

A PRIMULA X BREVISTYLA DC. HIBRID KANKALINFAJ ELŐFORDULÁSÁNAK PREDIKCIÓS TÉRKÉPEZÉSE A BAKONYI CUHA-VÖLGYBEN

CSERVENKA Judit¹ – ASZALÓS Réka² – BRÁZ Eszter³ – PETŐHÁZI Attila³ –
ROSSMANN Zoltán³

¹Veszprémi Egyetem, Botanika Tanszék

²MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácraátót

³Veszprémi Egyetem, Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Tanszék

Abstract: Predictive mapping of the occurrence of the *Primula x brevistyla* DC. hybrid species in the Cuhavally (Bakony Mountains) – The *Primula x brevistyla* DC. – due the ecological barriers of occurring together frequently in the nature – is a rare hybrid of *Primula veris* L. em. Huds. and *Primula vulgaris* Huds. Our aim was to describe more precisely the habitat requirements of the hybrid with modelling the surface as determinative pattern of background. Among the elements of the surface the effects of elevation, slope, exposure and curvature were studied. On the basis of the statistical relation between the experienced occurrence and the pattern of background probability maps of the hybrid species were compiled with the application of two very different predictive methods (Bayes – formula and CART model). Our results support the extension of the last for larger geographic regions and other species.

Bevezetés

A tavaszi kankalin (*Primula veris* L. em. Huds.) eurázsiai, a szártalan kankalin (*Primula vulgaris* Huds.) atlanti-mediterrán elterjedésű faj (SOÓ 1970). Areáik Európában nagy területen átfednek (MEUSEL és mtsai. 1978), és ebben a zónában a két faj helyenkénti hibridizációjának eredménye a *Primula x brevistyla* DC. A hibridizáció azonban viszonylag ritka; többek között Angliában (CLIFFORD 1958, WOODSELL 1965), Skóciában (MOWAT 1961), Alsó-Ausztriában és Stájerországban (LÜDI 1926), illetve Magyarországon fordulnak elő hibridek. Hazánkban a Keszthelyi-hegységben (NAGY–DÁNOS 1979, SZABÓ 1987), a Bakonyban és a Bakonyalján (RÉDL 1942, NAGY–DÁNOS 1979) található populációi.

A Dunántúlon a szártalan kankalin (1. ábra) a bükkösök, gyertyános-tölgyesek gyakori növénye, de előfordul a napfényesebb, zavart élőhelyeken is, például vágásterületeken, erdészeti utak mentén. A tavaszi kankalin (2. ábra) elsősorban a délies fekvésű, nyitottabb koronaszintű száraz tölgyesekben él (SOÓ 1970). A két faj élőhelye egymás mellett csak ritkán, változatos domborzati viszonyok között található meg, és ez lehet az oka annak, hogy az areák nagy átfedése ellenére a hibridizáció viszonylag ritka. A hazai előfordulásokkal kapcsolatos megfigyelések összecsengenek GRIME és mtsai. (1986) vizsgálataival, amely

szerint a Brit-szigeteken a szártalan kankalin árnyéktűrő erdei növény, a tavaszi kankalin pedig a legelők növénye.

A bakonyi Zörög-hegyen a tavaszi kankalin populációk keskeny sávban, a hegy letörésén, a szártalan kankalin populációk pedig a völgyekben és a völgyekből felhúzódba – az előbbieket közelében – a letörések oldalain élnek. A hibridfaj populációi a tavaszi kankalin állományával keveredve, vagy azok közelében találhatóak (CSERVENKA 1999), amely alátámasztja azt a megfigyelést, hogy életképes hibrid csak akkor jön létre a természetben, amikor a tavaszi kankalin a beporzott szülőfaj (VALENTINE 1956, WOODSELL–VALENTINE 1961–62).

Virágzási időben, március közepétől április közepéig, a hegy platójának szegélyén 10–15 féle különböző morfológiai bélyegű hibrid különíthető el. A hibridalakok rendkívül változatosak, feltehetőleg a visszakereszteződés miatt. Az esetek többségében virágzati tengely fejlődik, a virágkocsány mindig hosszabb a tavaszi kankalinra jellemző virágzati tengelyhez viszonyítva; a párta színében és méreteiben a két faj közötti nagyságot és formát mutatja (3., 4. ábra). A hibridalakok két fő típusba sorolhatóak aszerint, hogy melyik szülőfaj bélyegei nyilvánulnak meg erősebben; a „vulgaris típusoknál” a virágzati tengely hiányzik, hosszú a virágkocsány, a virág átmeneti formát mutat, míg a „veris típusok” jellemzően virágzati tengellyel rendelkeznek. Megfigyeléseink szerint a „vulgaris típusok” lényegesen ritkábbak, mint a „veris típusok”, arányuk megközelítőleg 1:8 (CSERVENKA 1999).

A predikciós térképezés

A fentiek alapján látható, a hibrid kankalin jellegzetes domborzati viszonyok között fordul elő, ami arra enged következtetni, hogy előfordulásának nem térképezett helyei – a domborzat ismeretében – megbecsülhetők. Ezen felismerésre alapozva terveztük meg vizsgálatainkat, fő feladatként megjelölve a hibrid kankalin populációinak predikciós térképezését.

