

# Származási régiók növényföldrajzi felülvizsgálata honos fajok magjainak restaurációs célú felhasználására

Török Katalin<sup>1</sup>, David Cevallos<sup>1,2</sup> és Bede-Fazekas Ákos<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet,  
2163 Vácrátót, Alkotmány u. 2–4.

<sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai  
Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter stny. 1/C

<sup>3</sup>Ökológiai Kutatóközpont, GINOP Fenntartható Ökoszisztémák Csoport,  
8237 Tihany, Klebelsberg K. u. 3.

E-mail: [torok.katalin@ecolres.hu](mailto:torok.katalin@ecolres.hu)

**Összefoglaló:** A biodiverzitás pusztulása miatt az ökológiai restauráció a legmagasabb szintű politikai döntéshozás homlokterébe került. A restauráció területének növelése érdekében a honos fajok magjainak nagyobb mértékű felhasználására van szükség. A lokálisan adaptálódott populációból származó magok használatát rendelet szabályozza, melyet hazánkban a közigazgatási régiók határaihoz igazítottak. Jelen dolgozatban magtranszferzónák kijelölésére teszünk kísérletet flóra-, vegetáció- és tájszintű régiós térképek, valamint többrétegű potenciálisvegetáció-modell felhasználásával. Új módszert fejlesztettünk a zónahatárolás megbízhatóságának elemzésére. A 4–9 egységből álló magtranszferzóna-rendszerek megbízhatósági elemzésének eredménye alapján a négy vagy a hét zónából álló rendszer tűnik alkalmasabbnak. További finomhangolás és tesztelések után a jelenleg érvényben lévő rendelet módosítandó.

**Kulcsszavak:** növényföldrajz, restaurációs ökológia, helyi adaptálódás, honos fajok magjainak termesztése, többrétegű potenciálisvegetáció-becslés, magtranszfer-szabályozás

## Bevezetés

Azzal, hogy az ENSZ a 2020–2030 közötti időszakot az ökoszisztéma-restauráció évtizedének nevezte ki, az ökológiai restauráció a legmagasabb szintű politikai döntéshozás homlokterébe került (http1). Ezt a döntést olyan aggasztó jelentések indokolják, melyek az élővilág rohamos pusztulásáról, és ennek az emberi életminőségre gyakorolt káros hatásáról számolnak be (IPBES 2019). Az ökológiai restauráció közérdek, ezért térbeli kiterjedését és a beavatkozások intenzitását növelni szükséges (Aronson & Alexander 2013). Ezen célok csak a honos fajok

szaporítóanyagának, elsősorban magjainak nagyobb mértékű felhasználásával érhetők el (Massatti *et al.* 2020, Pedrini & Dixon 2020). A „restaurációs fajkínálat”, vagyis a piacon hozzáférhető fajok magkészlete a restaurációs projektek kritikus pontját jelenthetik (Ladouceur *et al.* 2018). Hazánkban is van igény szaporítóanyagra pl. nemzeti parki restaurációs tevékenységekhez (Valkó *et al.* 2018, Török *et al.* 2019). Honos fajok restaurációs fajkínálata akkor fogja biztosítani a restaurált területek genetikai diverzitásának fenntartását, ha a vetőmagokat a fajok elterjedését, populációit és azok változatosságát is figyelembe vevő, szisztematikusan begyűjtött forrásokból biztosítjuk (Hoban & Schlarbaum 2014).

