

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ АРЕАЛОВ ИНВАЗИВНЫХ ФИТОПАТОГЕНОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНТРОПИИ

В.Б. Звягинцев, *mycolog@tut.by*; А.Г. Пинчук, *anna.pinchuk.99@mail.ru*

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

В настоящее время применяются различные подходы к оценке вероятности инвазий вредоносных организмов на новые территории. Эта работа важна, прежде всего, для детализации карантинных мероприятий, адаптации агроценозов и нативных экосистем к вторжению чужеродных организмов, среди которых доминируют представители царства грибов [1]. Целью данных исследований является попытка использования компьютерного моделирования, основанного на принципе максимальной энтропии, для оценки потенциального географического ареала видов фитопатогенов.

Модель MaxEnt основывается на анализе геоинформационных данных об известных местонахождениях определенного вида и экологических характеристик этих местоположений, строит потенциальный ареал в сходных условиях опираясь на важность в распространении вида конкретных экологических факторов – предикторов. Среди моделей экологических ниш (ENM) алгоритм машинного обучения MaxEnt широко распространен при решении научных задач, используется в моделировании пригодности местообитаний из-за его точных возможностей прогнозирования и дополнительных описательных свойств [2]. С целью отработки параметров модели были отобраны 2 группы видов фитопатогенных грибов из карантинного списка ЕАЭС – виды уже выявленные на территории Беларуси (*Hymenoscyphus fraxineus* Baral et al., *Phytophthora alni* Brasier, Kirk) и виды по экспертным оценкам потенциально способные к проникновению (*Phytophthora ramorum* Werres et al., *Melampsora medusae* Thüm.).

Модели вероятностного ареала строились на основании данных о распространении грибов, места находок которых были взяты с интернет-ресурсов GBIF, EPPO [3, 4] и дополнены нашими собственными наблюдениями. Помимо координат точек присутствия вида для анализа распределения были использованы климатические данные и данные о рельефе (WorldClim), почвенные факторы (ISRIC SoilGrids), а также информация о растительном покрове региона (GlobCover) [5-7].

Путем подбора предикторов, набор которых оказался уникальным для каждого вида фитопатогенов, и определенных настроек программы, удалось получить достаточно точную прорисовку естественных и инвазивных ареалов. На выходе, мы получаем карту желаемого масштаба (регион, страна, континент, мир) с потенциальным ареалом исследуемого вида, раскрашенным по шкале вероятности его развития в конкретных условиях от 0 до 100%. С различной вероятностью модель MaxEnt допускает возможность проникновения *Ph. ramorum*, *M. medusae*. с запада в Восточную Европу, включая территорию Беларуси, и далее в азиатские регионы континента.

На основе проведенных математических проверок и визуальной оценки полученного картографического материала сделан вывод о высокой точности используемого метода компьютерного моделирования, что подтверждается литературными данными и нашими собственными исследованиями распространности изучаемых инвазивных видов. Считаем, что модель MaxEnt является вполне перспективным инструментом для решения задач в области отслеживания ареалов инвазивных фитопатогенных организмов.

Литература

1. Звягинцев В.Б. Глобализация проблем лесной фитопатологии / Проблемы лесной фитопатологии и микологии: материалы 9-й Международной конференции // под ред. В.Г. Стороженко, В.Б. Звягинцева – Минск: БГТУ, 2015. – С. 89–90.
2. Steven J. Phillips, Robert P. Anderson, Robert E. Schapire. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // Ecological Modelling – 2006. – Vol.190, P. 231–259.
3. Global Biodiversity Information Facility – URL: <https://www.gbif.org/ru/occurrence/search> (дата обращения 2021-11-03).
4. European and Mediterranean Plant Protection Organization – URL: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTRA/distribution> (дата обращения 2022-01-21).
5. Global Climate Data – URL: <http://worldclim.org/> (дата обращения 2021-11-04).
6. ISRIC SoilGrids – URL: <https://data.isric.org/geonetwork/srv/rus/catalog.search#/metadata/20f6245e-40bc-4ade-aff3-a87d3e4fcc26> (дата обращения 2022-01-21).
7. GlobCover land Cover Maps – URL: http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php (дата обращения 2022-01-21).