heliothis* (Lepidoptera: Noctuidae) – a review of its occurrence and detection in four pest species, *Australian Journal of Zoology*, vol. 35, no. 1, pp. 1-24, . doi: 10.1071/ZO9870001.

Fathipour, Y., Sedaratian, A. (2013) Integrated management of *Helicoverpa armigera* in soybean cropping systems. Chapter 9. In: *Soybean, Pest Resistance*, El-Shemy, H.A. (ed.), Rijeka, Croatia, InTech, pp. 231-280, doi: 10.5772/54522.

Feng, H., Gould, F., Huang, Y., Jiang, Y., Wu, K. (2010) Modeling the population dynamics of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) over a wide area in northern China, *Ecological Modelling*, vol. 221, no. 15, pp. 1819-1830, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2010.04.003.

Feng, H.Q., Wu, K.M., Cheng, D.F., Guo, Y.Y. (2004) Northward migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and other moths in early summer observed with radar in northern China, *Journal of Economic Entomology*, vol. 97, no. 6, pp. 1874-1883, doi: 10.1093/jee/97.6.1874.

Feng, H.Q., Wu, K.M., Ni, Y.X., Cheng, D.F., Guo, Y.Y. (2005) Return migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) during autumn in northern China, *Bulletin of Entomological Research*, vol. 95, no. 4, pp. 361-370, doi: 10.1079/BER2005367.

Feng, H., Wu, X., Wu, B., Wu, K. (2009) Seasonal migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai sea, *Journal of Economic Entomology*, vol. 102, no. 1, pp. 95-104, doi: 10.1603/029.102.0114.

Fitt, G.P. (1989) The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems, *Annual Review of Entomology*, vol. 34, pp. 17-53, doi: 10.1146/annurev.en.34.010189.000313.

Fitt, G.P., Cotter, S.C. (2005) The *Helicoverpa* problem in Australia: biology and management. In: *Heliothis/Helicoverpa management: emerging trends and prospects for future research*, Sharma, H. (ed.), New Delhi, Oxford & IBH Publishing Co, pp. 57-74.

Foley, D.H. (1981) Pupal development rate of *Heliothis armiger* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) under constant and alternating temperatures, *Australian Journal of Entomology*, vol. 20, no. 1, pp. 13-20, doi: 10.1111/j.1440-6055.1981.tb00993.x.

Forrester, N.W., Cahill, M., Bird, L.J., Layland, J.K. (1993) Management of pyrethroid and endosulfan resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia, *Bulletin of Entomological Research. Supplement Series*, no. 1, 132 p.

Gregg, P.C., Fitt, G.P., Zalucki, M.P., Murray, D.A.H. (1995) Insect migration in an arid continent. II. *Helicoverpa* spp. in eastern Australia. In: *Insect migration, tracking resources through space and time*, Drake, V.A., Gatehouse, A.G. (eds.), Cambridge, UK, Cambridge Univ. Press, pp. 151-172.

Haile, F., Nowatzki, T., Storer, N. (2021) Overview of pest status, potential risk, and management considerations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) for U.S. Soybean Production, *Journal of Integrated Pest Management*, vol. 12, no. 1, article number 3, doi: 10.1093/jipm/pmaa030.

Hardwick, D.F. (1965) The corn earworm complex, *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, vol. 97, no. S40, pp. 5-247, doi: 10.4039/entm9740fv.

Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P.D., Lister, D. (2020) Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset, *Scientific Data*, vol. 7, article number 109, doi: 10.1038/s41597-020-0453-3.

Helicoverpa armigera (cotton bollworm) (2021) CABI Compendium, 16 November 2021, CABI Head Office, Wallingford, UK, doi: 10.1079/cabicompium.26757 (accessed 2024-10-06).

Huang, J. (2021) Effects of climate change on different geographical populations of the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera, Noctuidae), *Ecology and Evolution*, vol. 11, no. 24, pp. 18357-18368, doi: 10.1002/ece3.8426.

Huang, J., Hao, H. (2020) Effects of climate change and crop planting structure on the abundance of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Ecology and Evolution*, vol. 10, no. 3, pp. 1324-1338, doi: 10.1002/ece3.5986.

Huang, J., Li, J. (2015) Effects of climate change on overwintering pupae of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *International Journal of Biometeorology*, vol. 59, pp. 863-876, doi: 10.1007/s00484-014-0903-8.

Jafari, H., Habibpour, B., Hemmati, S.A., Stelinski, L.L. (2023) Population growth parameters of *Helicoverpa armigera* (Hübner) on various legume seeds reveal potential tolerance traits, *Sustainability*, vol. 15, no. 9, article number 7502, doi: 10.3390/su15097502.

Jallow, M.F.A., Matsumura, M. (2001) Influence of temperature on the rate of development of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Applied Entomology and Zoology*, vol. 36, no. 4, pp. 427-430, doi: 10.1303/aez.2001.427.

Jallow, M.F.A., Matsumura, M., Suzuki, Y. (2001) Oviposition preference and reproductive performance of Japanese *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Applied Entomology and Zoology*, vol. 36, no. 4, pp. 419-426, doi: 10.1303/aez.2001.419.

Jones, C.M., Parry, H., Tay, W.T., Reynolds, D.R., Chapman, J.W. (2019) Movement ecology of pest *Helicoverpa*: implications for ongoing spread, *Annual Review of Entomology*, vol. 64, pp. 277-295, doi: 10.1146/annurev-ento-011118-111959.

Kranthi, K.R., Jadhav, D.R., Kranthi, S., Wanjari, R.R., Ali, S.S., Russell, D.A. (2002) Insecticide resistance in five major insect pests of cotton in India, *Crop Protection*, vol. 21, no. 6, pp. 449-460, doi: 10.1016/S0261-2194(01)00131-4.

Kriticos, D.J., Ota, N., Hutchison, W.D., Beddow, J., Walsh, T., Tay, W.T., Borchert, D.M., Paula-Moreas, S.V., Czapak, C., Zalucki, M.P. (2015) The potential distribution of invading *Helicoverpa armigera* in North America: is it just a matter of time?, *PloS One*, vol. 10, no. 3, article number e0119618m, doi: 10.1371/journal.pone.0119618.

Lammers, J.W., MacLeod, A. (2007) *Report of a pest risk analysis: Helicoverpa armigera (Hübner, 1808)*, Plant Protection Service (NL) and Central Science Laboratory (UK), 18 p., available at: <https://pra.eppo.int/getfile/81ff20f2-652c-4bd6-a76c-4201e9eff214> (accessed 2024-10-06).

Leite, N.A., Alves-Pereira, A., Corrêa, A.S., Zucchi, M.I., Omoto, C. (2014) Demographics and genetic variability of the new world bollworm (*Helicoverpa zea*) and the Old World bollworm (*Helicoverpa armigera*) in Brazil, *PloS One*, vol. 9, no. 11, article number e113286, doi: 10.1371/journal.pone.0113286.

Liu, Z., Gong, P., Wu, K., Sun, J., Li, D. (2006) A true summer diapause induced by high temperatures in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Journal of Insect Physiology*, vol. 52, no. 10, pp. 1012-1020, doi: 10.1016/j.jinsphys.2006.06.008.

Liu, Z., Scheirs, J., Heckel, D.G. (2010) Host plant flowering increases both adult oviposition preference and larval performance of a generalist herbivore, *Environmental Entomology*, vol. 39, no. 2, pp. 552-560, doi: 10.1603/EN09129.

Maelzer, D.A., Zalucki, M.P. (1999) Analysis of long-term light-trap data for *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: the effect of climate and crop host plants, *Bulletin of Entomological Research*, vol. 89, no. 5, pp. 455-463, doi: 10.1017/S0007485399000590.

Mahon, R.J., Olsen, K.M., Downes, S., Addison, S. (2007) Frequency of alleles conferring resistance to the Bt toxins Cry1Ac and Cry2Ab in Australian populations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Journal of Economic Entomology*, vol. 100, no. 6, pp. 1844-1853, doi: 10.1093/jee/100.6.1844.

Mastrandrea, M.D., Field, C.B., Stocker, T.F., Edenhofer, O., Ebi, K.L., Frame, D.J., Held, H., Kriegler, E., Mach, K.J., Matschoss, P.R., Plattner, G.K.,

Yohe, G.W., Zwiers, F.W. (2010) *Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties*, IPCC Cross-Working Group Meeting on Consistent Treatment of Uncertainties, Jasper Ridge, CA, USA 6-7 July 2010, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), available at: <http://www.ipcc.ch> (accessed 2024-10-06).

