

МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ *EPIPACTIS TALLOSI* (ORCHIDACEAE) В ЦЕНТРАЛЬНІЙ ЧАСТИНІ ЄВРОПИ

Любка Т.Т.

Моделювання поширення *Epipactis tallosii* (Orchidaceae) в Центральній частині Європи. – Т.Т. Любка - У статті викладено результати дослідження потенційного поширення рідкісного виду *Epipactis tallosii* A.Molnár & Robatsch (Orchidaceae) в Центральній частині Європи. У роботі використано програмне забезпечення екологічного моделювання Maxent. До моделювання було включено 163 відомі на сьогодні локалітети виду. Вихідними матеріалами для аналізу були набір геоінформаційних шарів, які відповідають 19 кліматичним факторам, та додатковий шар – висота над рівнем моря з системи WorldClim. Карти будувалися в інформаційних системах програм Quantum – Gis та Diva – Gis. Встановлено тенденції поширення виду та межі його ареалу.

Ключові слова: *Epipactis tallosii*, модель потенційного ареалу, Maxent, Bioclim, AUC.

Адреса: Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II, Науково-дослідний центр ім. Іштвана Фодора, вул. Кошута, 6, Берегово, Закарпатська обл., 90202 Україна; e-mail: ljubkatibor@gmail.com

Simulation of distribution *Epipactis tallosii* (Orchidaceae) in Central part of Europe – Т.Т. Ljubka – The majority of European orchids are of significant conservation importance, due to their specific ecological and biological requirements. The genus *Epipactis* Zinn. in Europe is well known for its intricate systematics and confused taxonomy. The *E. tallosii* A.Molnár & Robatsch was discovered and described relatively late (in 1997), it was described based on a single Hungarian population, at the southwestern foot of Bakony mountains, near the village of Nyirád. The occurrence of this species in Slovakia was known from the mid of 1990s but it was not identified until 1997. The presence of the species is also known in the Czech Republic and Romania. The *E. tallosii* is currently enlisted in the Endangered (EN) category of the Red List (Bilz et al., 2011), and is considered very rare, mostly represented by very small and isolated populations over its scattered distribution area. The area of occupancy of this orchid is below 500 km² and according to recent assessments the population exhibits a decreasing trend (Fay, 2011). This paper investigated the potential spread of the rare species *Epipactis tallosii* in Central Europe based on currently known localities. Taxonomy of the representatives of this genus is very complicated due to the morphological differentiation of their flower. For instance, in Hungary it was found in gallery forests, oak and oak-hornbeam forests both on the lowlands and in more hilly regions, as well as in poplar plantations. According to most recent IUCN Red List *E. tallosii* is one of the most threatened orchids of Europe. Based on the known localities of this species, we tried to simulate potentially distribution of the species the Central part of Europe. The spatial modeling was performed using Maxent software tools. The simulation includes 163 known localities of the species. The data sets of GIS layers corresponding to 19 ecological climatic factors, in addition to another layer – the altitude taken from the WorldClim systems. The map was built using Quantum – Gis and Diva –Gis information systems. The potential area of occurrence are established.

Key words: *Epipactis tallosii*, potential area, Maxent, Bioclim, AUC.

Address: Ferenc Rákóczi II. Transcarpathian Hungarian Institute, Istvan Fodor Scientific investigation center, 6, Kossuth sq., Berehovo, Transcarpathia Region, 90202 Ukraine; e-mail: ljubkatibor@gmail.com

Вступ

Останнім часом у всьому світі спостерігаються зміни у природі, які пов'язані з різного роду кліматичними та антропогенними факторами, що призводять до зміни меж поширення як рослин, так і тварин. Для прогнозування змін ареалів активно розробляються методи екологічного просторового моделювання, які базуються на кліматичних чинниках (Hijmans et al. 2005; Philips et al. 2006, 2008; Sholgren et al.

2010; Mosiakin 2013; Mosiakin, Kazarinova 2014). З появою нових методів і технологій можна моделювати динаміку поширення видів, на основі різних кліматичних факторів. Розвиток геоінформаційних технологій та поява високоякісних кліматичних карт та різних алгоритмів, які здатні моделювати поширення видів, може сприяти появі більш точних інформативних моделей для з'ясування появи в

майбутньому потенційних місць оселення різних видів.

