

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НИШ ВРЕДНЫХ САРАНЧОВЫХ В ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ РАЙОНАХ КАЗАХСТАНА НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРЕВЕНТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Байбусенов Курмет Серикович,

PhD, ассоциированный профессор кафедры биологии, защиты и карантина растений
Казахского агротехнического исследовательского университета имени С. Сейфуллина,

Ажбенов Валерий Кенесович,

доктор биологических наук, профессор, академик Академии сельскохозяйственных наук
Республики Казахстан, ведущий научный сотрудник отдела карантина растений

Казахского научно-исследовательского института защиты и карантина растений имени Ж.Жиембаева.

Annotatsiya. Tadqiqotning yangiligi maxent platformasi yordamida amalga oshirilgan ekologik bo'shliqlarni modellashtirish (ENM) natijalariga asoslanadi. Ekologik bo'shliqlarni modellashtirishda miqdoriy ko'rsatkichlardan sifat ko'rsatkichlariga o'tish uchun quyidagi sinf chegaralari aniqlandi: I (85-100%) - aholi yashash ehtimoli juda yuqori bo'lgan hudud, II (70-85%) - aholi yashash ehtimoli yuqori bo'lgan hudud, III (50-70%) - aholi yashash ehtimoli o'rtacha bo'lgan hudud, IV (0-50%) - aholi yashash ehtimoli past bo'lgan hudud yashash ehtimoli. Fitosanitariya xavfini baholash nuqtai nazaridan biz dastlabki ikkita sohaga (I va II) qiziqamiz va tadqiqot natijalari ushbu sohalarini umumiy tadqiqot maydoniga nisbatan qamrab oladi. Habitat ehtimoli va potentsial bo'yicha ushbu tadqiqot natijalari chigirtka zararkunandalarining tarqalishi xavfni baholash, monitoring va erta profilaktika choralarini birinchi o'ringa qo'yish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: chigirtka zararkunandalari, joylarni ekologik modellashtirish, potentsial tarqalish, joylashish ehtimoli, Qozog'iston.

Аннотация. Новизна исследований основана на результатах моделирования экологических ниш (ENM), которое было реализовано с использованием платформы MaxEnt. При моделировании экологических ниш были определены следующие границы классов для перехода от количественных к качественным показателям: I (85-100%) - область очень высокой вероятности заселения, II (70-85%) - область высокой вероятности заселения, III (50-70%) - область средней вероятности заселения, IV (0-50%) - область с низкой вероятностью заселения. С точки зрения оценки фитосанитарного риска нас интересуют первые две области (I и II), и результаты исследований представляют собой охват этих областей по отношению к общей площади исследований. Эти результаты исследований о вероятности среды обитания и потенциального распространения не стадных саранчовых вредителей могут позволить определить приоритетность областей для оценки риска, мониторинга и мер ранней профилактики.

Ключевые слова: саранчовые вредители, экологическое моделирование ниш, потенциальное распространение, вероятность заселения, Казахстан.

Annotation. The main novelty is based on results from ecological niche modelling (ENM), which was implemented using MaxEnt platform. When modeling ecological niches, the following class boundaries were determined for the transition from quantitative to qualitative indicators: I (85-100%) - area of very high probability of settlement, II (70-85%) - area of high probability of settlement, III (50-70%) - area of average probability of settlement, IV (0-50%) - area of low probability of settlement. From the pest risk assessment view, we are interested in the first two areas (I and II) and the research results represents the coverage of these areas in relation to the total research area. These research results on habitat suitability and potential distribution of non-gregarious locust pests may allow prioritization of areas for risk assessment, monitoring and early prevention measures.

Key words: locust pests, ecological niche modelling, potential distribution, Kazakhstan.

Введение. С применением инновационных технологий, таких как ГИС и ГЛОНАСС/GPS-технологий открывается исключительная возможность точного выявления очагов вредных видов, быстрой передачи данных, прогнозирования их дальнейшего распространения и принятия правильных решений по защите урожая [1-2].

Казахстан является экономически значимым сельскохозяйственным регионом в Центральной Азии. Вместе с этим, природно-климатические данные региона считаются наиболее

оптимальной средой для распространения и вредоносности всех видов саранчовых [3]. Актуальным остается предотвращение ущерба от вредных нестатных саранчовых, которые в годы массового размножения причиняют не меньший вред, чем статные перелетные виды саранчи [4-5].