Mathukumalli, S.R., Dammu, M., Sengottaiyan, V., Ongolu, S., Biradar, A.K., Kondru, V.R., Karlapudi, S., Bellapukonda, M.K.R., Chitiprolu, R.R.A., Cherukumalli, S.R. (2016) Prediction of *Helicoverpa armigera* Hubner on pigeonpea during future climate change periods using MarkSim multimodel data, *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 228-229, pp. 130-138, doi: 10.1016/j.agrformet.2016.07.009.

Matthews, M. (1991) *Classification of the Heliiothinae*, Natural Resources Institute, Chatham, UK. Bulletin, no. 44, 198 p., available at: <http://gala.gre.ac.uk/11076>(accessed 2021-10-06).

McCaffery, A.R. (1998) Resistance to insecticides in Heliiothine Lepidoptera: a global view, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, vol. 353, pp. 1735-1750, doi: 10.1098/rstb.1998.0326.

Mironidis, G.K. (2014) Development, survivorship and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) under fluctuating temperatures, *Bulletin of Entomological Research*, vol. 104, no. 6, pp. 751-764.

Mironidis, G.K., Savopoulou-Soultani, M. (2010) Effects of heat shock on survival and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) adults, *Journal of Thermal Biology*, vol. 35, no. 2, pp. 59-69, doi: 10.1016/j.jtherbio.2009.11.001.

Mironidis, G.K., Savopoulou-Soultani, M. (2012) Effects of thermophotoperiod on growth parameters of *Helicoverpa armigera*, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, vol. 142, no. 1, pp. 60-70, doi: 10.1111/j.1570-7458.2011.01201.x.

Mironidis, G.K., Savopoulou-Soultani, M. (2014) Development, survivorship, and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) under constant and alternating temperatures, *Environmental Entomology*, vol. 37, no. 1, pp. 16-28, doi: 10.1017/S0007485314000595.

Murray, D.A.H., Zalucki, M.P. (1990) Effect of soil moisture and simulated rainfall on pupal survival and moth emergence of *Helicoverpa punctigera* (Wallengren) and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Australian Journal of Entomology*, vol. 29, no. 3, pp. 193-197, doi: 10.1111/j.1440-6055.1990.tb00348.x.

Murúa, M.G., Scalora, F.S., Navarro, F.R., Cazado, L.E., Casmuz, A., Villagrán, M.E. Lobos, E., Gastaminza, G. (2014) First record of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina, *Florida Entomologist*, vol. 97, no. 2, pp. 854-856, doi: 10.1653/024.097.0279.

Nibouche, S. (1998) High temperature induced diapause in the cotton bollworm *Helicoverpa armigera*, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, vol. 87, no. 3, pp. 271-274, doi: 10.1046/j.1570-7458.1998.00331.x.

Nietschke, B.S., Magarey, R.D., Borchert, D.M., Calvin, D.D., Jones, E. (2007) A developmental database to support insect phenology models, *Crop Protection*, vol. 26, no. 9, pp. 1444-1448, doi: 10.1016/j.cropro.2006.12.006.

Pedgley, D.E. (1985) Windborne migration of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to the British Isles, *Entomologist's Gazette*, vol. 36, no. 1, pp. 15-20.

Pedgley, D.E. (1986) Windborne migration in the Middle East by the moth *Heliothis armigera* (Lep.: Noctuidae), *Ecological Entomology*, vol. 11, no. 4, pp. 467-470, doi: 10.1111/j.1365-2311.1986.tb00325.x.

Pedgley, D.E., Tucker, M.R., Pawar, C.S. (1987) Windborne migration of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in India, *International Journal of Tropical Insect Science*, vol. 8, no. 4-5-6, pp. 599-604, doi: 10.1017/S1742758400022669.

Qureshi, M.H., Mura, T., Yoshida, H., Shiraga, T., Tsumuki, H. (1999) Effects of photoperiod and temperature on development and diapause induction on the Okayama population of *Helicoverpa armigera* (Hb.) (Lepidoptera: Noctuidae), *Applied Entomology and Zoology*, vol. 34, no. 3, pp. 327-331, doi: 10.1303/aetz.34.327.

Riaz, S., Johnson, J.B., Ahmad, M., Fitt, G.P., Naiker, M. (2021) A review on biological interactions and management of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Journal of Applied Entomology*, vol. 145, no. 6, pp. 467-498, doi: 10.1111/jen.12880.

Riley, J.R., Armes, N.J., Reynolds, D.R., Smith, A.D. (1992) Nocturnal observations on the emergence and flight behaviour of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in the post-rainy season in central India, *Bulletin of Entomological Research*, vol. 82, no. 2, pp. 243-256, doi: 10.1017/S0007485300051798.

Rios, D.A.M., Specht, A., Roque-Specht, V.F., Sosa-Gómez, D.R., Fochezato, J., Malaquias, J.V., Gonçalves, G.L., Moreira, G.R. (2022) *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa zea* hybridization: constraints, heterosis, and implications for pest management, *Pest Management Science*, vol. 78, no. 3, pp. 955-964, doi: 10.1002/ps.6705.

Rochester, W.A., Dillon, M.L., Fitt, G.P., Zalucki, M.P. (1996) A simulation model of the long-distance migration of *Helicoverpa* spp. moths, *Ecological Modelling*, vol. 86, no. 2-3, pp. 151-156, doi: 10.1016/0304-3800(95)00043-7.

Ruan, J., Yang, Y., Carrière, Y., Wu, Y. (2024) Development of resistance monitoring for *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to pyramided Bt cotton in China, *Journal of Economic Entomology*, vol. 117, no. 5, pp. 2093-2099, doi: 10.1093/jee/toae194.

Sharma, H.C., Srivastava, C.P., Durairaj, C., Gowda, C.L.L. (2010) Pest management in grain legumes and climate change, *Climate change and management of cool season grain legume crops*, in S.S. Yadav, D.L. McNeil, R. Redden, S.A. Patil (eds), Dordrecht, Netherlands: Springer Science, pp. 115-140.

Silva, I.F., Baldin, E.L., Specht, A., Sosa-Gómez, D.R., Roque-Specht, V.F., Morando, R., Paula-Moraes, S.V. (2018) Biotic potential and life table of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) from three Brazilian regions, *Neotropical Entomology*, vol. 47, pp. 344-351, doi: 10.1007/s13744-017-0529-8.

Srinivasa Rao, M., Rama Rao, C.A., Raju, B.M.K., Subba Rao, A.V.M., Gayatri, D.L.A., Islam, A., Prasad, T.V., Navya, M., Srinivas, K., Pratibha, G., Srinivas, I., Prabhakar, M., Yadav, S.K., Bhaskar, S., Singh, V.K., Chaudhari, S.K. (2023) Pest scenario of *Helicoverpa armigera* (Hub.) on pigeonpea during future climate change periods under RCP based projections in India, *Scientific Reports*, vol. 13, no. 1, article number 6788, doi: 10.1038/s41598-023-32188-1.

Srivastava, C.P., Joshi, N., Trivedi, T.P. (2010) Forecasting of *Helicoverpa armigera* populations and impact of climate change, *Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 80, no. 1, pp. 3-10.

Tay, W.T., Soria, M.F., Walsh, T., Thomazoni, D., Silvie, P., Behere, G.T., Anderson, C., Downes, S. (2013) A brave new world for an old world pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil, *PloS One*, vol. 8, no. 11, article number e80134, doi: 10.1371/journal.pone.0080134.

Tripathi, S.R., Singh, R. (1991) Population dynamics of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae), *International Journal of Tropical Insect Science*, vol. 12, no. 4, pp. 367-374, doi: 10.1017/S174275840001122X.

Twine, P.H. (1978) Effect of temperature on the development of larvae and pupae of the corn earworm, *Heliothis armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences*, vol. 35, no. 1, pp. 23-28.

Yadav, S.P.S., Lahutiya, V., Paudel, P. (2022) A review on the biology, ecology, and management tactics of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, vol. 10, no. 12, pp. 2467-2476, doi: 10.24925/turjaf.v10i12.2467-2476.5211.

Zalucki, M.P., Daglish, G., Firempong, S., Twine, P. (1986) The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hubner) and *Heliothis punctigera* Wallengren (Lepidoptera, Noctuidae) in Australia – what do we know? *Australian Journal of Zoology*, vol. 34, no. 6, pp. 779-814, doi: 10.1071/zo9860779.

Zalucki, M.P., Furlong, M.J. (2005) Forecasting *Helicoverpa* populations in Australia: a comparison of regression based models and a bioclimatic based modelling approach, *Insect Science*, vol. 12, no. 1, pp. 45-56, doi: 10.1111/j.1672-9609.2005.00007.x.