A magok vetésével történő restauráció során fontos szempont, hogy lokálisan adaptálódott populációból származó magot használjunk, és elkerüljük a genetikai szennyezést (Bischoff *et al.* 2006, 2010). Nagy számú, a fajok genetikai változatosságát leíró adat hiányában a szakirodalomban még vita folyik arról, hogy milyen mértékben szükséges a lokális magokra támaszkodni, de általános vélemény, hogy a telepítéseket származás szerint szabályozni szükséges (Gibson & Nelson 2017, Giencke *et al.* 2018). A telepítések szabályozására ún. magtranszferzónákat (MTZ-ket), vagy származási zónákat hozhatunk létre, melyeken belül a fajok alacsony kipusztulási kockázattal telepíthetők át (Bucharova *et al.* 2017, Breed *et al.* 2018), és minimális a biodiverzitás-veszteség a helyi populációk esetleges kiszorításával (Malaval *et al.* 2010). Az MTZ-k kijelölését egy európai bizottsági irányelv írja elő (EC 2010), melyet Magyarországon az adminisztrációs zónák (NUTS2) átvételével oldottak meg (VM 2012). Mivel az MTZ-k azok a területek, melyeken belül a fajok, ill. magkeverékek gyűjtése, szaporítása, telepítése engedélyezhető, ezért átgondolatlan, szakmai megalapozást nélkülöző kijelölésük esetén a restaurációs beavatkozások egy részét indokolatlanul megnehezítenék. Más országokban a MTZ-k kijelölésének alapja valamilyen biogeográfiai, vegetációs, vagy ökorégió (Prasse *et al.* 2010, FCBN 2014, Krautzer *et al.* 2018). Ezen megközelítés helyességét átültetéses és genetikai kísérletekkel alá is támasztották (Bucharova *et al.* 2017, Durka *et al.* 2017, Gibson & Nelson 2017). Európában a vegetáció leírása és térképezése hosszú múltra tekint vissza (Mucina *et al.* 2016), így jó alapot adhat a biogeográfiai megközelítésű származási zónák, vagy MTZ-k kialakításához. Magyarország területére flóra-, vegetáció- és tájszintű régiókat különítettek el (Hajdú-Moharos & Hevesi 2002, Molnár *et al.* 2008, Kocsis & Schweitzer 2011), melyek a származási zónák tervezésének alapját adhatják. A régióhatárokat nagymértékben befolyásolták szakértői döntések és a helyi vegetáció ismerete, ám léptékük területenként eltérő lehet. Ez a torzítás csökkenthető, ha a fenti térképek mellett finom felbontású, terepi megfigyelési adatokra támaszkodó nagy adatbázisokat és környezeti változókat is figyelembe veszünk. Ilyen adatbázis lehet a potenciális természetes vegetáció modellje, mely a már elpusztult

élőhelyek területére is képes a vegetációtípusok előfordulásának valószínűségét megadni.

Az új fejlesztésű, Magyarországra kidolgozott többrétegű potenciális természetes vegetáció (MPNV) modell (<http2>) egy adott pontra több élőhelytípus valószínűségére is becslést ad (Somodi *et al.* 2017). A modell a természetközeli élőhelyek megfigyelt előfordulása mellett környezeti háttérváltozókat vesz figyelembe, nevezetesen az éghajlatot, a hidrológiai és talajjellemzőket, valamint a domborzati viszonyokat. A modell felbontása lehetővé teszi, hogy a biogeográfiai térképek régióinak összevonásával, a hasonló potenciális élőhelytípus-összetételű szomszédos egységek összesítése alapján operatív méretű és mennyiségű MTZ-t hozzunk létre. Ezt a megközelítést korábban már sikeresen alkalmaztuk az így nyert zónák és a jelenleg hatályos adminisztratív régiók megbízhatóságának összevetésére (Cevallos *et al.* 2020). Az alkalmassági tesztelés során azonban a hét adminisztratív régióval értelemszerűen csak azonos számú MTZ-t hasonlíthattunk össze. Belátható, hogy ez az önkényes zónaszám nem feltétlenül a legmegfelelőbb beosztás a magok származási és telepítési zónáinak meghatározására. Az említett korábbi munka módszereit és eredményeit itt is röviden összefoglaljuk az érthetőség érdekében.

Dolgozatunk célja következő lépésként megvizsgálni, hogy az MPNV modell felhasználásával mennyi és milyen geometriájú területek határolhatók le, továbbá a különböző zónaszám esetén az eredmények megbízhatósága hogyan alakul. A megbízhatóság tekintetében a geometriától való függés elemzését végezzük el, hiszen joggal feltételezhető, hogy a zónák képzéséhez felhasznált kiindulási geometriák nagyban meghatározzák a kapott eredményt. Az eredmények alapján javaslatot teszünk a szabályozás módosítására, illetve a megbízhatóság geometriafüggéstől eltérő szempontú értékelésére is.

## Anyag és módszer

Kitűzött céljaink megvalósításához az alábbi lépéseket végeztük el, melyeket e fejezetben röviden ismertetünk, a részletes leírásuk pedig Cevallos és munkatársai (2020) munkájában olvasható:

- alaptérkép létrehozása;
- alaptérkép feltöltése az MTZ-k létrehozásához szükséges vegetációs adatokkal;
- különböző számú zónából álló MTZ-k létrehozása klaszterezéssel;
- semleges geometriájú referenciaklaszterek létrehozása, és az MTZ-k kiindulási geometriától való függetlenségének értékelése e referenciaklaszterekkel való összevetés segítségével.