Az olyan eljárásokat, ahol ismert háttérmentázatokkal becsüljük meg a vegetáció valamely jellemzőjének térbeli elhelyezkedését, predikciós vegetáció-térképezésnek nevezzük (FRANKLIN 1995). A predikciós eljárásokkal elsősorban vegetációtípusok térbeli elhelyezkedését becsülik (FISCHER 1990, DAVIS–GOETZ 1990, BRZEZIECKI és mtsai. 1993, BROWN 1994, ASZALÓS–HORVÁTH 1998), ami tulajdonképpen a terepi vegetációtérképezés szimulációs formája. A becslések eredménye lehet más vegetációs jellemzők (pl. idős, közel természetes erdők előfordulása, THERRELL–STAHLÉ 1998), vagy fajok előfordulásának predikciója is (AUSTIN és mtsai. 1990, FRANKLIN 1998, VAN HORSSSEN és mtsai. 1999). A háttérmentázat leggyakrabban a domborzat – illetve annak változói –, hiszen az a vegetáció mintázatának kialakulása szempontjából igen fontos, és viszonylag könnyen hozzáférhető információ. Ha a modellező rendelkezik megfelelő adatbázissal, háttérváltozóként a csapadék, a hőmérséklet, a besugárzás, a tűz, a tájhasználat, különböző talajjellemzők stb. is bekerülhetnek a modellekbe. A vizsgálatok arra is fényt deríthetnek, hogy a háttérmentázat változói közül melyek játszanak főszerepet a térbeli elhelyezkedés predikciójában, így következtethetünk ezek valós ökológiai szerepére is (FRANKLIN 1995).

A gyorsan fejlődő technikai háttér (térinformatika, távérzékelte információk, térbeli statisztika) széles lehetőséget nyújt a vegetáció tájleptékű vizsgálatára. A vegetáció, és a vegetáció mintázatát kialakító környezeti változók egységes térinformatikai rendszerben való kezelésének és vizsgálatának lehetőségeit ma már a magyar botanikusok és ökológusok is egyre jobban felismerik (MORSCHHAUSER és mtsai. 1995, ORTMANN–AJKAI 1998).

Kutatási célok és kérdések

Az ökológiában elfogadott, és számos megfigyeléssel alátámasztott tény, hogy a domborzat markánsan megváltoztathatja a növényekre közvetlenül ható környezeti tényezők hatásának intenzitását, ezért szerepe igen fontos a fajok előfordulásának meghatározásában (ZÓLYOMI és mtsai. 1954, JAKUCS 1962, FRANKLIN 1995). Ez különösen igaz a vizsgált hibrid-faj esetében, amely – akárcsak anyanövénye, a *Primula veris* – jellegzetes domborzati viszonyok közt él. Jelen kutatás során célunk az volt, hogy a domborzat mint meghatározó háttér-mintázat és a hibridfaj előfordulásának kapcsolatát leírjuk, majd ennek alapján kijelöljünk olyan helyeket, amelyek potenciálisan megfelelnek igényeinek. A domborzat elemei közül a tengerszint feletti magasság, a lejtőmeredekség, a kitettség és a felszíningörbület hatását vizsgáltuk. A fentieket figyelembe véve a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Milyen domborzati viszonyok között él a hibrid kankalin?
- Mi az egyes domborzati elemek szerepe a faj előfordulásának meghatározásában?
- Hol vannak az adott régióban a faj populációinak potenciális élőhelyei?

Anyag és módszer

A kutatási terület:

A kutatási terület a bakonyi Vinye-major és Porva-Csesznek vasútállomás közt található Zörög-hegy és környéke, kiterjedése 11 km² (5. ábra). A terület fő kőzetei a dachsteini mészkő, az eocén nummuliteszes mészkő és a földolomit, melybe a Cuha-patak mélyen bevágódik, meredek falú sziklaszorost és mellékvölgyeket hozva létre (JUHÁSZ 1987). A patak völgyét az üledékes kőzetek sasbércei – többek közt a Zörög-hegy és a Kovács-domb – keretezik. A szorosban szép kifejlődésű szurdokerdő, a hűvösebb völgyekben, a völgy északi oldalain szubmontán bükkös és gyertyános-tölgyes állományok találhatóak. A meredek völgyoldalak és a sasbércek lankás platóinak találkozásain alacsony, nyílt lombkoronaszintű molyhos-cseres mészkedvelő tölgyesek, bokorerdők és cseres-tölgyesek díszlenek (FEKETE 1988).

A kankalinfajok lokális elterjedési térképe:

1999 tavaszán a 11 km²-es mintaterületünk egy kisebb, 4,5 km²-es területén, a Zörög-hegyen elkészítettük a tavaszi kankalin és a hibridfaj előfordulási foltterképét (6. ábra). A terület kiválasztásában az itt élő hibrid *Primula*-állományokról szóló korábbi kutatások, irodalmi adatok és térképek (NAGY-DÁNOS 1979) is segítettek. A fajok előfordulásainak súlypontja a plató meredek letöréseinek környékére esik, és elsősorban a nyitottabb koronaszintű tölgyes erdőkben találhatóak. Kiderült, hogy a hibrid populációk szélesebb élőhelyi toleranciával rendelkeznek – árnyékosabb erdőkben is előfordulnak – mint a tavaszi kankalin populációi. Ez azzal magyarázható, hogy a platós részeken a letermelt erdők felnövekedésével és záródásával a tavaszi kankalin egyedszámát tekintve jelentősen visszaszorul, de a hibrid populációk még hosszú ideig túlélnek (CSERVENKA 1999). Ezt a kankalinfajok hosszú élettartamát, perzisztenciáját igazoló kutatások is alátámasztják (TAMM 1972, VALVERDE –SILVERTOWN 1997).

A mintaterület ezen kisebb, feltérképezett részét hívtuk „tanulóterületnek”, mert ezen belül vizsgáltuk meg a domborzat és az előfordulás kapcsolatát, és ezekből az adatokból becsültük a hibrid faj előfordulását a teljes mintaterületre.