References

AB Tsentr (Ekspertno-analiticheskij tsentr agrobiznesa) (2024) *Rossijskij rynek kukuruzy v 2024 godu, klyuchevye tendentsii i prognozy* [The Russian corn market in 2024, key trends and forecasts], available at: <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-kukuruzy-v-2024-godu-klyuchevye-tendencii-i-prognozy> (accessed 2024-10-20).

Afonin, A.N., Green, S.L., Dzyubenko, N.I., Frolov, A.N. (eds) (2008) *Agroekologicheskij atlas Rossii i sopredel'nykh stran: ekonomicheski znachimye rasteniya, ikh vrediteli, bolezni i sornye rasteniya* [Agroecological Atlas of Russia and neighboring countries: economically significant plants, their pests, diseases and weeds], Internet-version 2.0, available at: <http://www.agroatlas.ru> (accessed 2024-10-26).

Alferaki, S.N. (1907) K faune cheshuekrylykh Severnogo Kavkaza (ispravleniya i dobavleniya) [To the fauna of Lepidoptera of the North Caucasus (corrections and additions)], *Russkoe entomologicheskoe obozreniye*, vol. 7, no. 4, pp. 203-205.

Arestova, N.O., Ryabchun, I.O. (2015) Izmeneniye vrednoj entomofauny v vinogradnom agrotsenoze Nizhnego Pridon'ya [Changes in harmful entomofauna in the grape agrocenosis of the Lower Don region], *Vinogradarstvo i vinodeliye*, no. 45, pp. 48-49.

Artokhin, K.S., Poltavsky, A.N., Matov, A.Yu., Shchurov, V.I. (2017) *Sovkoobraznye – vrediteli sel'skokhozyajstvennykh kul'tur i lesnykh nasazhdenij* [Noctuids – pests of agricultural crops and forest plantations], Foundation, Rostov-on-Don, Russia, 376 p.

Bogachev, A.V. (1954) *Khlopkovaya sovka i mery bor'by s nej* [The cotton bollworm and its control measures], Krymizdat, Simferopol, Russia, 52 p.

Bogdanovich, A.Yu., Pavlova, V.N., Ran'kova, E.Ya., Semenov, S.M. (2021) Vliyanie izmenenij zasushlivosti v Rossii v XXI veke na prigodnost' territorij dlya vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur [The impact of changes in aridity in Russia in the XXI century on the suitability of territories for cultivation of grain crops], *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, no. 1, pp. 20-356, doi: 10.21513/2410-8758-2021-1-20-35.

Bogdanovich, A.Yu., Semenov, S.M. (2023) Otsenka klimaticheskikh arealov vidov s ispol'zovaniyem sistemy RANGES [Assessment of climatic ranges of species using the RANGES system]. In: *Sbornik tezisov dokladov mezhdunarodnoj konferentsii "Izmeneniya klimata: prichiny, riski, posledstviya, problemy adaptatsii i regulirovaniya. Klimat-2023"*, Fizmat-kniga, Moscow, Russia, pp. 220-220.

Borisko, A.E. (1961) *Osnovnye osobennosti biologii khlopkovoj (kukuruznoj) sovki Chloridea obsoleta F. na yuge USSR i obosnovaniye meropriyatij po bor'be s neyu* [The main features of the biology of the cotton (corn) bollworm *Chloridea*

obsoleta F. in the south of the Ukrainian SSR and the justification of measures to control it], autoref. dis. ... cand. biol. sci., Odessa, 23 p.

Winkler, N.G. (1971) Fenologiya, statsial'noe raspredeleniye i dinamika chislennosti khlopkovoj sovki na yuge Tadjikistana [Phenology, station distribution and population dynamics of the cotton bollworm in the south of Tajikistan], *Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zashchity rastenij*, issue 32, part 1, pp. 87-100.

Gilev, S.D., Tsybalyenko, I.N., Zamyatin, A.A., Panfilov, A.E., Suslov, S.A. (2014) Zernovaya kukuruza v Zaural'e [Grain corn in the Trans-Urals]. In: *Sovremennye problemy zemledeliya Zaural'ya i puti ikh nauchno obosnovannogo resheniya. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 40-letiyu Kurganskogo NIISKh i 100-letiyu Shadrinskogo opytного polya, 24-25 iyulya 2014.*, ООО “Kurtamyshskaya tipografiya”, Kurtamysh, Russia, pp. 227-233.

Govorov, D.N., Zhivykh, A.V., Proskuryakova, M.Yu. (2013) Khlopkovaya sovka – periodicheskaya ugroza sel'skokhozyajstvennym posevam [Cotton bollworm – a periodic threat to agricultural crops], *Zashchita i karantin rastenij*, no. 5, pp. 18-20.

Goryshin, N.I. (1958) Ekologicheskij analiz sezonnogo tsikla razvitiya khlopkovoj sovki (*Chloridea obsoleta* F.) v severnykh rajonakh ee rasprostraneniya [Ecological analysis of the seasonal development cycle of the cotton bollworm (*Chloridea obsoleta* F.) in the northern regions of its distribution], *Uchenyye zapiski Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta*, issue 46, no. 240, pp. 3-20.

Davydova, S.A., Vakhaniya, V.I., Kurasov, V.S. (2019) *Analiz sostoyaniya i perspektivnye napravleniya razvitiya seleksii i semenovodstva kukuruzy: nauchnyj analiticheskij obzor* [Analysis of the situation and promising directions for the development of maize breeding and seed production: a scientific analytical review], FGBNU “Rosinformagrotekh”, Moscow, Russia, 92 p.

Dobrolyubov, N.Yu., Semenov, S.M., Volodin, E.M., Bogdanovich, A.Yu. (2023) *Algebraicheskij algoritm statisticheskoy ocenki parametra binomial'nogo raspredeleniya i primer ego primeneniya v odnoj global'noj geoinformacionnoj zadache prikladnoj klimatologii* [Algebraic Algorithm for Statistical Estimation of the Binomial Distribution Parameter and an Example of Its Application in a Global Geoinformation Task of Applied Climatology], *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 10. pp. 16-24, doi: 10.52002/0130-2906-2023-10-16-24.

Eliseev, S.L., Eliseev, A.S. (2015) Vyzrevaniye zerna kukuruzy v severnykh rajonakh kukuruzoseyaniya [Maturation of corn grain in the northern areas of corn sowing], *Permskij agrarnyj vestnik*, no. 1 (9), pp. 11-18.

ZeZin, N.N., Namyatov, M.A. (2018) Rezul'taty vnedreniya zernovoj tekhnologii vozdeleyvaniya kukuruzy na srednem Urale [Results of the adoption of grain technology for corn cultivation in the Middle Urals], *Kormoproizvodstvo*, no. 3, pp. 11-15.

Zezin, N.N., Namyatov, M.A., Pelevin, V.A. (2018) Podbor gibridov kukuruzy i optimal'nye sroki ikh uborki na srednem Urale [Selection of corn hybrids and optimal harvesting time in the Middle Urals], *APK Rossii*, vol. 25, no. 1, pp. 37-44.

Zezin, N.N., Panfilov, A.E. (eds) (2017) *Kukuruza na Urale* [Corn in the Urals]. Monografiya, Ural'skij NIISKh, Ural'skoe izdatel'stvo, Ekaterinburg, Russia, pp. 202 p.

Ivanova, E.S. (2018a) Effektivnost' vzdelyvaniya kukuruzy rossijskoj i zarubezhnoj seleksii v usloviyakh Zaural'ya [The efficiency of cultivation of Russian and foreign breeding maize in the conditions of the Trans-Urals], *APK Rossii*, vol. 25, no. 2, pp. 223-227.

Ivanova, E.S. (2018b) Formirovaniya zernovoj produktivnosti skorospeloy kukuruzy v usloviyakh Zaural'ya [Formation of grain productivity of precocious corn in the conditions of the Trans-Urals], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Ural'skij region*, no. 1, pp. 130-135.

Il'yn, V.S., Loginova, A.M., Gubin, S.V., Getts, G.V. (2017) Ekologicheskoe ispytaniye novykh gibridov kukuruzy, sozdannykh s uchastiyem omskikh inbrednykh linij, s ispol'zovaniyem selektsionnykh indeksov [Ecological testing of new corn hybrids created with the participation of Omsk inbred lines using breeding indices], *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, no. 12, pp. 61-65.

Kazanok, T.S. (2009) *Bioekologicheskiye osobennosti khlopkovoj sovki v agrotsenoze sakharnoj kukuruzy i mery bor'by s nej v usloviyakh Zapadnogo Predkavkaz'ya* [Bioecological features of cotton bollworm in the agroecosystem of sweet corn and measures to control it in the conditions of the Western pre-Caucasus], autoref. dis. ... cand. agric. sci., Voronezh, Russia, 25 p.

