

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЫ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО АРЕАЛА ИНВАЗИВНОГО ВИДА БОРЩЕВИК СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN)

Чадин И.Ф., Далькэ И.В., Захожий И.Г., Малышев Р.В., Маслова С.П., Кириллов Д.В.
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Россия
chadin@ib.komisc.ru

Аннотация: Установлено, что сумма активных температур и классификация почвенного покрова объясняют более 80 % результатов моделирования потенциального ареала борщевика Сосновского. Установлено, что северная граница потенциального ареала вида располагается между изолиниями суммы активных температур от 800 до 1000 °С. Расширенный отчет о процедуре моделирования доступен в Zenodo: <https://zenodo.org/record/3245742#.XQMq3aVS9hE>.

1. Введение

Выявление теоретических границ вторичного ареала инвазивных видов представляют интерес, как для фундаментальной науки, так и для практического управления чужеродными видами. Целью настоящей работы было построение модели распространения *H. sosnowskyi* и определение теоретических границ северной части его ареала на основе корреляции между данными о фактическом распространении растений этого вида, биологическими и климатическими предикторами и предикторами, отражающими освоение окружающей среды человеком.

2. Объекты и методы

Для манипуляций с переменными, представленными в виде географически привязанных растров использовали пакет raster для среды статистических вычислений R. Визуальная обработка растровых и векторных данных осуществлялась с помощью программы QGIS. Корреляционное моделирование распространения *H. sosnowskyi* выполняли с помощью программы Maxent (Phillips and Dudík 2008), для серийного запуска этой программы использовали пакет dismo для среды R. Для оценки качества модели и оптимизации уровня ее сложности использовали R-пакет ENMeval. Район исследований был ограничен областью прямоугольной формы (в проекции широта/долгота) со следующими координатами: $X_{min} = 42^\circ$ в.д., $Y_{min} = 57^\circ$ с. ш., $X_{max} = 68^\circ$ в. д., $Y_{max} = 72^\circ$ с. ш. Площадь района составила около 2 066 267 км². Южная граница участка находилась в пределах подзоны южной тайги, северная – в тундровой зоне.

Использован набор из десяти предикторных переменных, которые можно разделить на три группы: 1) биоклиматические переменные, 2) переменные, характеризующие почвенно-растительный покров, 3) переменные расстояния (дистанции до ближайшей дороги, населенного пункта, водотока). Все предикторы имели относительно низкие (< 0,70) попарные коэффициенты корреляции Пирсона. Все предикторные переменные были стандартизированы по проекциям (проекция широты / долготы с датумом WGS84, EPSG:4326) и размеру ячейки сетки (30 угловых секунд, ок. 1 × 1 км) и обрезаны по единым границам, описанным выше.

Данные о находках *H. sosnowskyi* были собраны с помощью информационной системы РИВР (<https://ib.komisc.ru/add/rivr>). Из исходного массива 11241 географических точек мы отобрали по одной точке на пиксел, в соответствии с пространственным разрешением растровых слоев предикторных переменных. Фильтрацию проводили с помощью функции «gridSample» R-пакета dismo. После фильтрации осталось 982 точек, которые были использованы для моделирования. Для уменьшения возможного влияния смещения выборки

мы использовали растр вероятности смещения выборки. Значения пикселей растра смещения обратно пропорциональны расстоянию до ближайшей дороги.

3. Результаты

С помощью пакета ENMeval установили оптимальные значения параметров RM (0.5) и feature class («L») программы Maxent для двух наборов предикторов. Первый набор (далее по тексту Набор 1) включал в себя биоклиматические переменные и характеристики почвенного покрова. Второй набор (далее по тексту Набор 2) помимо переменных, включенных в первый набор, включал переменные дистанций и данные о лесопокровии. Результаты запуска программы Maxent с указанными параметрами для обоих наборов предикторов представлены на расширенной версии настоящих материалов, доступных в репозитории Zenodo: <https://zenodo.org/record/3245742#.XQMq3aVS9hE> (Моделирование..., 2019). Оценку качества предсказаний модели оценили с помощью ROC-кривой параметра AUC (площадь под ROC-кривой). Для обоих наборов данных были получены приемлемые значения как для тренировочной (AUC 0.94; 0.97), так и для тестовой выборки (AUC 0.84; 0.93).

Для модели, полученной с помощью предикторов, входящих в Набор 1 наиболее значительное влияние оказали переменные «Сумма активных температур» (46 %) и «Характеристики почвенного покрова» (35 %). Для модели, полученной с помощью предикторов, входящих в Набор 2 наиболее значительное влияние оказали переменные, связанные с антропогенными факторами: расстояние до ближайшего населенного пункта – 40 %, и расстояние до ближайшей дороги – 38 % (таблица 3). Характеристики почвенного покрова – 8.4 % и сумма активных температур – 6.1 % также внесли заметный вклад в установление параметров Maxent модели.

Результаты моделирования показывают, что северная граница местообитаний, пригодных для произрастания *H. sosnowskyi* хорошо совпадает с изолиниями суммы активных температур от 800 до 1000 °С.

4. Выводы

Таким образом, на основе собранного массива данных о географическом распространении борщевика Сосновского и набора предикторов (биоклиматические переменные, переменные, характеризующих почвенно-растительный покров и переменных расстояния) выполнено моделирование потенциального пространственного распространения инвазивного вида растения в таёжной и тундровой зоне европейской части России. При исключении антропогенного фактора две переменные – сумма активных температур и характеристика почвенного покрова объясняют 81% результатов корреляционного моделирования расселения борщевика Сосновского на территории, охватывающей южные границы Республики Коми, и побережье Северного Ледовитого океана в секторе восточных и западных границ Республики Коми. Установлено, что теоретическая северная граница вторичного ареала вида располагается между изолиниями суммы активных температур от 800 до 1000 °С.

Литература

Моделирование пространственного распространения и определение северной границы потенциального ареала инвазивного вида борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.)

URL: <https://zenodo.org/record/3245742#.XQMq3aVS9hE>