Вид *Epipactis tallosii* A. Molnár & Robatsch вперше був описаний з території Угорщини у 1997 р. на південно-західних підніжжях Баконських гір, біля села Нірад (Nyirád). Рослина дістала назву на честь угорського ботаніка Пала Таллоса (Molnár, Robatsch 1997). Зараз *E. tallosii* занесений до Червоного списку Міжнародною союзу охорони природи зі статусом «загрожений» (Endangered - EN), (Bilz 2011), і вважається дуже рідкісним видом, переважно з малими та ізольованими популяціями. Популяції виду мають вузький ареал поширення, площа яких не перевищує 500 км², і мають тенденції до зменшення (Fay 2011).

У цій статті вперше робиться спроба побудови просторових моделей потенційних ареалів для *Epipactis tallosii* A. Molnár & Robatsch (Orchidaceae), поширення якого у Центральній Європі є недостатньо вивченим. Відповідно до останнього Червоного списку IUCN, *Epipactis tallosii* – є одним серед роду *Epipactis* Zinn., якому загрожує найбільша небезпека.

Матеріали та методи дослідження

Моделювання потенційних ареалів проводилося за стандартною методикою (Philips et al. 2006). Основними інструментами еколого-кліматичного моделювання в нашій роботі були спеціалізовані програмні забезпечення: Bioclim та Maxent. Bioclim є інтегрованим у Diva – Gis, який дозволяє визначати екологічні параметри видів та будувати екологічні графіки для точок місцезнаходжень виду в координатах різних кліматичних факторів (Townsend et al. 2003). Фактори включають у себе кліматичні умови 1950 – 2000 років. Для моделювання було взято до обробки 20 кліматичних факторів, які відповідають: BIO – середньорічній температурі (1), BIO2 – середньомісячному температурному діапазону (2), BIO3 – ізотермічності (3), BIO4 – температурній сезонності (4), BIO5 – максимальній температурі найтеплішого місяця (5), BIO6 – мінімальній температурі найхолоднішого місяця (6), BIO7 – річному температурному діапазону (7), BIO8 – середній температурі найвологішого кварталу (8), BIO9 – середній температурі найсухішого кварталу (9), BIO10 – середній температурі найтеплішого кварталу (10), BIO11 – середній температурі найхолоднішого кварталу (11), BIO12 – середньорічній кількості опадів (12), BIO13 –

кількість опадів найвологішого місяця (13), BIO14 – опадам найсухішого місяця (14), BIO15 – сезонності опадів (15), BIO16 – опадам найвологішого кварталу (16), BIO17 – опадам найсухішого кварталу (17), BIO18 – опадам найтеплішого кварталу (18), BIO19 – кількість опадів найхолоднішого кварталу (19), ALT – висоті над рівнем моря (20).

Створені нами моделі потенційного поширення виду в програмі Maxent. Теоретично найвища предактивна сила моделі досягається тоді, коли показник AUC близький до 1. Параметр AUC моделі не може бути нижчим за 0,5 оскільки це відповідає рандому (довільному, випадковому) прогнозу поширення, у випадку чого модель Maxent не має предиктивної сили. За прийнятими нормами оцінки еколо – кліматичних моделей прогностична якість моделі є низькою, якщо $0,60 < AUC \leq 0,70$; задовільно, якщо $0,70 < AUC \leq 0,80$; хорошою, якщо $0,80 < AUC \leq 0,90$, і відмінною, якщо $AUC > 0,90$ (Hijmans et al. 2005).

Для відображення на картах користувалися геоінформаційними системами (Quantum – GIS 1.8.0. та DIVA – GIS).

До моделювання було включено 163 наразі відомі геолокації *E. tallosii*, з яких 145 – з Угорщини, 5 – з Чеської Республіки, 2 – з Румунії, 11 – зі Словаччини.