Kiel', V.I. (2010) DNK-polimorfizm i geneticheskoe raznoobraziye populyatsij yablonnoj plodozhorki i khlopkovoj sovki po mikrosatellitnym lokusam [DNA polymorphism and genetic diversity of codling moth and cotton bollworm populations by microsatellite loci], *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 62, pp. 304-313.

Kozhanchikov, I.V. (1938) Eksperimenty i nablyudeniya po vliyaniyu tepla na razvitiye kukolok hlopkovoj sovki *Heliothis obsoleta* F. [Studies on the effect of heat on the development of the pupae of the cotton bollworm *Heliothis obsoleta* F.], *Zashchita rastenij*, no. 16, pp. 27-34.

Kozhanchikov, I.V. (1941) O nekotorykh tipakh areala rasprostraneniya vrednykh nasekomykh [On some types of the geographical distribution of injurious insects], *Izvestiya Vysshikh kursov prikladnoj zoologii i fitopatologii*, no. 12, pp. 222-234.

Komarova, O.S. (1964) Vliyaniye temperatury na zimovku kukolok khlopkovoj sovki [Temperature effect upon hibernation of cotton bollworm pupae], *Zoologicheskij zhurnal*, vol. 43, no. 10, pp. 1467-1472.

Komarova, O.S., Kuznetsova, M.S., Nikishina, E.S. (1971) Vliyaniye temperatury i dliny dnya na razvitiye gusenits i diapauzu kukolok khlopkovoy sovki [Effects of temperatures and day lengths on the development of larvae and diapause of cotton bollworm pupae], *Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zashchity rastenij*, issue 32, part 1. pp. 75-78.

Koreneva, A. (2020) *Samye populyarnye gibridy kukuruzy v Rossii v 2020 godu* [The most popular corn hybrids in Russia in 2020], <https://agrobook.ru/blog/user/aleksandra-koreneva/samye-populyarnye-gibridy-kukuruzy-v-rossii-v-2020-godu> (accessed 2024-10-26).

Kravchenko, V.V. (2015) *Produktivnost' ul'trarannikh i rannespelykh gibridov kukuruzy i optimizatsiya srokov ikh uborki na silos v usloviyakh srednego i yuzhnogo Urala* [Productivity of ultra-early and early-maturing corn hybrids and optimization of their harvesting time for silage in the conditions of the middle and southern Urals], autoref. dis. ... cand. agric. sci., Tyumen, Russia, 18 p.

Krasova, L.F. (1973) *Khlopkovaya sovka (Heliothis armigera Hbn.) v Dagestane i obosnovaniye meropriyatij po bor'be s neyu* [The cotton bollworm (*Heliothis armigera* Hbn.) in Dagestan and scientific justification for measures to control it], autoref. dis. ... cand. agric. sci., Leningrad, Russia, 19 p.

Kuznetsova, M.S. (1971) Tsikl razvitiya khlopkovoy sovki na kukuruze v Stavropol'skom krae [The life cycle of the cotton bollworm on maize in Stavropol Area], *Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zashchity rastenij*, issue 32, part 1. pp. 79-86.

Kuznetsova, M.S. (1972) Vliyaniye temperaturnykh i fotoperiodicheskikh uslovij na reaktivatsiyu diapauziruyushchikh kukolok khlopkovoy sovki *Chloridea obsoleta* F. (Lepidoptera, Noctuidae) [The effect of temperature and photoperiodic conditions on reactivation of diapausing pupae of the cotton bollworm *Chloridea obsoleta* F. (Lepidoptera, Noctuidae)], *Entomologicheskoe obozreniye*, vol. 51, no. 3, pp. 520-527.

Kuz'minskij, A.V., Fedorenko, V.P. (2014) Osobennosti razvitiya khlopkovoy sovki v severnoj stepi Ukrainy [Features of the development of the cotton bollworm in the northern steppe of Ukraine], *Zashchita i karantin rastenij*, no. 11, pp. 36-37.

Larchenko, K.I. (1968) *Ekologiya khlopkovoy sovki i sroki bor'by s nej* [Ecology of the cotton bollworm and timings to control it], "FAN", Tashkent, 192 p.

Li, Kh. (1998) Ekologiya i prognoz poyavleniya khlopkovoy sovki v severo-zapadnom Kitae [Ecology and forecast of the appearance of the cotton bollworm in northwestern China], *Izvestiya Khar'kovskogo entomologicheskogo obshchestva*, vol. 6, no. 2, pp. 147-149.

Matov, A.Yu., Kononenko, V.S. (2012) *Troficheskiye svyazi gusenits sovkoobraznykh cheshuekrylykh fauny Rossii (Lepidoptera, Noctuoidea: Nolidae, Erebiidae, Euteliidae, Noctuidae)* [The trophic connections of the larvae of noctuid

moths of the fauna of Russia (Lepidoptera, Noctuoidea: Nolidae, Erebidae, Euteliidae, Noctuidae)], "Dal'nauka", Vladivostok, Russia, 346 p.

Mukhitdinov, S.M., Boturova, Z.F. (2019) Ekologiya i kontrol' sostoyaniya khlopkovoj sovki v agrobiotsenoze Kulyabskoj zony Tadjikistana [Ecology and control of the cotton bollworm in the agrobiocenosis of the Kulyab zone of Tajikistan], *Nauka i innovatsiya*, no. 4, pp. 217-222.

Mukhitdinov, S.M., Khushvakhtova, Sh.D. (2017) Osobennosti ekologii khlopkovoj sovki v novykh strukturakh pashni dolinnykh zon Tadjikistana [Features of the ecology of the cotton bollworm in new arable land structures of the valley zones of Tajikistan], *Zashchita i karantin rastenij*, no. 6, pp. 31-34.

Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyajstvennykh kul'tur v Rossijskoj Federatsii v 2023 godu i prognoz razvitiya vrednykh obyektov v 2024 godu [A review of the phytosanitary situation of agricultural crops in the Russian Federation in 2023 and the forecast of the development of harmful objects in 2024] (2024) in D.N. Govorov, A.V. Zhivykh. (eds.), "Rossel'hozcentr", Moscow, Russia, 1281 p.

Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyajstvennykh kul'tur v Rossijskoj Federatsii v 2022 godu i prognoz razvitiya vrednykh obyektov v 2023 godu [A review of the phytosanitary situation of agricultural crops in the Russian Federation in 2022 and the forecast of the development of harmful objects in 2023] (2023) in D.N. Govorov, A.V. Zhivykh (eds.), "Rossel'hozcentr", Moscow, Russia, 267 p.

Panfilov, A.E. (2014) Seleksiya kukuruzy dlya severa: napravleniya i tendentsii [Maize breeding for the North: directions and trends]. In: *Sovremennyye problemy zemledeliya Zaural'ya i puti ikh nauchno obosnovannogo resheniya: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 40-letiyu Kurganskogo NIISKh i 100-letiyu Shadrinskogo opytnogo polya, 24-25 iyulya 2014*, Kurtamyshskaya tipografiya, Kurtamysh, Russia, pp. 233-240.

Panfilov, A.E., Zezin, N.N., Ovchinnikov, P.Yu. (2022) Biologicheskaya produktivnost' ul'trarannikh gibridov kukuruzy v razlichnykh pochvenno-klimaticheskikh zonakh Ural'skogo regiona [Biological productivity of ultra-early corn hybrids in various soil and climatic zones of the Ural region], *Agrarnyj vestnik Urala*, no. 03 (218), pp. 35-47, doi: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-35-47.

Parulava, N.I. (1985) *Khlopkovaya sovka (Helicoverpa armigera Hbn.) vreditel' kukuruzy, tomatov, tabaka i mery bor'by s nej* [Cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hbn.) a pest of corn, tomatoes, tobacco and measures to control it], autoref. dis. ... cand. agric. sci., Tbilisi, 25 p.

Poloskina, F.M. (1962) Osobennosti razvitiya i vredonosnost' khlopkovoj sovki na kukuruze v Azerbajdzhane [Features of the development and harmfulness of the cotton bollworm on corn in Azerbaijan], *Zapiski Leningradskogo sel'skokhozyajstvennogo instituta*, issue 87, pp. 119-123.