A digitális terepmodell és a térinformatikai adatbázis:

A faj előfordulását ábrázoló térképeket és a 11 km²-t lefedő 1:10 000-es méretarányú szabványos (EOTR) topográfiai térképet digitalizáltuk. A hibridfajra és a domborzatra vonatkozó adatok további kezelését és analízisét a GRASS 4.2-es térinformatikai szoftverrel végeztük. A terület digitális terepmodelljét a digitálizált szintvonalakból, block-krigeléses interpolációval hoztuk létre (7. ábra). A létrehozott térinformatikai adatbázis tartalmazta a digitális terepmodellt, az ebből származtatott domborzati változókat és a kankalinfaj előfordulásait. Az adatbázishoz tartozó térképek 10x10 méteres felszint reprezentáló cellákból álltak, amelyekben a térképen ábrázolt változó értéke található. A teljes mintaterület 11 km²-t fed le, tehát minden térképet egy 110 000 cellát tartalmazó raszteres állomány ír le.

A domborzat változói:

A domborzatot leíró változókat a digitális terepmodellből származtattuk. Az változók létrehozásához szükséges alapalgoritmusokat a GRASS 4.2-es szoftver biztosította, de az égtáj szerinti kitettség és a felszín görbület kiszámolásakor ezeket az algoritmusokat a feladatnak megfelelően megváltoztattuk (ezen számolások pontos menetét itt nem részletezzük). A domborzatot leíró változók a következők voltak:

- *Tengerszint feletti magasság;* 270-495 m, a tengerszint feletti magasság méterekben kifejezve.
- *Égtáj szerinti kitettség két változója;* 0-360, ahhoz, hogy a kitettség a forgási kontinuitást megőrző változó legyen, két egymásra merőleges változóra bontottuk. Az egyik változó a dél-észak, a másik a kelet-nyugat kitettséget mutatja, értékeik 0 és 200 közé esnek. Pl. a dél-észak esetében 0 a déli irányt, 200 az északi irányt mutatja, a köztes értékekkel jelölt területeknek kelet-nyugati komponense is van.
- *Lejtőmeredekség;* 0-48, fokokban kifejezve.
- *Felszín görbület;* 1-256, amelynek kis értékei a környező területekhez képest relatív völgyet, közepes értékei egyenes térszint, nagy értékei relatív gerincet jelentenek (ASZALÓS-HORVÁTH 1998).

A hibrid kankalin élőhelyének vizsgálata a domborzat alapján:

A domborzati és előfordulási térképek egységes térinformatikai adatbázisban való kezelése lehetővé tette, hogy a kankalinfaj előfordulásának pontos domborzati viszonyait megállapítsuk. Az ún. összemetszéses eljárásokkal két (esetleg több) térkép összes cellájának adatait vizsgálhatjuk, a két térképen azonos helyhez tartozó cellák páronkénti összevetésével. Ilyen eljárással állítottuk elő a faj előfordulásának eloszlásait (hisztogramok), illetve statisztikáit (átlag, medián, legkisebb és legnagyobb érték, szórás) az öt domborzati változó függvényében.

A predikciós térképek előállítás:

A potenciális élőhely térképezésére két igen eltérő modellt alkalmaztunk. A modellek matematikai leírását csak fő vonalakban ismertetjük, de mindenhol utalunk a részletesebb leírásokat tartalmazó forrásokra.

A modellek bemenő változói a hibrid kankalinfaj elterjedési térképe és a domborzati változók voltak. Az öt domborzati változó a tengerszint feletti magasság, a lejtőmeredekség, a felszín görbület és a kitettség két változója volt. Egy matematikai algoritmus alapján a független – háttérváltozókkal (domborzati változók) predikáltuk a függő változó (kankalinpuláció jelenléte) előfordulási valószínűségét. Az eredményt a mintaterületre vissza-

vetítve megkaptuk a faj *előfordulási valószínűségének térképét*. A legnagyobb előfordulási valószínűségek térképe adta a faj *előfordulásának predikciós térképét*, amely megjeleníti a területen a faj populációinak potenciális élőhelyét.

A Bayes-formula:

Gyakran képezi a predikciós térképezések matematikai alapját a Bayes-formula (FISCHER 1990, BRZEZIECKI és mtsai. 1993, ASZALÓS–HORVÁTH 1998), mely több független változó alapján becsli a függő változó előfordulási valószínűségét. Ez az általunk alkalmazott, feltételes valószínűségeken alapuló paraméteres modell a függő változó előfordulási gyakoriságának normális eloszlását tételezi fel a független változók terében. A normalitási feltételezésének előnye az, hogy a fajok előfordulásának „válasz-függvényei” jól interpretálhatók. Hátránya az, hogy a normalitási feltétel gyakran sérül. Esetünkben a normalitási vizsgálatára a hisztogramokat vizuálisan értékeltük, amelyet a kiértékeléskor vettünk figyelembe.

A Bayes-formula alkalmazásával a független változók terében értelmezett többváltozós normál eloszlást adtunk meg. Az eloszlások – sűrűségfüggvények – paramétereit (várható érték és szórás) a domborzatra és a terepi előfordulás térképére vonatkozó közös térinformatikai adatbázis alapján becsültük, a 4,5 km²-es tanulótérület celláinak információját figyelembe véve. A sűrűségfüggvény alapján előállítottuk a teljes mintaterületre a faj előfordulási valószínűségi térképét. Azokat a cellákat leválogatva, ahol az előfordulás valószínűségét 80%-nál nagyobbak becsülte a modell, megkaptuk a faj előfordulásának predikciós térképét. (A százalék megállapításánál azt tartottuk szem előtt, hogy a predikciós térképen a faj által elfoglalt cellák száma minél jobban megegyezzen a terepi előfordulás térképén lefedett cellaszámmal.)