Az alaptérkép geometriájának (értsd: poligonjainak, foltjainak) létrehozásához a következő három térképet használtuk fel: Magyarország florisztikainövényföldrajzi beosztása (Molnár *et al.* 2018), Magyarország vegetációs tájbeosztása (Molnár *et al.* 2008) és a kárpát-pannon természeti tájbeosztás magyarországi kivágata (Hajdú-Moharos & Hevesi 2002). Az első említett térképet digitális formában Király Gergelytől kaptuk meg, a vegetációs tájbeosztás szabadon elérhető, a kárpát-pannon tájbeosztást a szerzők digitalizálták. A 136 foltot tartalmazó alaptérképet e három térkép metszeteként állítottuk elő kellő geometriai egyszerűsítés után.

Az alaptérkép geometriai vázát ezután vegetációs adatokkal töltöttük fel. Ebben Somodi és munkatársai (2017) többrétegű potenciálisvegetáció-bebecslésére támaszkodtunk, amely 39 élőhely (Bölöni *et al.* 2011) előfordulási valószínűségét jelzi ötelemű ordinális skálán, teljes Magyarországra, 35 ha-os hatszöggrácsban. A következő lépéshez az élőhely-előfordulási valószínűségek alapján kiszámoltuk a foltok vegetációs távolságát.

A klaszterezéshez olyan algoritmust választottunk, amely képes térben összefüggő MTZ-ket kialakítani, hiszen szigetszerűen széteső foltcsoportok MTZ-ként való értelmezése, és az erre alapozott szabályozás nehézkes lenne. Ilyen algoritmus a SKATER (Assunção *et al.* 2006), amely előzetesen rögzített számú klaszter hoz létre. Kutatásunkban a klaszterek számát négy és kilenc között változtattuk, így összesen hat, egymástól független MTZ-térképet hoztunk létre.

A zónafelosztások megbízhatóságának (Dong *et al.* 2015, Retchless & Brewer 2016) számszerűsítéséhez 4–9 referenciaklasztert képeztünk a fentiekhez hasonló módon, de ezúttal semleges geometriából kiindulva. Ilyen semleges, az alaptérkép-püktől teljesen független kiindulási alapot biztosít Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisának (MÉTA; Molnár *et al.* 2007) 2834 – közel négyzet alakú – kvadrátja, melyek mérete megközelítőleg 35 km<sup>2</sup>. A kvadrátok elrendezése teljesen szisztematikus, nem támaszkodik vegetációs vagy közigazgatási határokra. A kvadrátok klaszterei ezért jó közelítéssel a kiindulási geometriától független, csak a potenciálisvegetáció-bebecslésre támaszkodó MTZ-kként értékelhetők. Adott klaszterszám esetén az alaptérképből előállított MTZ-k és a referenciaklaszterek hasonlóságát, átfedését számszerűsítettük, ezzel becsülve, hogy az MTZ-k mennyire függetlenek a geometriától, amely a megbízhatóság egyik jellemzőjeként értékelhető. Ehhez előzetesen az MTZ-ket a referenciaklaszterekhez kapcsoltuk, és az összekapcsolt klaszterek területi átfedését („egyetértését”) számítottuk és jelenítettük meg a kvadrátok felbontásában.

Az elemzéseket ESRI ArcGIS 10.2 térinformatikai és R statisztikai szoftverrel (R Core Team 2018) végeztük, a következő R-csomagok felhasználásával: „sf” (Pebesma 2018a), „gtools” (Warnes *et al.* 2018), „lwgeom” (Pebesma 2018b) és „tidyverse” (Wickham 2017).