Popova Ye.N., Popov I.O. (2013) Klimaticheskiye faktory, kotoryye predskazyvayut geograficheskiye rayony i prediktory Vyrashchivatelyi zdorovykh rasteniy i metody vyrashchivaniya otsenka izmeneniya arealov izmeneniya klimata [Climatic factors determining ranges of agricultural pests and agents of plant diseases and model methodology for assessment of change in ranges], *Problemy ekologicheskoye Monitoring i modelirovaniye ekosistemy*, vol. 25, pp. 177-206.

Rodd, A.E. (1955) Metodika opredeleniya srokov razvitiya khlopkovoy sovki po temperaturnym dannym [Technique for determining the timing of the development of a cotton bollworm based on temperature data], *Socialisticheskoe sel'skoe khozyajstvo Azerbajdzhana*, no. 8, pp. 60-63.

Svechnikov, A.K., Sokolova, E.A. (2018) Skorost' razvitiya gibridov kukuruzy v usloviyakh 2017 goda v Respublike Marij El [The rate of development of corn hybrids in the conditions of 2017 in the Republic of Mari El], *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktov sel'skogo khozyajstva*, no. 20, pp. 81-83.

Semenov, S.M., Popov, I.O., Yasyukevich, V.V. (2020) *Statisticheskaya model' dlya ocenki formirovaniya klimaticheskikh ugroz po dannym monitoringa klimata* [Statistical model for assessing the formation of climate threats based on climate monitoring data], *Meteorologiya i gidrologiya*, iss. 5. pp. 59-65, doi: 10.3103/S1068373920050040.

Signalizatsionnoe soobshcheniye no. 9 po Orenburgskoj oblasti na 03.08.2016. Klopkovaya sovka (2016) [Alarm message No. 9 in the Orenburg region on 08/03/2016. Cotton bollworm (2016)], available at: <https://rosselhocenter.com/index.php/56/7291-signalizatsionnoe-soobshchenie-9-po-orenburgskoj-oblasti-na-03-08-2016g-khlopkovaya-sovka> (accessed 2024-10-23).

Signalizatsionnoe soobshcheniye no. 14. Khlopkovaya sovka na nute. 25 iyulya 2024 (2024) [Alarm message No. 14. Cotton bollworm on chickpeas. July 25 2024 (2024)], available at: <https://rosselhocenter.ru/ob-uchrezhdenii/filialy/privolzhskiy/samarskaya-oblast/signalizatsionnoe-soobshchenie-14-khlopkovaya-sovka-na-nute/> (accessed 2024-10-23).

Signalizatsionnoe soobshcheniye Rossel'hoztsentra no. 7 ot 23 avgusta 2022. Khlopkovaya sovka (2022) [Alarm message of the Rosselkhoznadzor No. 7 dated August 23, 2022 Cotton bollworm (2022)], available at: <https://old.rosselhocenter.ru/index.php/58/35849-signalizatsionnoe-soobshchenie-7-khlopkovaya-sovka-penzenskaya-oblast> (accessed 2024-10-23).

Signalizatsionnoe soobshcheniye Rossel'hoztsentra no. 13 ot 08 avgusta 2022 goda Khlopkovaya sovka (2022) [Alarm message of the Rosselkhoznadzor No. 13 dated August 08, 2022 Cotton bollworm (2022)], available at: <https://r54.tmbreg.ru/assets/files/Selskoe%20hoz/2021/Сигал%20№13%20от%2008.08.2022%20г.%20хлопковая%20совка.pdf> (accessed 2024-10-23).

Signalizatsionnoe soobshcheniye Rossel'hoztsentra po Respublike Tatarstan no. 22 ot 29 iyulya 2020. Khlopkovaya sovka (2020) [Alarm message of the

Rossselkhoz nadzor for the Republic of Tatarstan No. 22 dated July 29, 2020 Cotton bollworm (2020)], available at: <https://rshc.tatarstan.ru/index.htm/news/1795062.htm> (accessed 2024-10-23).

Singh, S.P. (1973) Izucheniye khlopkovoj sovki v tsentral'noj zone Krasnodarskogo kraja [The study of the cotton bollworm in the central zone of the Krasnodar Territory], *Trudy Kubanskogo sel'skokhozyajstvennogo instituta*, no. 47 (75), pp. 80-84.

Sosnina, M.A. (1935) Materialy k izucheniyu *Chloridea obsoleta* F. [Materials for the study of *Chloridea obsoleta* F.]. In: *Materialy po vreditelyam i boleznyam khlopchatnika*, In M.I Kosobutskij, I.N., Stepantseva (eds.), Tashkentm, Vsesoyuznyj nauchno-issledovatel'skij institut po khlopkovodstvu (SOYuZNIKhI), pp. 73-107.

Sotchenko, V.S. (2015) Rol' kukuruzy v povyshenii prodovol'stvennoj nezavisimosti strany [The role of corn in increasing the country's food independence], *Vestnik Rossijskoj akademii nauk*, vol. 85, no. 1, pp. 12-14.

Sotchenko, V.S., Sotchenko, Yu.V. (2021) Sostoyaniye i perspektivy selektsii i semenovodstva kukuruzy [The current status and prospects of breeding and seed production of corn], *Kukuruza i sorgo*, no. 2, pp. 5-11, doi: 10.25715/e3734-6035-8345-q.

Sukhoruchenko, G.I. (1996) Sostoyaniye problemy rezistentnosti vreditel'j khlopchatnika k pestitsidam v Srednej Azii i Azerbajdzhane v nachale 90-kh godov [The state of the problem of cotton pests' resistance to pesticides in Central Asia and Azerbaijan in the early 90-s], *Entomologicheskoe obozreniye*, vol. 75, no. 1, pp. 3-15.

Uvarov, B.P. (1924) Vrediteli khlopchatnika v Egipte, Indii i Messopotamii [Cotton pests in Egypt, India and Mesopotamia], , no. 9-10, pp. 63-77.

Fefelova, Yu.A. (2007) *Faktory sezonnoj dinamiki chislennosti khlopkovoj sovki na Severo-Zapadnom Kavkaze v period nizkoj chislennosti* [Factors of seasonal dynamics of the cotton bollworm population in the Northwestern Caucasus during a period of low pest abundance], autoref. dis. ... cand. biol. sci., Saint-Petersburg – Pushkin, 19 p.

Fefelova, Yu.A., Frolov, A.N. (2007) Faktory sezonnoj dinamiki chislennosti khlopkovoj sovki *Helicoverpa armigera* v Krasnodarskom krae [Factors of seasonal population dynamics of the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* in the Krasnodar Territory], *Vestnik zashchity rastenij*, no. 1, pp. 47-52.

Frolov, A.N. (2011) Sovremennye napravleniya sovershenstvovaniya prognozov i monitoringa [Current trends in improving forecasts and monitoring], *Zashchita i karantin rastenij*, no. 4, pp. 15-20.

Frolov, A.N., Fefelova, Yu.A. (2006) Dinamika raspredeleniya yaits khlopkovoj sovki i ikh smertnost' na kukuruze v Krasnodarskom krae [Dynamics of

distribution of cotton bollworm eggs and their mortality on corn in the Krasnodar Territory], *Vestnik zashchity rastenij*, no. 2, pp. 34-40.

Khromova, L.M. (2011) Vliyaniye nekotorykh sinopticheskikh pokazatelej na vredonosnost' khlopkovoj sovki v Kabardino-Balkarii [The influence of some synoptic indicators on the harmfulness of cotton bollworm in Kabardino-Balkaria], *Agrarnyj vestnik Urala*, no. 8 (87), pp. 12.

Tserkovnaya, V.S., Chernaya, V.P. (2017) Khlopkovaya sovka v Pridnestrov'e [Cotton bollworm in Transnistria], in: *Ovoshchevodstvo i bakhchevodstvo: istoricheskiye aspekty, sovremennoe sostoyaniye, problemy i perspektivy razvitiya, Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (v ramkakh II nauchnogo foruma "Nedelya nauki v Krutakh – 2017", 13-14 marta 2017, Kruty, Chernihiv region, Ukraine, in two volumes, vol. 2, pp. 337-342.*

Chenikalova, E.V., Zhigal'cova, I.S., Vdovenko, T.V. (2012) Hlopkovaya sovka na Stavropol'e [Cotton bollworm in Stavropol], *Sbornik nauchnyh trudov SWorld*, no. 45 (4), pp. 43-45.

Chenikalova, E.V. (2016) Ob izmenenii kruga kormovykh rastenij khlopkovoj sovki [On changing the range of food plants of the cotton bollworm], in: *Materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii: Aktual'nye voprosy entomologii, Stavropol', 16 maya 2016. Trudy Stavropol'skogo otdeleniya Russkogo Entomologicheskogo Obshchestva*, pp. 16-21.