A CART modell:

A CART (Classification and Regression Tree; klasszifikációs és regressziós fa) modellt egyre szélesebb körben alkalmazzák a predikciós térképezésben és az ökológiai modellezésben mint a paraméteres technikák alternatíváját (BREIMAN és mtsai. 1984, MOORE és mtsai. 1991, FRANKLIN 1998). Mivel nem feltételez *a priori* eloszlást a függő és független változók közt, ezért annak előnyeivel és hátrányaival sem rendelkezik (BREIMAN és mtsai. 1984).

A CART modell hierarchikusan osztályozza a függő változót (kankalinpopuláció jelenléte) a független változók (domborzati változók) értékei alapján, a tanulótérület celláinak információi alapján. A hierarchikus döntéssorozat eredménye egy olyan döntési fa, amelynek minden elágazásánál egy regressziós vizsgálat történik minden független változó minden értékére. A megkeresett változó értéke alapján a térkép celláit leválogatva a függő változó előfordulásához legközelebb álló mintázatot kapjuk. A következő elágazásnál egy újabb regressziós eljárással tovább finomodik a faj előfordulásának domborzati változókkal történő körülhatárolása. A fa ágainak végén a faj előfordulási valószínűségei állnak. Egy adott ágvégen a döntéssorozat által körülhatárolt domborzati szituációhoz tartozó előfordulási valószínűség található. Mivel a fa mérete nem lehet végtelen, ezért olyan optimalizációs algoritmust kell alkalmazni, amely a minimális faméret és a maximális predikciós pontosság között optimalizál.

A CART osztályozási fákhöz szükséges adatbázis létrehozásához a mintavételt a GRASS 4.2 térinformatikai szoftverrel végeztük. A fák előállítását, és optimális méretük megállapítását az S-PLUS 4.5 statisztikai szoftverrel számítottuk. A CART eredményeit a

térinformatikai szoftver segítségével a teljes mintaterület térképére visszavetítve előállítottuk a kankalinfaj előfordulási valószínűségi térképét és predikciós térképét.

A predikció pontossága:

A modellek által létrehozott predikciós térképeket összevetettük a terepen készült előfordulási térképpel. Az összevetéskor csak a tanulóterületet vettük figyelembe, hiszen terepi adatunk csak onnan volt. Annál pontosabbnak tekintettük a becslést, minél nagyobb volt a predikált és a terepi előfordulások egybeesése.

Eredmények

A hibridfaj előfordulásának függése a domborzattól:

A hibrid kankalinfaj domborzati változók szerinti statisztikái (**1. táblázat**) és hisztogramjai (**8. ábra**) alapján kimondható, hogy populációi relatíve nagy tengerszint feletti magasságokhoz kötődnek a vizsgált területen belül, és az ettől való eltérések kicsik (ld. a relatíve alacsony szórást, **1. táblázat**). Előfordulásaik súlypontja kitétségek szerint a nyugatias lejtőkre esik, de gyakorlatilag minden kitétségekben megtalálhatóak (nagy szórások). Ugyanígy nem válogatnak lejtőmeredekség szempontjából sem: platóhelyzetben, és a legmeredekebb oldalakon is előfordulnak, a populációk zöme azonban 0 és 15 közé eső meredekségű helyeken él. Felszíngörbületes statisztikák alapján a faj előfordulásának súlypontja az enyhe gerinceken van, az ettől való eltérések nem nagyok.

1. táblázat: A hibrid faj előfordulásának tengerszint feletti magasság, lejtőmeredekség, kitétség, felszíngörbület szerinti statisztikái

	Tszf-i magasság (270–495 m)	Meredekség (0–48°)	Dél-észak kitétség (0–200)	Kelet-nyugat kitétség (0–200)	Felszíngörbület (0–256)
Átlag	455.72	14.7	104.18	135.63	150.87
Középérték	463	12	110	164	144
Legkisebb érték	370	0	0	0	57
Legnagyobb érték	492	48	200	200	254
Szórás	24.9	11.447	64.54	67.44	27.80

Előfordulási valószínűségek térképei és a predikciós térképek:

A Bayes-formula alkalmazásával előállított előfordulási valószínűségi térképen (**9. ábra**) rózsaszínnal és pirossal vannak jelölve a legnagyobb – 80–100%-os – előfordulási valószínűségek. Ezek a helyek a tanulóterületen a térképezett helyekre, illetve annak közelébe, a Zörög-hegy letöréseire estek, a mintaterület többi részén pedig a Kovács-dombra, és a Cuha-patak nyugati oldalán lévő meredek oldalakra predikálódtak. Ezeketől a helyektől koncentrikusan távolodva csökkennek a valószínűségi értékek. A legnagyobb valószínűségi értékek leválogatásával előállított predikciós térkép (**10. ábra**) és a terepi előfordulások összevetésekor 90%-os egyezést kaptunk a tanulóterületen. Ez az érték a predikciós vegetáció-térképezésben csak ritkán elérhető, és igen nagy pontosságot jelent (FRANKLIN 1995, 1998).

Az összes domborzati változó bevonásával készült CART fa optimális ágyszáma 11 (**11. ábra**). Az egyes elágazásokon nyomon követhető, hogy az adott klasszifikációs és reg-

ressziós szinten mely változó, és annak mely értéke a legfontosabb az előfordulás mintázatának kialakításában. Ezen eredmények alapján elmondható, hogy a faj előfordulásának meghatározásában a legfontosabb szerepe a tengerszint feletti magasságnak van, ezután következik a felszín görbülete, majd a kitettség változói és a lejtőmeredekség. A predikációs térkép (12. ábra) és a terepi térkép egyezése a tanulóterületen 93%-os.