Согласно литературным источникам и наших собственных наблюдений [6-9] на территории Казахстана встречаются 3 основных вида статных саранчовых - итальянская саранча (*Calliptamus italicus* L.), марокканская

саранча (*Dociostaurus maroccanus* Thnb.) и азиатская саранча (*Locusta migratoria* L.). Комплекс вредных нестадных саранчовых насчитывает 9-10 видов. Из них в качестве доминантных видов можно отметить малую крестовичку - *Dociostaurus brevicollis* (Ev.), атбасарку - *Dociostaurus kraussi* (INGEN.), темнокрылую кобылку - *Stauroderus scalaris* (F.-W.), сибирскую кобылку - *Aeropus sibiricus sibiricus* (L.), крестовую кобылку - *Paracryptera microptera microptera* (F.-W.), белополосую кобылку - *Chorthippus albomarginatus* (DEG.), степного конька - *Euchorthippus pulvinatus* (F.-W.).

Прогностическое моделирование географического распределения на основе экологической ниши изучаемого объекта стало важным инструментом в агроэкологии [10-11]. В результате моделирования экологических ниш исследуемых вредителей, с помощью таких продуктов ГИС-технологий как программа MAXENT, становится возможным на цифровых картах исследуемой местности располагать информацией о потенциальных местах размножения саранчовых вредителей, куда в первую очередь должны быть направлены усилия по мониторинговым и защитным мероприятиям.

Нами выдвигается подход моделирования экологических ниш вредных нестадных саранчовых вредителей на примере регионов Северного Казахстана, куда входят 4 области: Акмолинская, Павлодарская, Костанайская и Северо-Казахстанская.

Цель исследования – моделирование экологических ниш на примере нестадных саранчовых вредителей на основе ГИС-технологий и методов дистанционного зондирования для выявления потенциальных мест распространения и предотвращения ущерба от опасных вредителей в земледельческих районах Северного Казахстана.

Материалы и методы исследований. Моделирование экологических ниш проводилось с помощью программы MAXENT [12-13] и охватывало два направления: 1) разработку базовой модели на основе климатических переменных; 2) разработку модели экологических ниш на основе данных ДЗЗ.

Результаты исследований и их обсуждение. В целях определения экологических ниш нестадных саранчовых собраны данные ДЗЗ в виде космических снимков, данных о рельефе местности. Проведен сбор и анализ климатических данных и данных рельефа местности с электронных ресурсов для уточнения критериев метеопараметров, при которых развиваются саранчовые. Получены климатические данные из источников: WorldClim; Bioclim. Проведен анализ по уточнению критериев метеопараметров, при которых развиваются саранчовые.

На рисунке 1 представлено процентное соотношение и вклад между ключевыми входными параметрами (data input) для моделирования экологических ниш (ENM) нестадных саранчовых вредителей. Как видно из данных, для проведения моделирования экологических ниш (ENM) больше всего (каждый по 24% из 100%) были использованы такие факторы как осадки, температура минимальная и температура максимальная за период с 1999 по 2021 гг. ежемесячно. Это объясняется тем, что данные факторы являются основными в изучении биоэкологических особенностей вредителей [14].

В качестве второстепенных факторов были взяты такие показатели как Индекс засушливости PDSI и Соллярная

радиация (каждый по 12% из 100%) за февраль-июль месяцы за 1999-2021 гг.

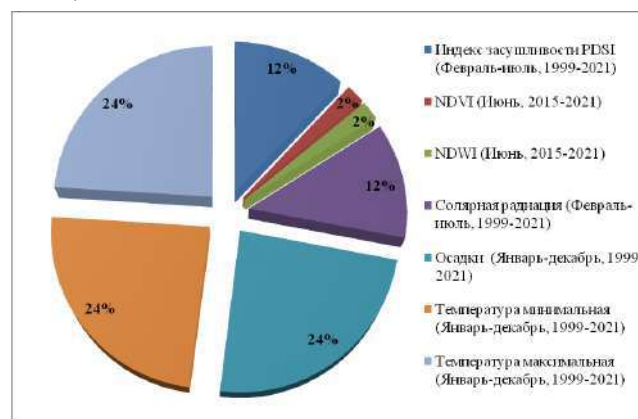


Рисунок 1. Процентное соотношение и вклад между ключевыми входными параметрами (data input) для моделирования экологических ниш (ENM) нестадных саранчовых вредителей

Индекс засушливости был добавлен в данном году исследования. Так как, была выявлена закономерность между годами с ГТК. Минорную позицию занимают показатели NDVI и NDWI за июнь, 2015-2021 гг. Данные показатели также являются важными, так как индекс вегетации и увлажненность растений соответственно за июнь месяц. Июнь месяц был выбран в связи с тем, что личиночная стадия основных видов нестадных саранчовых приходится именно на этот месяц в регионах Северного Казахстана и все меры борьбы против них необходимо проводить до окрыления саранчи [6,9].