Результати

E. tallosii, окрім Угорщини відомий ще у трьох середньоевропейських країнах. Вид був знайдений в Словаччині в середині 1990-х років, але до 1997 р., його не визначали (Vlčko 1997; Mered'a 2002a; Kolník et al. 2002). Вид відомий також з території Чехії (Průša 2005) та Румунії (Ardelean et al. 2018). Окрім цього, популяції виду відомі і з Північної Італії, де він був описаний як підвид *Epipactis tallosii subsp. zaupolensis* (Barbaro et al. 2007). Сьогодні цей таксон розглядається як окремий вид *Epipactis zaupolensis* (Bongiorni et al. 2010).

Вид зі списку МСОП у Чехії був категоризований як критично загрожуваний – Critically Endangered (C1) (Holub et al. 2000; Grulich 2012). У Словаччині був віднесений до категорії – „загрожений” – Endangered – EN (Vlčko et al. 2003), статус якого пізніше змінили на – „близький до загроженого” (Near Threatened – NT) у Карпатській частині Словаччини (Turis et al. 2014) та в Угорщині (Red list ... 2007; Molnár 2011).

У нашому випадку завдяки відносно великій кількості точок трапляння рівень AUC

досяг 0,93, що за наведеною вище шкалою відповідає відмінній прогностичній спроможності моделі потенційного поширення *E. tallosii*. Найбільший внесок до прогностичної здатності моделі дали такі кліматичні фактори як: BIO9 – середня температура найсухішого кварталу – 38,8%, BIO7 – річний температурний діапазон – 23,2%, BIO14 – кількість опадів найсухішого місяця – 22,6%, та ALT – висота над рівнем моря – 14,1%.

Модель показала високу ймовірність поширення *E. tallosii* в Угорщині, де вид поширений майже по всій території країни, окрім гірських масивів г. Бюкк (Bükk) та г. Матра (Mátra) у районі Гевеш (Heves). В Румунії потенційно можливими регіонами можуть бути Сату-Маре (Satu Mare) та Орадя (Oradea), на південь поширюється до території Крайова (Craiova), на південний схід вид не поширюється. В Словаччині перспективними місцезнаходженнями на сході є Кошицький

край, на заході Банськобистрицький, Братиславський, Нітранський та Тренчинський край. Найпівденніше в європейській частині свого природного ареалу вид поширюється до території Болгарії, де може траплятися в околицях м. Разград (Razgrad), та на Лудогірському плато (Ludogorsko Plato). Потенційними біотопами можуть бути прилеглі території Банату (Severni Banat) в Сербії, заплави р. Драва в околицях м. Валпово (Valpovo) та Доній Міхольць (Donji Miholjac), що в Хорватії. На захід поширюється до східних регіонів Словенії, де може бути в регіоні Мурскої-Соботи (Murska Sobota) та Белтинці (Beltinci). В Австрії може траплятися в заплавах р. Дунай. В Чехії можливими місцезростаннями можуть бути південні території в ок. м. Бржецлава (Brno).

Східною межею ареалу є територія Закарпатська область України з Притисянською низовиною (Рис 1.).