Összefoglalva megállapítható, hogy a *Primula x brevistyla* elterjedésére mindkét használt predikációs modellel pontos eredményt kaptunk: a predikált előfordulások a terepi előfordulások helyére, vagy azok közelébe estek. A predikáció pontosságának egyik okát abban látjuk, hogy a hibrid faj jól modellezhető domborzati szituációban él, ezért a domborzat változói – elsősorban a magasság és a felszín görbülete – jól működnek mint prediktorok. A nagy pontosság másik oka módszertani. Esetünkben a becsléses eljárás csak két kategóriás volt: „kankalin jelen van”, „kankalin nincs jelen” (ellentétben például egy vegetációtérkép predikációjával, ahol a kategóriák száma ennek többszöröse is lehet). A kankalin hiányának terepi és predikált előfordulásai ezért nagy területen egyeztek, vagyis magas volt a közös hiány aránya. Ez még a Bayes-formula által predikált térképre is igaz volt, pedig a normalitási feltétel több helyen sérült (ld. hisztogramok, 8. ábra).

Mindkét modell esetében előfordult (predikációs térképek: 10., 12. ábra), hogy a modell nem predikálta a faj előfordulását oda, ahol volt terepi előfordulás (elsőfajú hiba), illetve oda predikált, ahol nem volt terepi előfordulás (másodfajú hiba). Az elsőfajú hiba a Bayes-formula esetében jóval meghaladja a CART modell hibáját, és a másodfajú hibája is nagyobb; a faj előfordulásának becslése tehát pontosabb a CART modell esetében.

Kitekintés

Egy predikációs modell használhatóságának két fontos kritériuma van: a pontosság és a kiterjeszthetőség.

A pontosságot legegyszerűbb esetben úgy számoljuk – mint a fentiekben leírtuk – hogy a predikált és térképezett előfordulásokat összevetjük. A vizsgálat során megbizonyosodtunk, hogy a *Primula x brevistyla* előfordulása a domborzat változóival – lokálisan – pontosan predikálható, amiből arra következtettünk, hogy a modellt érdemes kipróbálni más, jellegzetes domborzati viszonyok közt élő növényfajok előfordulásának predikációjára is. A predikáció pontosságának további vizsgálatánál azonban figyelembe kell venni azt, hogy a predikált előfordulások mennyire esnek közel a terepi előfordulásokhoz (szomszédossági vizsgálat).

A modell kiterjeszthetőségének vizsgálatát több lépésben tervezzük. Elsőként a becsült potenciális élőhelyek tavaszi terepbejárását tartjuk fontosnak, térképezve ezeken a helyeken a hibrid kankalin faj populációit. Ha valamelyik modell által predikált előfordulások a mintaterületen jó becslést adnak a valós előfordulásokra, érdemes nagyobb földrajzi régióra (pl. a Bakony nagyobb területére), vagy más területre is tesztelni használhatóságát. Más földrajzi régióban azonban az előfordulást valóban meghatározó környezeti faktor(ok) és a domborzat kapcsolata is más lehet. A jövőbeli vizsgálatoknak ezért valószínűleg olyan környezeti változókat is figyelembe kell venni, amelyeknek hatása a hibrid faj elterjedésére közvetlenebb, mint a domborzat változóinak hatása. Láttuk, hogy a hibrid faj megjelenéséhez a szülőfajok közelsége szükséges. A pollent szolgáltató *Primula vulgaris* a régióban sokféle élőhelyen megtalálható, szemben az anyanövénnyel, a *Primula veris*, amely elsősorban

a száraz tölgyesek növénye, és terepi tapasztalatok alapján valószínűsíthető, hogy megjele-
néséhez a nyílt erdők lombosra alá bejutó többletfény szükséges. Ha a hibrid faj nagyobb
környezeti toleranciával is rendelkezik, mint anyanövénye, előfordulása térben mégis ez
utóbbihoz kötött. Feltételezésünk szerint tehát, ha modellünk bemenő változói közt a nyílt
és száraz tölgyesek – vagy hasonlóan fénygazdag, de nem zavart élőhelyek – előfordulása is
szerepelne, a modell nagyobb földrajzi régióban is pontos becslést adna a hibrid faj előfor-
dulására.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretnénk köszönetünket kifejezni Kertész Miklósnak, Kun Andrásnak,
Borhidi Attilának, Várkonyi Baláznak és Mentés Attilának a számítógépes munkában
nyújtott segítségért, valamint a hasznos szakmai és nyelvi tanácsaikért.