Входными данными модели были созданы случайным образом координаты точек на основе отчетов наземного обследования по районам исследований. Мы ранжировали (от 1 до 6) районы областей по данным отчетов о площадях заселения личинками нестадных саранчовых [15]. На основе классификации районов были созданы случайным образом точки для обучения модели.

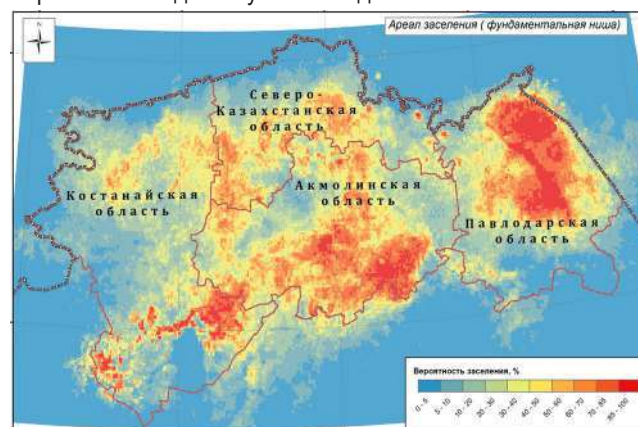


Рисунок 2. Результат моделирования: Фундаментальная ниша ареала заселения нестадных саранчовых вредителей.

При моделировании экологических ниш нестадных саранчовых вредителей с использованием программы MaxEnt (рисунок 2), были определены следующие границы классов

для перехода от количественных к качественным показателям: I (85-100%) - зона очень высокой вероятности заселения, II (70-85%) - зона высокой вероятности заселения, III (50-70%) - зона средней вероятности заселения, IV (0-50%) - зона низкой вероятности заселения. С точки зрения фитосанитарной безопасности нас интересуют первые две зоны (I и II), так как остальные зоны не представляют риска для сельскохозяйственных районов.

Согласно запущенной модели ENM (рисунок 2), высокие показатели ареала заселения отводятся центральной и северной части Павлодарской области. Здесь моделирование экологических ниш на большинстве территории показывает вероятность заселения нестадных саранчовых I и II зоны с соотношением 1:1 (зоны равны) в слабо засушливой, умеренно теплой агроклиматической зоне. В южной части Костанайской области модель ENM на большинстве территории прогнозирует вероятность заселения I и II зоны с соотношением 1:2 (доминирует II зона) в умеренно засушливой теплой агроклиматической зоне данного региона. В южной и юго-восточной части Акмолинской области модель прогнозирует вероятность заселения I и II зоны с соотношением 1:3 (сверхдоминирует II зона) в слабо влажной, умеренно теплой агроклиматической зоне области. В

Северо-Казахстанской области не наблюдаются I и II зоны. В связи с этим, данный регион можно отнести к районам с минимальной подверженностью заселения нестадными саранчовыми вредителями.