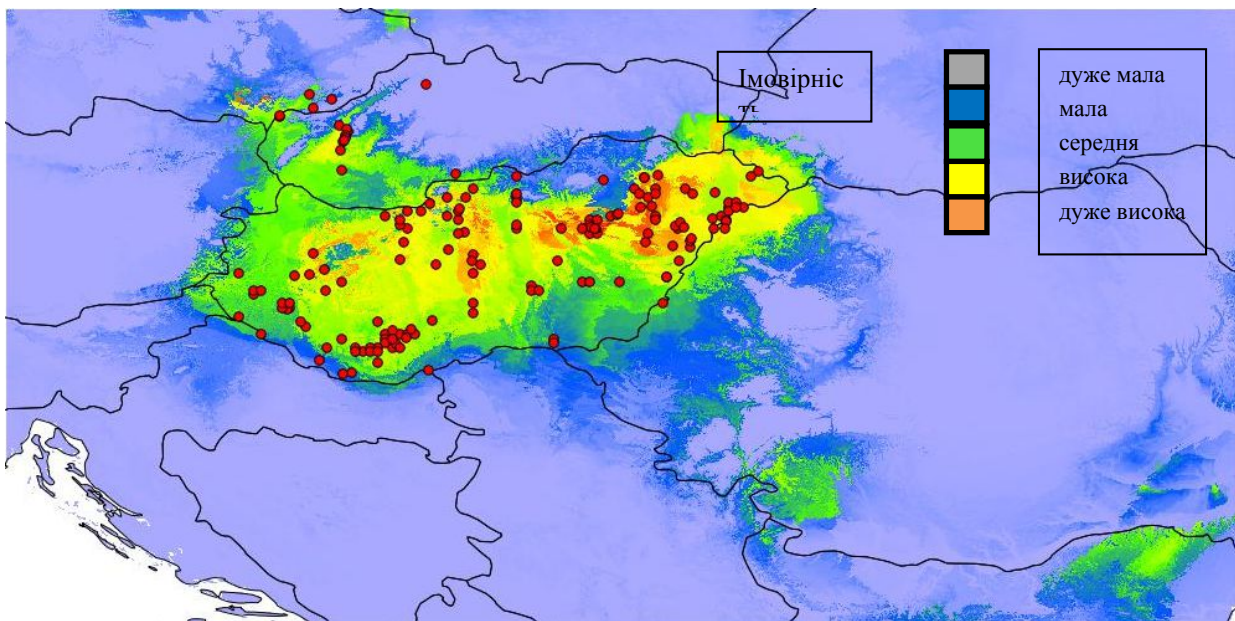


Рис. 1. Точки трапляння та модель потенційного поширення *Epipactis tallosii* в Центральній Європі

Fig. 1. Point of occurrence and model of potential distribution *Epipactis tallosii* in Central Europe

Висновки

Наведені нами результати еколого-кліматичного моделювання на основі аналізу кліматичних факторів продемонстрували високу прогностичну надійність для визначення потенційного поширення *E. tallosii* в Центральній частині Європи. Застосовані нами методи (Bioclim, Maxent) на основі прогнозів дали змогу встановити та демонструвати

потенційні межі поширення виду. Встановити на сьогодні точні межі ареалу виду досить складно через його приуроченість до різних мість зростань. Відповідно до загальної моделі, в Центральній Європі найбільш сприятливими умовами для поширення *E. tallosii* є території заправ річок та території, які мають переважно рівнинний характер, і висота над рівнем моря яких не перевищує 500 м.

Наявність або відсутність виду в різних умовах зростає залежить від середньорічної кількості опадів. На точність та надійність моделювання значно впливають відомості про наявність окремих конкретних місцезростає виду. Для підтвердження предиктивної здатності програми Maxent нами були проведені експедиції в ті країни, в яких можлива присутність виду. Протягом 2013-2015 рр. були знайдені нові локалітети рослини в Україні,

Сербії та Хорватії, у флорі яких до цього часу вид був невідомим. Зараз продовжується обробка даних про нові знахідки *E. tallosii*, розробляються рекомендації щодо внесення виду до нового видання Червоної Книги України.

Потрібно шукати нові локалітети виду у межах його природного ареалу, що сприятиме підвищенню надійності прогностичної здатності програми Maxent.