Irodalom

- ASZALÓS R. – HORVÁTH F. (1998): A növényzet mintázatának tájléptékű predikciója. In: Fekete Gá-
bor (szerk.): A közösségi ökológia frontvonalai – Scientia, Budapest, 161–170.
- AUSTIN, M. P. – NICHOLLS, A. O. – MARGULES, C. R. (1990): Measurement of the realized qualitative
niche: environmental niches of five Eucalyptus species – Ecological Monographs, 60 (2): 161–177.
- BREIMAN, L. – FRIEDMAN, J. H. – OLSHEN, R. A. – STONE, C. J. (1984): Classification and regression
trees – Wadsworth, Belmont, California.
- BRZEZIECZKI, B. – KIENAST, F. – WILDI, O. (1993): A simulated map of potential natural forest vege-
tation of Switzerland – J. of Veg. Sci. 4: 499–508.
- BROWN, D. G. (1994): Predicting vegetation types at treeline using topography and biophysical dis-
turbance variables – J. of Veg. Sci. 5: 641–656.
- CSERVENKA J. (1999): *Primula veris* és *P. vulgaris* populációk, illetve hibridjeik morfológiai és geneti-
kai összehasonlítása (kézirat), Veszprém.
- CLIFFORD, H. T. (1958): Studies in British Primulas. VI. On introgression between primrose (*Primula*
vulgaris Huds) and cowslip (*P. veris* L.) – New Phytol., 57, 1–10.
- DAVIS, F. W. – GOETZ, S. (1990): Modeling vegetation pattern using digital terrain data – Landscape
Ecology 4: 69–80.
- FEKETE G. (1988): Természetes növénytakaró (A Bakony). In: Ádám L., Marosi S., Szilárd J. (szerk.):
a Dunántúli-középhegység B, Magyarország tájféldrajza 6. – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- FISCHER, H. S. (1990): Simulating the distribution of plant communities in an alpine landscape –
Coenoses 5: 37–43.
- FRANKLIN, J. (1995): Predictive vegetation mapping: geographic modelling of biospatial patterns in relation
to environmental gradients – Progress in Physical Geography 19, 4: 474–499.
- FRANKLIN, J. (1998): Predicting the distribution of shrub species in southern California from climate
and terrain-derived variables – J. of Veg. Sci. 9: 733–748.
- GRIME, J. P. – HODGSON, J. G. – HUNT, R. (szerk.) (1986): Comparative Plant Ecology – London.
464–465, 625.
- VAN HORSSSEN, P. W. – SCHOT, P. P. – BARENDGREGT, A. (1999): A GIS-based plant prediction model for
wetland ecosystems – Landscape Ecology, 14: 253–265.
- JAKUCS P. (1962): A növényzet és a domborzat kapcsolatáról – Földrajzi Értesítő 11: 203–217.
- JUHÁSZ Á. (1987): Évmilliók emlékei – Gondolat Kiadó, Budapest.
- LÜDI, W. (1926): Primulaceae. In: Hegi, G (szerk.). Illustrierte Flora von Mittel-Europa 5. (3) –
Lehmanns, J. F. Verlag, München.

- MEUSEL, H. – JÄGER, E. – RAUSCHERT, S. – WEINERT, E. (1978): Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora – VEB Gustav Fischer Verlag Jena, Karten, Band II, 336–337.
- MOORE, D. M. – LEES, B. G. – DAVEY, S. M. (1991): A New Method for Predicting Vegetation Distributions using Decision Tree Analysis in a Geographic Information System Profile. – Springer-Verlag, New York, Environmental Management Vol. 15, 1: 59–71.
- MORSCHHAUSER T. – CZIMBER K. – SALAMON-ALBERT É. (1995): Comparative analysis of vegetation map based on digital topography model – Abstracts, 7th European Congress of EURECO, Budapest, August 20–25.
- MOWAT, A. B. (1961): An investigation of mixed populations of *Primula veris* and *P. vulgaris* – Trans. and Proc. of the Bot. Soc. of Edinburgh, Vol. 39: 206–211.
- NAGY J. – DÁNOS B. (1979): A *Primula veris* L. em. Huds. és a *Primula vulgaris* Huds. együttes előfordulása, hibridjeik gyakorisága a Bakonyban és a Keszthelyi-hegységben – Herba Hungarica, Tom. 18. No. 1: 7–18.
- ORTMANN-NÉ AJKAI A. (1998): Mikrodomborzat és vegetáció összefüggéseinek térinformatikai elemzése síksági erdőkben – Kitaibelia III/2: 361.
- RÉDL R. (1942): A Bakony-hegység és környékének flórája (Magyar Flóraművek V.) – Egyházmegyei Könyvnyomda, Veszprém.
- SOÓ R. (1970): A magyar flóra és vegetáció rendszertani növényföldrajzi kézikönyve IV. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 424–425., 427–429.
- SZABÓ I. (1987): A Keszthelyi-hegység növényvilágának kutatása – Folia Musei Historico-Naturalis Bakonyiensis 6.: 86.
- TAMM, C. O. (1972): Survival of flowering of perennial herbs III. The behaviour of *Primula veris* on permanent plots – Oikos, 23: 159–166.
- THERRELL M. D. – STAHLER, D. W. (1998): A predictive model to locate ancient forest in the Cross Timbers of Osage County, Oklahoma. – Journal of Biogeography, 25: 847–854.
- VALENTINE, D. H. (1956): Studies in British Primulas V. The inheritance of seed compatibility – New Phytol., 55: 305–318.
- VALVERDE, T. – SILVERTOWN, J. (1997): An integrated model of demography, patch dynamics and seed dispersal in a woodland herb, *Primula vulgaris* – Oikos, 80: 1, 67–77.
- WOODELL, S. J. R. (1965): Natural hybridization between the cowslip (*Primula veris* L.) and the primrose (*P. vulgaris* Huds.) in Britain – Watsonia 6 (3): 190–202.
- WOODELL, S. J. R. – VALENTINE, D. H. (1961-62): Studies in British Primulas. IX. Seed incompatibility in diploid-autotetraploid crosses – New Phytol., 60–61, 282–295.
- ZÓLYOMI B. – JAKUCS P. – BARÁTH Z. – HORÁNSZKY A. (1954): A Bükk hegység geobotanikai térképészésének erdőgazdasági eredményei – Az erdő. 78–82., 97–105., 160–171.