Chenikalova, E.V., Kolomytseva, V.A. (2021) Khlopkovaya sovka prodvigaetsya na sever. Problemy prognoza chislennosti [The cotton bollworm is moving north. Problems of population forecasting], *Zashchita i karantin rastenij*, no. 2, pp. 31-33.

Cherkashin, V.N., Malykhina, A.N., Cherkashin, G.V. (2014) Khlopkovaya sovka na polevykh kul'turakh [Cotton bollworm on field crops], *Zemledeliye*, no. 5, pp. 35-36.

Cherkashin, V.N., Chenikalova, E.V., Cherkashin, G.V., Kolomytseva, V.A. (2019) Khlopkovaya sovka – opasnyj vreditel' polevykh kul'tur [The cotton bollworm is a dangerous pest of field crops], *Vestnik APK Stavropol'ya*, no. 3, pp. 73-77.

Chumakov, M.A., Kuznetsova, T.L. (2008) *Helicoverpa armigera* Hbn. – Khlopkovaya sovka [*Helicoverpa armigera* Hbn. – Cotton bollworm], in: *Agroekologicheskij atlas Rossii i sopredel'nykh stran: ekonomicheski znachimye rasteniya, ikh vrediteli, bolezni i sornye rasteniya [DVD-versiya]*, in A.N. Afonin, S.L. Greene, N.I. Dzyubenko, A.N. Frolov (eds.), available at: http://www.agroatlas.ru/ru/content/pests/Helicoverpa_armigera/index.html (accessed 2024-10-26).

Shkol'nik, I.M., Efimov, S.V. (2015) Regional'naya model' novogo pokoleniya dlya territorii severnoj Evrazii [A new generation regional model for the territory of Northern Eurasia], *Trudy Glavnoj geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voejkova*, no. 576, c. 201-211.

Shchetkin, Yu.L. (1956) Khlopkovaya sovka i mery bor'by s nej [The cotton bollworm and measures to control it], *Trudy Instituta zoologii i parazitologii AN Tadzhikskoj SSR*, vol. 52, pp. 3-58.

Yurchenko, E.G., Podgornaya, M.E., Prakh, S.V., Cherkezova, S.R. (2018) Effektivnost' mikrobiologicheskikh insektitsidov v kontrole dominiruyushchikh vreditel'ey sadov i vinogradnikov [The effectiveness of microbiological insecticides in the control of dominant pests of orchards and vineyards], *Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo federal'nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya*, vol. 15, pp. 91-100, doi: 10.30679/2587-9847-2018-15-91-100.

Yasyukevich, V.V., Bogdanovich, A.Yu. (2021) Klimaticheskiye prediktory dlya model'nogo opisaniya klimaticheskikh arealov nekotorykh biologicheskikh vidov i ikh izmenenij v usloviyakh budushchego klimata [Climatic predictors for the model description of the climatic ranges of some biological species and their changes in the conditions of the future climate], *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, vol. 7, no. 1, pp. 117-137.

Aggarwal, N., Brar, D.S., Basedow, T. (2006) Insecticide resistance management of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) and its effect on pests and yield of cotton in North India, *Journal of Plant Diseases and Protection*, vol. 113, no. 3, pp. 120-127.

Akhurst, R.J., James, W., Bird, L.J., Beard, C. (2003) Resistance to the Cry1Ac δ -endotoxin of *Bacillus thuringiensis* in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Journal of Economic Entomology*, vol. 96, no. 4, pp. 1290-1299, doi: 10.1093/jee/96.4.1290.

Ballari, H.S., Udikeri, S.S. (2022) Persisting resistance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to pyrethroid, organophosphate and carbamate insecticides, *Pakistan Journal of Zoology*, vol. 54, no. 4, pp. 1649-1656.

Bapatla, K.G., Singh, A.D., Sengottaiyan, V., Korada, R.R., Yeddula, S. (2022) Impact of climate change on *Helicoverpa armigera* voltinism in different agro-climatic zones of India, *Journal of Thermal Biology*, vol. 106, article number 103229, doi: 10.1016/j.jtherbio.2022.103229.

Barteková, A., Praslička, J. (2006) The effect of ambient temperature on the development of cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hübner, 1808), *Plant Protection Science*, vol. 42, no. 4, pp. 135-138, doi: 10.17221/2768-PPS.

Barzman, M., Bärberi, P., Birch, A.N.E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J.E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J.R., Messéan, A., Moonen, A.C., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J.L., Sattin, M. (2015) Eight principles of integrated pest management, *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 35, pp. 1199-1215.

Bentivenha, J.P.F., Paula-Moraes, S.V., Baldin, E.L.L., Specht, A., da Silva, I.F., Hunt, T.E. (2016) Battle in the New World: *Helicoverpa armigera* versus *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae), *PLoS One*, vol. 11, no. 12, article number e0167182.

Chatar, V.P., Raghvani, K.L., Joshi, M.D., Ghadge, S.M., Deshmukh, S.G., Dalave, S.K. (2010) Population dynamics of pod borer, *Helicoverpa armigera* (Hubner) infesting chickpea, *International Journal of Plant Protection*, vol. 3, no. 1, pp. 65-67.

Chen, C., Xia, Q.W., Fu, S., Wu, X.F., Xue, F.S. (2014) Effect of photoperiod and temperature on the intensity of pupal diapause in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Bulletin of Entomological Research*, vol. 104, no. 1, pp. 12-18, doi: 10.1017/S0007485313000266.

Cordeiro, E.M.G., Pantoja-Gomez, L.M., de Paiva, J.B., Nascimento, A.R.B., Omoto, C., Michel, A.P., Correa, A.S. (2020) Hybridization and introgression between *Helicoverpa armigera* and *H. zea*: an adaptational bridge, *BMC Evolutionary Biology*, vol. 20, article number 61, doi: 10.1186/s12862-020-01621-8.

Cunningham, J.P., Jallow, M.F., Wright, D.J., Zalucki, M.P. (1998) Learning in host selection in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Animal Behaviour*, vol. 55, no. 1, pp. 227-234, doi: 10.1006/anbe.1997.0600.

Cunningham, J.P., Zalucki, M.P., West, S.A. (1999) Learning in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): a new look at the behaviour and control of a polyphagous pest, *Bulletin of Entomological Research*, vol. 89, no. 3, pp. 201-207, <https://10.1017/S0007485399000310>.

Cunningham, J.P., West, S.A. (2008) How host plant variability influences the advantages to learning: a theoretical model for oviposition behaviour in Lepidoptera, *Journal of Theoretical Biology*, vol. 251, no. 3, pp. 404-410, <https://10.1016/j.jtbi.2007.11.009>.

Dahi, H. (2007) Using heat accumulation and sex pheromone catches to predicate the American bollworm *Helicoverpa armigera* Hub. field generations, *Journal of Plant Protection and Pathology*, vol. 32, no. 4, pp. 3037-3044.

Dalal, P.K., Arora, R. (2016) Impact of temperature on food consumption and nutritional indices of tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Noctuidae: Lepidoptera), *Journal of Agrometeorology*, vol. 18, no. 1, pp. 62-67, doi: 10.54386/jam.v18i1.901.

Dent, D.R., Binks, R.H. (2020) *Insect pest management*, 3rd edition, CABI, 363 p.

El-Mezayyen, G.A., Ragab, M.G. (2014) Predicting the American bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) field generations as influenced by heat unit accumulation, *Egyptian Journal of Agricultural Research*, vol. 92, no. 1, pp. 91-99, doi: 10.21608/ejar.2014.154435.

EPPO (2024) *Helicoverpa armigera*. Last updated: 2024-04-15. EPPO datasheets on pests recommended for regulation, electronic resource, URL: <https://gd.eppo.int/taxon/HELIAR> (accessed 2024-10-11).

Farrow, R.A., Daly, J.C. (1987) Long-range movements as an adaptive strategy in the genus *Heliothis* (Lepidoptera: Noctuidae) – a review of its

occurrence and detection in four pest species, *Australian Journal of Zoology*, vol. 35, no. 1, pp. 1-24, doi: 10.1071/ZO9870001.

Fathipour, Y., Sedaratian, A. (2013) Integrated management of *Helicoverpa armigera* in soybean cropping systems. Chapter 9. In: *Soybean, Pest Resistance*, El-Shemy, H.A. (eds.), Rijeka, Croatia, InTech, pp. 231-280, doi: 10.5772/54522.

Feng, H., Gould, F., Huang, Y., Jiang, Y., Wu, K. (2010) Modeling the population dynamics of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) over a wide area in northern China, *Ecological Modelling*, vol. 221, no. 15, pp. 1819-1830, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2010.04.003.