Выводы. В соответствии с современными тенденциями развитием науки и техники мировой уровень научных исследований в защите и карантине растений определяется использованием инновационных технологий в фитосанитарном мониторинге и прогнозировании. С применением инновационных технологий, таких как ГИС и ДЗЗ-технологии, открывается исключительная возможность точного выявления очагов вредных видов, быстрой передачи данных, принятия правильных и эффективных решений по защите урожая. Предлагаемый способ моделирования экологических ниш (ENM) вредных нестадных саранчовых является одним из инновационных подходов в прогнозировании развития и распространения вредителей сельскохозяйственных культур. Так как с помощью данного подхода можно установить предпочтительные места обитания и потенциальные зоны распространения саранчовых вредителей, особенно в Северной части Казахстана, где расположены основные экономически важные зерновые культуры и земли сельскохозяйственного пользования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Фролов А.Н. Современные тенденции развития фитосанитарного мониторинга и прогноза // Вестник защиты растений. - М. - 2010. - №2. - С. 3-14.
2. Гричанов И.Я. Высокопроизводительные и высокоточные технологии и методы фитосанитарного мониторинга. - СПб: ВИЗР. - 2009. - 86 с.
3. Kurmet Baibussenov, Aigul Bekbaeva, Valery Azhbenov, Amageldy Sarbaev and Svetlana Yatsyuk. Investigation of Factors Influencing the Reproduction of Non-Gregarious Locust Pests in Northern Kazakhstan to Substantiate the Forecast of their Number and Planning of Protective Measures // OnLine Journal of Biological Sciences. - 2021. - Vol. 21 (1). - P. 144-153.
4. Сергеев М.Г. Вредные Саранчовые России и сопредельных регионов: прошлое, настоящее, будущее // Защита и карантин растений. - 2010. - № 1. - С. 18-22.
5. Чильдебаев М.К., Сагитов А.О., Акмоллаева А.С., Хасенов С.С., Материалы по фауне и экологии саранчовых Северного Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки. - 2004. - Т. 4. - С. 46-52.
6. Камбулин В.Е. Саранчовые - методы оценки вреда, прогноз численности и технологии выявления заселенных территорий / Камбулин В.Е. - Алматы, 2018. - 300 с
7. Акмоллаева А.С. Саяқ шегірткелердің әр түрлі биотоптардағы түр құрамы // Международная научная конференция // Международная научная конференция «Стратегия научного обеспечения АПК РК в отраслях земледелия, растениеводства и садоводства: реальность и перспективы». - Алматы, 2004. - Кн. 2. - С. 202-203.
8. Zhang L., Lecoq M, Latchininsky A. and Hunter D. Locust and Grasshopper Management // Annual Review of Entomology. - 2019. - Vol. 64. - P. 15-34.
9. Baibussenov K.S., Sarbaev A.T., Azhbenov V.K., Harizanov V.B. Predicting the phase state of the abundance dynamics of harmful non-gregarious locusts in Northern Kazakhstan and substantiation of protective measures // Biosciences Biotechnology Research Asia - 2015. - Vol. 12 (2). - P. 1535-1543.
10. Latchininsky A.V., Sivanpillai R. Locust Habitat Monitoring and Risk Assessment Using Remote Sensing and GIS Technologies // Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases. - 2010. - Vol. 5. P. 163-188.
11. Malakhov D.V., Zlatanov B.V. An Ecological Niche Model for *Dociostaurus maroccanus*, Thunberg, 1815 (Orthoptera, Acrididae): The Nesting Environment and Survival of Egg-Pods // Biosis: Biological Systems. - 2020. - Vol. 1(1). - P. 8-24.
12. Elith J., Steven J. Trevor H., Miroslav D. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists // Diversity and Distributions. - 2011. - Vol. 17. - P. 43-57.
13. Merow C., Smith M.J., Silander J.A. A practical guide to Maxent for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter // Ecography. - 2013. - Vol. 36 (10). - P. 1058-1069.
14. Zhang L., Lecoq M, Latchininsky A. and Hunter D. Locust and Grasshopper Management // Annual Review of Entomology. - 2019. - Vol. 64. - P. 15-34.
15. Обзоры распространения вредных организмов сельскохозяйственных культур в Казахстане в 1999-2019 гг. и прогноз их появления / МСХ РК. - Алматы/Астана. - 1999-2021.

ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ PHTHORIMAEA ABSOLUTA MEYRICK В УСЛОВИЯХ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Успанов Алибек Маратович, к.б.н.,
Адилханкызы Айнура, магистр,
Алпысбаева Карлыгаш Азирбековна, PhD,
Турсунова Альнура Кайратовна, магистр,

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений им. Ж.Жиембаева».

Аннотация. В период 2021-2023 годы в условиях открытого гранта Енбекшиказахского района Алматинской области была изучена динамика распространения томатной моли. Для своевременного выявления вредителя маршрутные обследования на изучаемой территории осуществляли с марта по ноябрь. Для определения лета динамики фитофага использовали феромоновые ловушки типа «дельта». Был проведен анализ метеорологических условий зимних периодов и рассчитана сумма эффективных температур. Установлено, что в 2021 и 2022 годы томатная моль развивалась в 5 поколений, в 2023 году 4 поколения и 5-ое было неполным.