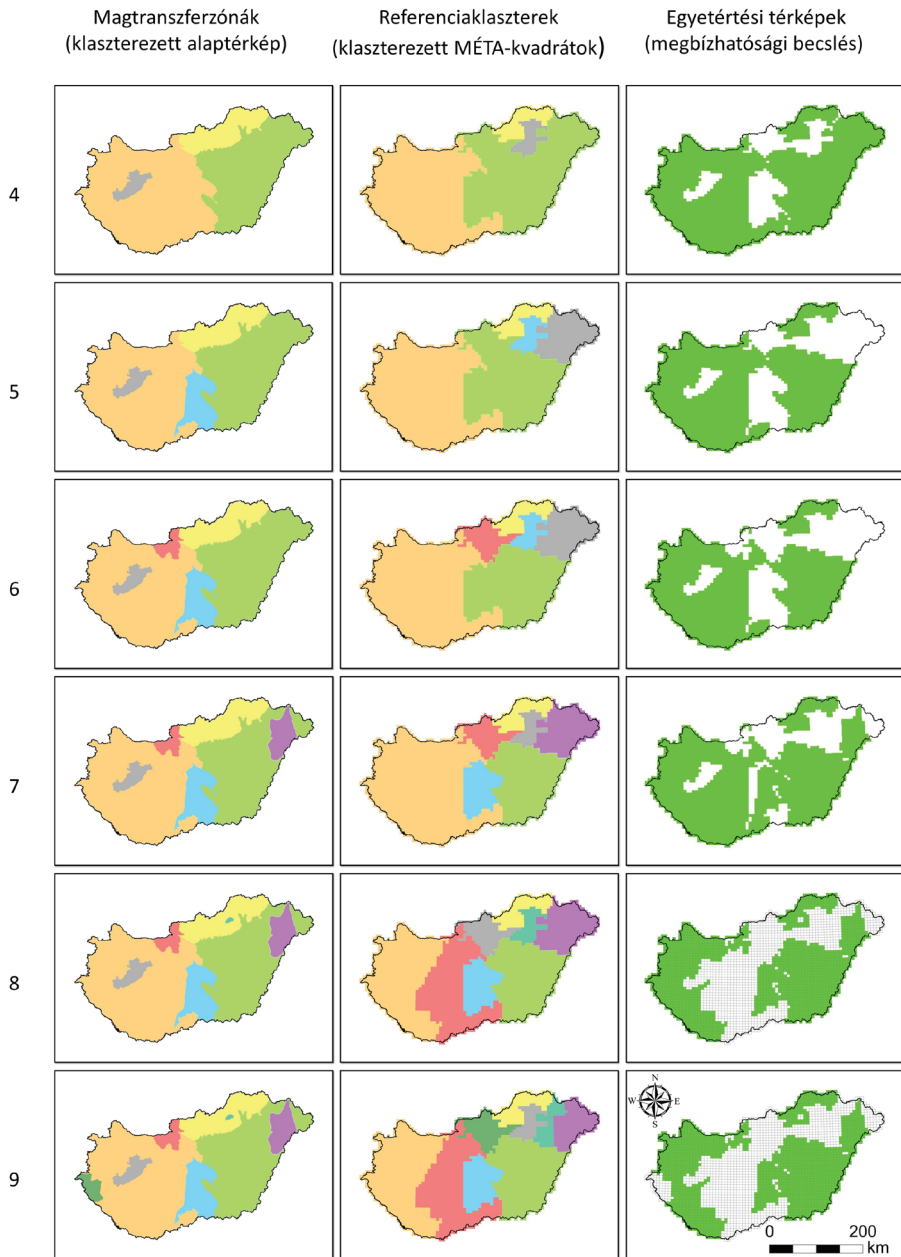
## Eredmények

A klaszterezéssel nyert MTZ-térképeket különböző zónaszámok esetén az 1. ábra első oszlopa mutatja be. Mindegyik eredménytérképen a Dunántúl és az Alföld nagy része viszonylag egységes, és általános a Balaton-felvidék és a Bakony elkülönülése, már a négy zónás térképtől kezdve. A Kiskunság már öt zóna esetén is elválik, majd a zónák számának növekedésével a Pilis–Visegrádi-hegység, a Nyírség és az Őrség területe jelenik meg önálló egységként.

Az alaptérkép geometriája nélkül készült referenciaklaszterek az 1. ábra második oszlopában láthatók. Feltűnő különbség a MTZ-térképekhez képest a Balaton-felvidék/Bakony elkülönülésének hiánya. Az Északi-középhegység jobban tagolódik, a Kiskunság csak a hét zónás változattól kezdve válik el, majd a Dunántúl nyugati és keleti részre különül, így a két változat közötti különbség jelentős. Az egyetértési térképek (1. ábra 3. oszlop) adják a megbízhatósági becslést, ahol a zöld szín mutatja az egyezést az MTZ- és a referenciaklaszterek között, melyek területarányát a 2. ábrán tüntettük fel. Az egyezés mértéke az elkülönített egységek számának növekedésével egyenletesen csökken, kivéve a hét zónás esetet, amely kiemelkedően jó egyezést mutat.