1. ábra: *Primula vulgaris*



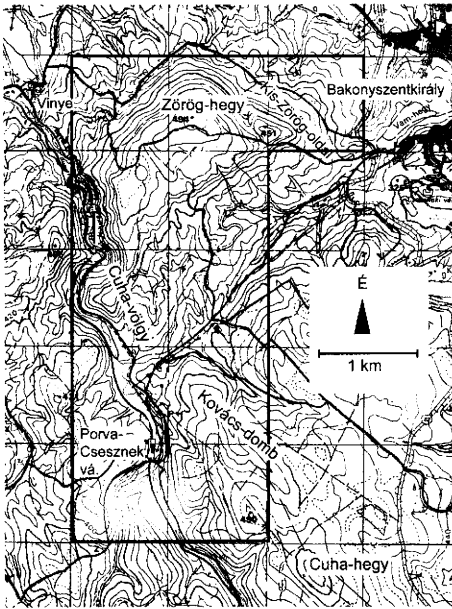
2. ábra: *Primula veris*



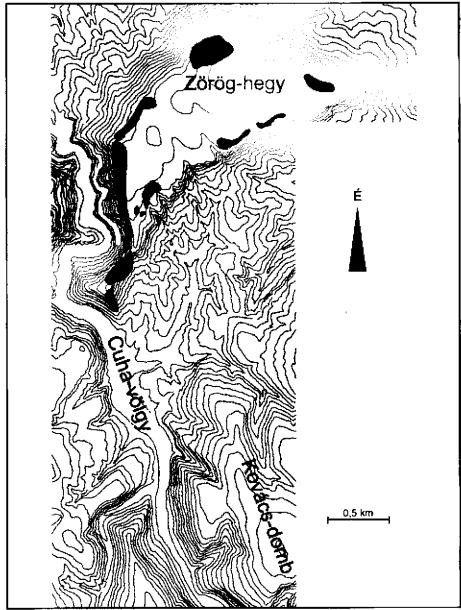
3. ábra: *Primula x brevistyla* – „veris típus”



4. ábra: *Primula x brevistyla* – „vulgaris típus”



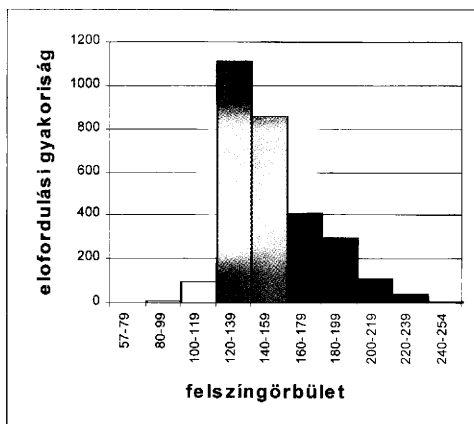
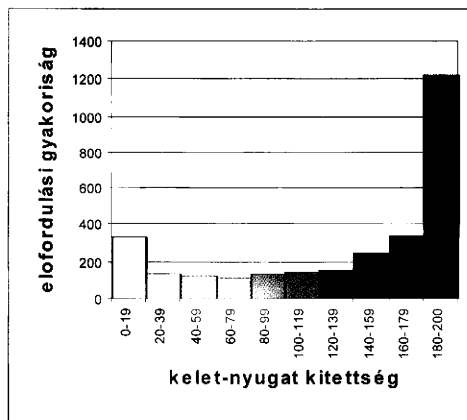
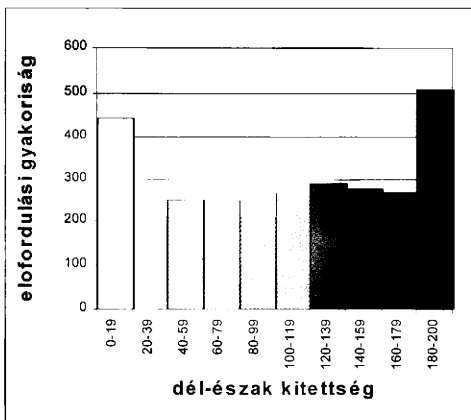
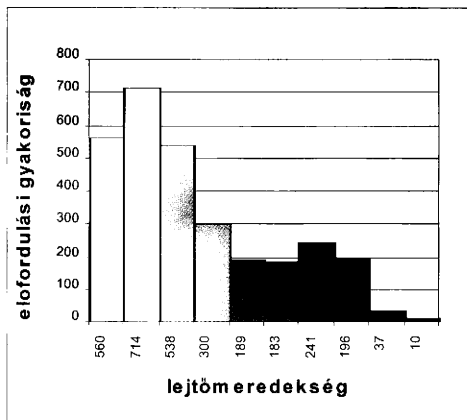
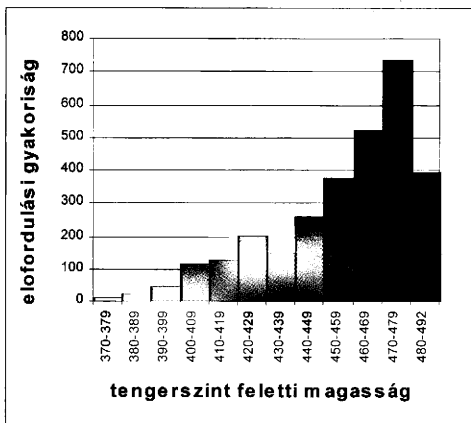
5. ábra: A mintaterület: Zörög-hegy és környéke