Идентификацию томатной моли провели методом ПЦР анализа с универсальными праймерами LCO1490/HCO2198. M- Gene Ruler 1 kb DNA Ladder (Thermo Fisher, США). Последовательности генов COI образцов *Tuta absoluta* Meyrick (*Phthorimaea absoluta* Meyrick) из разных мест были подтверждены с помощью BLASTN в базе данных GenBank Национального центра биотехнологической информации (NCBI) в целях идентификации, а виды идентифицировались с помощью системы BOLD.

Ключевые слова: *Phthorimaea absoluta*, адаптация, фенология, феромон, идентификация.

Annotatsiya. 2021-2023-yillarda Olmaota viloyati, Enbekshiqozoq tumanidan ochiq yer shartida pomidor kuyasining tarqalish dinamikasi o'rganildi. Zararkunandani o'z vaqtida aniqlash maqsadida o'rganilayotgan hududda martdan noyabrgacha marshrut tadqiqotlari o'tkazildi. Fitofagning yozgi dinamikasini aniqlash uchun biz «delta» tipidagi feromon tuzoqlaridan foydalandik. Qishki davrlarning meteorologik sharoitlari tahlili o'tkazildi va samarali haroratlar yig'indisi hisoblab chiqildi. Aniqlanishicha, 2021 va 2022 yillarda pomidor kuyasi 5 avlodda rivojlangan, 2023 yilda 4, 5 avlod to'liq bo'lmagan. Pomidor kuyasini identifikatsiyalash LCO1490/HCO2198 universal primerlari bilan PCR tahlili orqali amalga oshirildi. M-Gene Ruler 1 kb DNK Ladder (Thermo Fisher, AQSH). Turli joylardan olingan *T. absoluta* namunalarining COI gen ketma-ketligi identifikatsiya qilish maqsadida Milliy Biotexnologiya Axborot Markazi (NCBI) GenBank ma'lumotlar bazasida BLASTN yordamida tasdiqlangan va turlar BOLD tizimi yordamida aniqlangan.

Kalit so'zlar: *Phthorimaea absoluta*, moslashish, fenologiya, feromon, identifikatsiya.

Annotation. In the period 2021-2023, under the conditions of an open grant from the Enbekshikazakh district of the Almaty region, the dynamics of the spread of the tomato moth was studied. To ensure timely detection of the pest, route surveys in the study area were carried out from March to November. To determine the summer dynamics of the phytophage, we used pheromone traps of the “delta” type. An analysis of the meteorological conditions of winter periods was carried out and the sum of effective temperatures was calculated. It was found that in 2021 and 2022 the tomato moth developed in 5 generations, in 2023 there were 4 generations and the 5th was incomplete. Identification of the tomato moth was carried out by PCR analysis with universal primers LCO1490/HCO2198. M-Gene Ruler 1 kb DNA Ladder (Thermo Fisher, USA). COI gene sequences of *Tuta absoluta* Meyrick (*Phthorimaea absoluta* Meyrick) specimens from different locations were confirmed using BLASTN in the National Center for Biotechnology Information (NCBI) GenBank database for identification purposes, and species were identified using the BOLD system.

Введение. По данным ЕОКЗР, томатная минирующая моль *Phthorimaea absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) происходит из стран Центральной и Южной Америки и признана самым опасным вредителем томата, потери от которого могут составлять 50-100% [1, 2]. Первые сигналы о его появлении в Европе были получены от испанских фермеров в конце 2006 года. Ущерб, причиненный новым вредителем, принял угрожающие размеры [3]. В течение 2007-2009 гг. томатная моль распространилась во многих странах: Франции, Италии, Португалии, Великобритании, Германии, Греции, Литве, Дании, Швейцарии, Албании. В 2010 г. она была обнаружена в России

[4], Болгарии и Украине, в 2011 г. – на юге Республики Беларусь. В Казахстане фитофаг впервые был обнаружен в 2015 году в Актыбинской области. В связи с вовремя принятыми радикальными фитосанитарными мерами по локализации и ликвидации томатной моли она массово распространилась на территории Туркестанской, Жамбылской и Алматинской областях в условиях открытого грунта. На сегодняшний день является основным вредителем томатов как в закрытом, так и в открытом грунте.

Методы исследований. Научно-исследовательские работы были выполнены по общепринятым методам в энто-