- ARDELEAN, C., ARDELEAN, A., BOCEANU, B. (2018) New *Epipactis* (Orchidaceae) species for the Romanian Flora. *Research Journal of Agricultural Science*, 50(1): 3–15.
- BARBARO, A., KREUTZ, C.A.J. (2007) *Epipactis tallosii* A. Molnar & Robatsch subsp. *zaupolensis* Barbaro & Kreutz subsp. nov. (Orchidaceae) in Italia nord-orientale (Friuli Venezia Giulia). *Journal Europäischer Orchideen*, 39: 587–597.
- BILZ, M., KELL, S.P., MAXTED, N., LANSDOWN, R.V. (2011) *European Red List of vascular plants*. Luxembourg, Publication Office of the European Union.
- BONGIORNI, L., DE VIVO, R., FORI, S. (2010) *Epipactis zaupolensis* rivalutata a specie nel Nord Italia raffrontata con *E. tallosii* nella Repubblica Ceca. *Journal Europäischer Orchideen*, 42: 135–148.
- FAY, M. (2011) *Epipactis tallosii*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2014.2. Available at: www.iucnredlist.org (accessed 27.08.2018).
- GRULICH, V. (2012) Red List of vascular plants of the Czech Republic. 3rd Edition. *Preslia*, 84: 631–645.
- HOLUB, J., PROCHÁZKA, F. (2000) Red List of vascular plants of the Czech Republic 2000. *Preslia*, 72: 187–230.
- HIJMANS, R., CAMERON, S.E., PARRA, J.L. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25: 1965–1978.
- KOLNÍK, M., KUČERA, J. (2002). Doplnky k rozšíreniu druhov *Epipactis tallosii* a *E. albensis* na severe západného Slovenska. *Bulletin Slovenskej botanickej spoločnosti*, 24: 91–95.
- MEREĎA, P.JUN., (2002) Morphometric and population-biological study of the species *Epipactis tallosii* (Orchidaceae) on the site in the Ilavská kotlina basin (western Slovakia). *Acta Facultatis rerum naturalium Universitatis Comenianae, Botanica*, 41: 23–29.
- MOLNÁR, V.A. (2011) *Magyarország orchideáinak atlasza*. Kossuth kiadó, Budapest.
- MOSIAKIN, A.S., KAZARINOVA, G.O. (2014) Modeliuвання invazijnogo poshyrennia *Pistia stratiotes* (Araceae) na osnovi Gisanalizu klimatychnykh faktoriv [Potential invasive range modeling of *Pistia stratiotes* (Araceae) based on GIS-analysis of ecoclimatic factors]. *Ukrainian Botanical Journal*, 71(5): 549–557 (in Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj71.05.549>.
- MOSIAKIN, A.S. (2013) Vyznachennia potentsiinoho poshyrennia deiakyh vydiv flory Uktainy, invazyinyh u Pivnichnii Amerytsi, na osnovi analizu kompleksu klimatychnykh faktoriv [Determining the potential ranges of model species of the Ukrainian flora, invasive in North America, based on climatic factor analysis]. *Scientific Herald of Chernivtsi University. Biology (Biological Systems)*, 5(1): 80–92 (in Ukrainian).
- PHILLIPS, S.J., ANDERSON, R.P., SCHAPIRE, R.E. (2006) Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231–259.
- PHILLIPS, S.J., DUDIK, M. (2008) Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31: 161–175.
- PRŮŠA, D. (2005) *Orchideje České republiky*. Computer Press, Brno.
- RED LIST OF THE VASCULAR FLORA OF HUNGARY (2007) Király, G. (Ed). Private edition, Sopron.
- RYDLO, J. (1989) Poznámky k rozšírení a ekologii některých druhů rodu *Epipactis*. *Muzeum a Současnost, Řada Přírodovědná*, 3: 5–33.
- WorldClim – Global Climate Data (2012) Available at: <http://www.worldclim.org/> (accessed 10.01.2013).
- STOHLGREN, T.J., MA, P., KUMAR, S., ROCCA, M., MORISETTE, J., JARNEVICH, C.S., BENSON, N. (2010) Ensemble Habitat Mapping of Invasive Plant Species. *Risk Analysis*, 30(2): 224–235.
- TOWNSEND, A., PAPES, M., KLUZA, D.A. (2003) Predicting the potential invasive distributions of four alien plant species in North America. *Weed Science*, 51: 863–868.
- TIMPE, W. (1995) Orchideen im südlichen Bürgerland *Epipactis* - (Stendelwurz)-Neufunde im Günser Gebirge. *Bürgerlandische Heimblätter*, 57: 125–131.

TURIS, P., KLIMENT, J., FERÁKOVÁ, V., DÍTĚ, D., ELIÁŠ, P. (2014) Red List of vascular plants of the Carpathian part of Slovakia. *Thaiszia*, 24: 35–87.

VLČKO, J. (1997) Nové druhy rodu *Epipactis* (Orchidaceae) na Slovensku. In: Vlčko, J., Hrivnák, R. (Ed.). *Európske vstavačovité (Orchidaceae)*

výskum a ochrana. SAŽP, Banská Bystrica, pp. 84–88.

VLČKO, J., DÍTĚ, D., KOLNÍK, M. (2003) *Orchids of Slovakia*. ZO SZOPK Orchidea, Zvolen.