Feng, H.Q., Wu, K.M., Cheng, D.F., Guo, Y.Y. (2004) Northward migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and other moths in early summer observed with radar in northern China, *Journal of Economic Entomology*, vol. 97, no. 6, pp. 1874-1883, doi: 10.1093/jee/97.6.1874.

Feng, H.Q., Wu, K.M., Ni, Y.X., Cheng, D.F., Guo, Y.Y. (2005) Return migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) during autumn in northern China, *Bulletin of Entomological Research*, vol. 95, no. 4, pp. 361-370, doi: 10.1079/BER2005367.

Feng, H., Wu, X., Wu, B., Wu, K. (2009) Seasonal migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai sea, *Journal of Economic Entomology*, vol. 102, no. 1, pp. 95-104, doi: 10.1603/029.102.0114.

Fitt, G.P. (1989) The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems, *Annual Review of Entomology*, vol. 34, pp. 17-53, doi: 10.1146/annurev.en.34.010189.000313.

Fitt, G.P., Cotter, S.C. (2005) The *Helicoverpa* problem in Australia: biology and management. In: *Heliothis/Helicoverpa management: emerging trends and prospects for future research*, Sharma, H. (ed.), New Delhi, Oxford & IBH Publishing Co, pp. 57-74.

Foley, D.H. (1981) Pupal development rate of *Heliothis armiger* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) under constant and alternating temperatures, *Australian Journal of Entomology*, vol. 20, no. 1, pp. 13-20, doi: 10.1111/j.1440-6055.1981.tb00993.x.

Forrester, N.W., Cahill, M., Bird, L.J., Layland, J.K. (1993) Management of pyrethroid and endosulfan resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia, *Bulletin of Entomological Research. Supplement Series*, no. 1, 132 p.

Gregg, P.C., Fitt, G.P., Zalucki, M.P., Murray, D.A.H. (1995) Insect migration in an arid continent. II. *Helicoverpa* spp. in eastern Australia. In: *Insect migration, tracking resources through space and time*, Drake, V.A., Gatehouse, A.G. (eds.), Cambridge, UK, Cambridge Univ. Press, pp. 151-172.

Haile, F., Nowatzki, T., Storer, N. (2021) Overview of pest status, potential risk, and management considerations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera:

Noctuidae) for U. S. Soybean Production, *Journal of Integrated Pest Management*, vol. 12, no. 1, article number 3, doi: 10.1093/jipm/pmaa030.

Hardwick, D.F. (1965) The corn earworm complex, *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, vol. 97, no. S40, pp. 5-247, doi: 10.4039/entm9740fv.

Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P.D., Lister, D. (2020) Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset, *Scientific Data*, vol. 7, article number 109, doi: 10.1038/s41597-020-0453-3.

Helicoverpa armigera (cotton bollworm) (2021) CABI Compendium, 16 November 2021, CABI Head Office, Wallingford, UK, doi: 10.1079/cabicompium.26757 (accessed 2024-10-06).

Huang, J. (2021) Effects of climate change on different geographical populations of the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera, Noctuidae), *Ecology and Evolution*, vol. 11, no. 24, pp. 18357-18368, doi: 10.1002/ece3.8426.

Huang, J., Hao, H. (2020) Effects of climate change and crop planting structure on the abundance of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Ecology and Evolution*, vol. 10, no. 3, pp. 1324-1338, doi: 10.1002/ece3.5986.

Huang, J., Li, J. (2015) Effects of climate change on overwintering pupae of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *International Journal of Biometeorology*, vol. 59, pp. 863-876, doi: 10.1007/s00484-014-0903-8.

Jafari, H., Habibpour, B., Hemmati, S.A., Stelinski, L.L. (2023) Population growth parameters of *Helicoverpa armigera* (Hübner) on various legume seeds reveal potential tolerance traits, *Sustainability*, vol. 15, no. 9, article number 7502, doi: 10.3390/su15097502.

Jallow, M.F.A., Matsumura, M. (2001) Influence of temperature on the rate of development of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Applied Entomology and Zoology*, vol. 36, no. 4, pp. 427-430, doi: 10.1303/aez.2001.427.

Jallow, M.F.A., Matsumura, M., Suzuki, Y. (2001) Oviposition preference and reproductive performance of Japanese *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Applied Entomology and Zoology*, vol. 36, no. 4, pp. 419-426, doi: 10.1303/aez.2001.419.

Jones, C.M., Parry, H., Tay, W.T., Reynolds, D.R., Chapman, J.W. (2019) Movement ecology of pest *Helicoverpa*: implications for ongoing spread, *Annual Review of Entomology*, vol. 64, pp. 277-295, doi: 10.1146/annurev-ento-011118-111959.

Kranthi, K.R., Jadhav, D.R., Kranthi, S., Wanjari, R.R., Ali, S.S., Russell, D.A. (2002) Insecticide resistance in five major insect pests of cotton in India, *Crop Protection*, vol. 21, no. 6, pp. 449-460, doi: 10.1016/S0261-2194(01)00131-4.

Kriticos, D.J., Ota, N., Hutchison, W.D., Beddow, J., Walsh, T., Tay, W.T., Borchert, D.M., Paula-Moreas, S.V., Czapak, C., Zalucki, M.P. (2015) The potential distribution of invading *Helicoverpa armigera* in North America: is it just a matter of time?, *PloS One*, vol. 10, no. 3, article number e0119618m, doi: 10.1371/journal.pone.0119618.

Lammers, J.W., MacLeod, A. (2007) *Report of a pest risk analysis: Helicoverpa armigera (Hübner, 1808)*, Plant Protection Service (NL) and Central Science Laboratory (UK), 18 p., available at: <https://pra.eppo.int/getfile/81ff20f2-652c-4bd6-a76c-4201e9eff214> (accessed 2024-10-06).

Leite, N.A., Alves-Pereira, A., Corrêa, A.S., Zucchi, M.I., Omoto, C. (2014) Demographics and genetic variability of the new world bollworm (*Helicoverpa zea*) and the Old World bollworm (*Helicoverpa armigera*) in Brazil, *PloS One*, vol. 9, no. 11, article number e113286, doi: 10.1371/journal.pone.0113286.

Liu, Z., Gong, P., Wu, K., Sun, J., Li, D. (2006) A true summer diapause induced by high temperatures in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Journal of Insect Physiology*, vol. 52, no. 10, pp. 1012-1020, doi: 10.1016/j.jinsphys.2006.06.008.

Liu, Z., Scheirs, J., Heckel, D.G. (2010) Host plant flowering increases both adult oviposition preference and larval performance of a generalist herbivore, *Environmental Entomology*, vol. 39, no. 2, pp. 552-560, doi: 10.1603/EN09129.

Maelzer, D.A., Zalucki, M.P. (1999) Analysis of long-term light-trap data for *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: the effect of climate and crop host plants, *Bulletin of Entomological Research*, vol. 89, no. 5, pp. 455-463, doi: 10.1017/S0007485399000590.

Mahon, R.J., Olsen, K.M., Downes, S., Addison, S. (2007) Frequency of alleles conferring resistance to the Bt toxins Cry1Ac and Cry2Ab in Australian populations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Journal of Economic Entomology*, vol. 100, no. 6, pp. 1844-1853, doi: 10.1093/jee/100.6.1844).

Mastrandrea, M.D., Field, C.B., Stocker, T.F., Edenhofer, O., Ebi, K.L., Frame, D.J., Held, H., Krieglner, E., Mach, K.J., Matschoss, P.R., Plattner, G.K., Yohe, G.W., Zwiers, F.W. (2010) *Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties*, IPCC Cross-Working Group Meeting on Consistent Treatment of Uncertainties, Jasper Ridge, CA, USA 6-7 July 2010, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), available at: <http://www.ipcc.ch> (accessed 2024-10-06).

Mathukumalli, S.R., Dammu, M., Sengottaiyan, V., Ongolu, S., Biradar, A.K., Kondru, V.R., Karlapudi, S., Bellapukonda, M.K.R., Chitiprolu, R.R.A., Cherukumalli, S.R. (2016) Prediction of *Helicoverpa armigera* Hubner on pigeonpea during future climate change periods using MarkSim multimodel data, *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 228-229, pp. 130-138, doi: 10.1016/j.agrformet.2016.07.009.

Matthews, M. (1991) *Classification of the Heliothinae*, Natural Resources Institute, Chatham, UK. Bulletin, no. 44, 198 p., available at: <http://gala.gre.ac.uk/11076>(accessed 2021-10-06).

McCaffery, A.R. (1998) Resistance to insecticides in Heliothine Lepidoptera: a global view, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, vol. 353, pp. 1735-1750, doi: 10.1098/rstb.1998.0326.