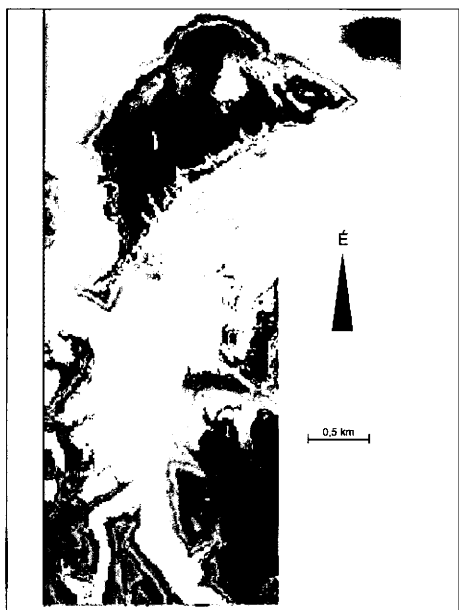
6. ábra: A *Primula x brevistyla* elterjedési térképe



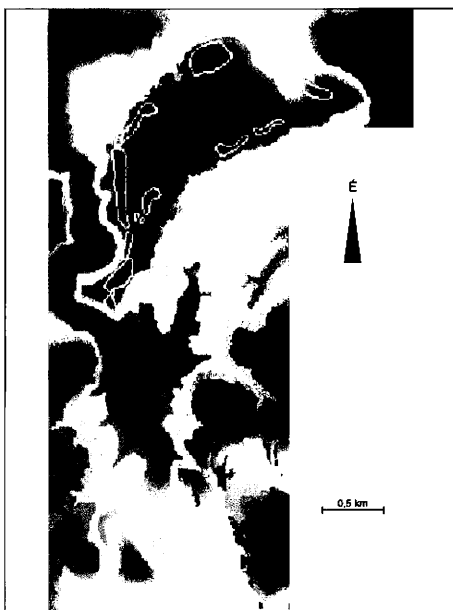
7. ábra: A mintaterület digitális terepmodellje



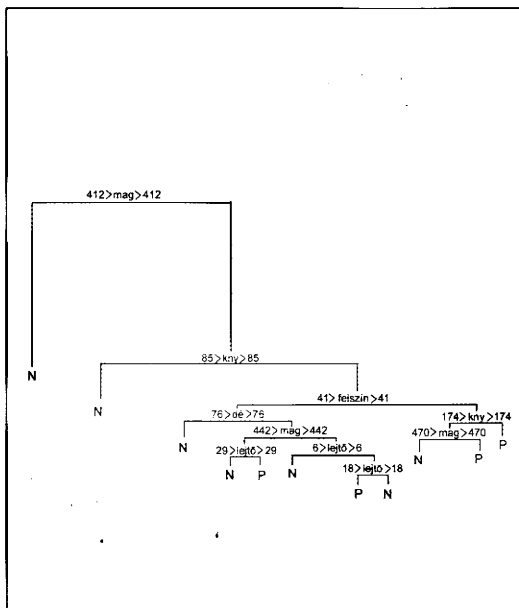
8. ábra: A hibridfaj előfordulásának tengerszint feletti magasság, lejtőmeredekség, kitétség, felszín-görbület szerinti hisztogramjai



9. ábra: A hibrid kankalin előfordulási valószínűségének térképe a Bayes-formula alapján



10. ábra: A hibrid kankalin előfordulásának predikciós térképe a Bayes-formula alapján



11. ábra: Az összes domborzati változó bevonásával készült CART fa



12. ábra: A hibrid kankalin előfordulásának predikciós térképe a CART modell alapján

Zusammenfassung

Die prädiktionäre Kartierung des Vorkommens der *Primula x brevistyla* DC im Bakonyer Cuha-Tal – Die *Primula x brevistyla* DC ist eine Hybride der Frühlings- (*Primula veris*) und der stillösen Primel (*Primula vulgaris*). Das gemeinsame natürliche Vorkommen der Elternarten ist selten, deshalb ist die Hybridisierung in der Natur beschränkt. Im Verlauf dieser Forschung war es unser Ziel, mit der Modellierung des Hügellands als bestimmendes Rückraummuster die Hügellandverhältnisse des Lebensraums der Hybridart zu beschreiben und mit ihrer Hilfe ihre potentiellen Lebensräume abzuschätzen. Von den Elementen des Hügellands wurden die Wirkung der Höhe über dem Meeresspiegel, der Hangsteile, der Ausrichtung und der Oberflächenwölbung geprüft. In Kenntnis des Vorkommens der Population und der statistischen Beziehungen zum Rückraummuster haben wir die Werte für die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der Art für unterschiedliche Hügeligkeitsverhältnisse abgeschätzt. Für die Berechnung der Wahrscheinlichkeitswerte haben wir zwei –mit unterschiedlichen Algorithmen arbeitende – Voraussagemodelle, die Bayes-formel und das CART-Modell, verwendet. Unter Eintragung der über die größte Wahrscheinlichkeit des Vorkommens verfügenden Plätze in die Karte sind wir zu Voraussagekarten für die Hybridart gelangt, welche wir dem folgend mit den lokalen Vorkommen verglichen haben. Im fall beider Modelle fielen die vorausgesagten Vorkommen auf die Stellen der lokalen Vorkommen oder in deren Nähe, aber unter Berücksichtigung der Fehler erster und zweiter Art erwies sich das zweite Verfahren als genauer. Die Ergebnisse des CART-Modells unterstützen seine Ausweitung und Anwendung auf größere geographische Regionen und andere Arten.

A szerzők címe (Authors' adress): CSERVENKA Judit

Veszprémi Egyetem, Botanika Tanszék
H-8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

ASZALÓS Réka
MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete
H-2163 Vácrátót

BRÁZ Eszter, PETŐHÁZI Attila és ROSSMANN Zoltán
Veszprémi Egyetem, Környezetmérnöki
és Kémiai Technológia Tanszék
H-8200 Veszprém, Egyetem u. 10.