Mironidis, G.K. (2014) Development, survivorship and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) under fluctuating temperatures, *Bulletin of Entomological Research*, vol. 104, no. 6, pp. 751-764.

Mironidis, G.K., Savopoulou-Soultani, M. (2010) Effects of heat shock on survival and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) adults, *Journal of Thermal Biology*, vol. 35, no. 2, pp. 59-69, doi: 10.1016/j.jtherbio.2009.11.001.

Mironidis, G.K., Savopoulou-Soultani, M. (2012) Effects of thermophotoperiod on growth parameters of *Helicoverpa armigera*, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, vol. 142, no. 1, pp. 60-70, doi: 10.1111/j.1570-7458.2011.01201.x.

Mironidis, G.K., Savopoulou-Soultani, M. (2014) Development, survivorship, and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) under constant and alternating temperatures, *Environmental Entomology*, vol. 37, no. 1, pp. 16-28, doi: 10.1017/S0007485314000595.

Murray, D.A.H., Zalucki, M.P. (1990) Effect of soil moisture and simulated rainfall on pupal survival and moth emergence of *Helicoverpa punctigera* (Wallengren) and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Australian Journal of Entomology*, vol. 29, no. 3, pp. 193-197, doi: 10.1111/j.1440-6055.1990.tb00348.x.

Murúa, M.G., Scalora, F.S., Navarro, F.R., Cazado, L.E., Casmuz, A., Villagrán, M.E., Lobos, E., Gastaminza, G. (2014) First record of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina, *Florida Entomologist*, vol. 97, no. 2, pp. 854-856, doi: 10.1653/024.097.0279.

Nibouche, S. (1998) High temperature induced diapause in the cotton bollworm *Helicoverpa armigera*, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, vol. 87, no. 3, pp. 271-274, doi: 10.1046/j.1570-7458.1998.00331.x.

Nietschke, B.S., Magarey, R.D., Borchert, D.M., Calvin, D.D., Jones, E. (2007) A developmental database to support insect phenology models, *Crop Protection*, vol. 26, no. 9, pp. 1444-1448, doi: 10.1016/j.cropro.2006.12.006.

Pedgley, D.E. (1985) Windborne migration of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to the British Isles, *Entomologist's Gazette*, vol. 36, no. 1, pp. 15-20.

Pedgley, D.E. (1986) Windborne migration in the Middle East by the moth *Heliothis armigera* (Lep.: Noctuidae), *Ecological Entomology*, vol. 11, no. 4, pp. 467-470, doi: 10.1111/j.1365-2311.1986.tb00325.x.

Pedgley, D.E., Tucker, M.R., Pawar, C.S. (1987) Windborne migration of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in India, *International Journal of Tropical Insect Science*, vol. 8, no. 4-5-6, pp. 599-604, doi: 10.1017/S1742758400022669.

Qureshi, M.H., Mura, T., Yoshida, H., Shiraga, T., Tsumuki, H. (1999) Effects of photoperiod and temperature on development and diapause induction on the Okayama population of *Helicoverpa armigera* (Hb.) (Lepidoptera: Noctuidae), *Applied Entomology and Zoology*, vol. 34, no. 3, pp. 327-331, doi: 10.1303/aetz.34.327.

Riaz, S., Johnson, J.B., Ahmad, M., Fitt, G.P., Naiker, M. (2021) A review on biological interactions and management of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Journal of Applied Entomology*, vol. 145, no. 6, pp. 467-498, doi: 10.1111/jen.12880.

Riley, J.R., Armes, N.J., Reynolds, D.R., Smith, A.D. (1992) Nocturnal observations on the emergence and flight behaviour of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in the post-rainy season in central India, *Bulletin of Entomological Research*, vol. 82, no. 2, pp. 243-256, doi: 10.1017/S0007485300051798.

Rios, D.A.M., Specht, A., Roque-Specht, V.F., Sosa-Gómez, D.R., Fochezato, J., Malaquias, J.V., Gonçalves, G.L., Moreira, G.R. (2022) *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa zea* hybridization: constraints, heterosis, and implications for pest management, *Pest Management Science*, vol. 78, no. 3, pp. 955-964, doi: 10.1002/ps.6705.

Rochester, W.A., Dillon, M.L., Fitt, G.P., Zalucki, M.P. (1996) A simulation model of the long-distance migration of *Helicoverpa* spp. moths, *Ecological Modelling*, vol. 86, no. 2-3, pp. 151-156, doi: 10.1016/0304-3800(95)00043-7.

Ruan, J., Yang, Y., Carrière, Y., Wu, Y. (2024) Development of resistance monitoring for *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to pyramided Bt cotton in China, *Journal of Economic Entomology*, vol. 117, no. 5, pp. 2093-2099, doi: 10.1093/jee/toae194.

Sharma, H.C., Srivastava, C.P., Durairaj, C., Gowda, C.L.L. (2010) Pest management in grain legumes and climate change, *Climate change and management of cool season grain legume crops*, in S.S. Yadav, D.L. McNeil, R. Redden, S.A. Patil (eds.), Dordrecht, Netherlands: Springer Science, pp. 115-140.

Silva, I.F., Baldin, E.L., Specht, A., Sosa-Gómez, D.R., Roque-Specht, V.F., Morando, R., Paula-Moraes, S.V. (2018) Biotic potential and life table of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) from three Brazilian regions, *Neotropical Entomology*, vol. 47, pp. 344-351, doi: 10.1007/s13744-017-0529-8.

Srinivasa Rao, M., Rama Rao, C.A., Raju, B.M.K., Subba Rao, A.V.M., Gayatri, D.L.A., Islam, A., Prasad, T.V., Navya, M., Srinivas, K., Pratibha, G., Srinivas, I., Prabhakar, M., Yadav, S.K., Bhaskar, S., Singh, V.K., Chaudhari, S.K. (2023) Pest scenario of *Helicoverpa armigera* (Hub.) on pigeonpea during future

climate change periods under RCP based projections in India, *Scientific Reports*, vol. 13, no. 1, article number 6788, doi: 10.1038/s41598-023-32188-1.

Srivastava, C.P., Joshi, N., Trivedi, T.P. (2010) Forecasting of *Helicoverpa armigera* populations and impact of climate change, *Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 80, no. 1, pp. 3-10.

Tay, W.T., Soria, M.F., Walsh, T., Thomazoni, D., Silvie, P., Behere, G.T., Anderson, C., Downes, S. (2013) A brave new world for an old world pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil, *PloS One*, vol. 8, no. 11, article number e80134, doi: 10.1371/journal.pone.0080134.

Tripathi, S.R., Singh, R. (1991) Population dynamics of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae), *International Journal of Tropical Insect Science*, vol. 12, no. 4, pp. 367-374, doi: 10.1017/S174275840001122X.

Twine, P.H. (1978) Effect of temperature on the development of larvae and pupae of the corn earworm, *Heliothis armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences*, vol. 35, no. 1, pp. 23-28.

Yadav, S.P.S., Lahutiya, V., Paudel, P. (2022) A review on the biology, ecology, and management tactics of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, vol. 10, no. 12, pp. 2467-2476, doi: 10.24925/turjaf.v10i12.2467-2476.5211.

Zalucki, M.P., Daglish, G., Firempong, S., Twine, P. (1986) The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hubner) and *Heliothis punctigera* Wallengren (Lepidoptera, Noctuidae) in Australia – what do we know? *Australian Journal of Zoology*, vol. 34, no. 6, pp. 779-814, doi: 10.1071/zo9860779.

Zalucki, M.P., Furlong, M.J. (2005) Forecasting *Helicoverpa* populations in Australia: a comparison of regression based models and a bioclimatic based modelling approach, *Insect Science*, vol. 12, no. 1, pp. 45-56, doi: 10.1111/j.1672-9609.2005.00007.x.

Статья поступила в редакцию (Received): 16.11.2024.

Статья доработана после рецензирования (Revised): 01.12.2024.

Принята к публикации (Accepted): 13.12.2024.

Для цитирования / For citation:

Богданович, А.Ю., Фролов, А.Н., Семенов, С.М. (2025) Современный климатический ареал хлопковой совки и его трансформация в XXI веке вследствие изменения климата, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 11, № 1, с. 8-54, doi:10.21513/2410-8758-2025-1-8-54.

Bogdanovich, A.Yu., Frolov, A.N., Semenov, S.M. (2025) The current climatic range of the cotton bollworm and its transformation in 21st century due to climate change, *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 11, no. 1, pp. 8-54, doi:10.21513/2410-8758-2025-1-8-54.