## Diszkusszió

Jelen cikkben kísérletet tettünk arra, hogy növényföldrajzi zónák és többretegű potenciálisvegetáció-becslés alapján az ökológiai restauráció területi szabályozására alkalmas régiókat határoljunk le. A honos növényfajok genetikai változatoságáról keveset tudunk, ami jelentős nehézséget okoz más országokban is a restauráció során szükséges magbeszerzések szabályozásában (Bucharova *et al.* 2019, León-Lobos *et al.* 2020). A vegetáció és a környezeti állapotváltozók együttes használatával helyettesíthetjük a faj alapú ismeretek hiányát, így megközelítésünk alkalmas lehet sok növényfaj számára megfelelő MTZ-k kijelölésére (Prasse *et al.* 2010, Krautzer *et al.* 2018). Korábban kényszerűen hét zóna lehatárolásával teszteltük a jelenleg érvényben lévő hét közigazgatási régió (NUTS2) és a módszerünkkel kapott zónák megbízhatóságát független geometriájú referenciaklaszterek segítségével (Cevallos *et al.* 2020). Hét MTZ esetén az alaptérkép klaszterei függetlenebbek a geometriától (76%-os egyezés), mint a NUTS2 közigazgatási régiók (42%), így ebből a szempontból a NUTS2 régiók kevésbé alkalmasak MTZ-k kijelölésére, mint az alaptérkép klaszterei (Cevallos *et al.* 2020). Ebben az új vizsgálatban ez a kényszer nem korlátozta az elemzést, így 4–9 számú zóna lehatárolásának eredményeit adhattuk meg.



**1. ábra:** Magtranszferzóna-elemzések eredményei 4–9 klaszterre. Az első oszlopban az alaptérkép geometriájára alapozott klaszterezés eredményei találhatóak; a második oszlopban a független geometriájú MÉTA-kvadrátok klasztereredményei; míg a harmadik oszlopban a két típusú klaszterezés közötti egyetértési térképek láthatók (zöld színnel jelöltük azon kvadrátokat, ahol a két térkép megegyezik).



**2. ábra:** Az egyezések aránya (%) Magyarország területén belül a 4–9 zónára vonatkozó eredmények alapján.

A megbízhatósági eredmények alapján a négy vagy a hét zóna tűnik alkalmasabbnak restaurációs célú származási zónának. Mivel a klaszterszám növelésével részletesebb, a célnak mindinkább megfelelő eredményt kapunk, ugyanakkor a megbízhatóság általában csökken, a hét zónás változat megfelelő kompromiszsumnak tűnik. A hét zóna esetén a Kiskunság mindkét térképen való elkülönülése adja a nagyobb egyezést. Ennek a változatnak a létjogosultságát faj szintű elemzésekkel kellene a későbbiekben alátámasztani.

A megbízhatósági elemzés, amelyet a MTZ-kre elvégeztünk, a zónák megbízhatóságának csak egy vetületéről, nevezetesen a geometriától való függetlenségükről árul el információt. Legfontosabb megállapításunk, hogy a klaszterek számát négytől kilencig növelve a kiindulási geometria mind nagyobb szerepet játszik a MTZ-k kialakításában. Kivételt ez alól csupán a hét klaszterből álló felosztás jelent, amely az öt és a hat klaszterből álló felosztásokhoz képest a geometriától függetlenebbnek bizonyult. Nem kívánunk jelen kutatás keretében egyértelmű javaslatot tenni a zónák számára, valamint a végleges lehatárolásukhoz is további vizsgálatokat, szakértői egyeztetéseket tartunk szükségesnek. E megállapításainkon túllépni, és az eredmények megbízhatóságát más szempontokból is körbejárni célzott, pl. csíráztatási, genetikai kísérletekkel, vagy faji jellegek elemzésével lehet. A megbízhatósági elemzés gyakorlati haszna a számszerű összehasonlításban rejlik, mely a jogszabály-módosítások esetén a döntéshozást megkönnyítheti.

Fontosnak tartjuk a zónabeosztás szabályozásának megváltoztatását, azonban a végleges javaslatához szükséges a terepet ismerő, élőhelyrekonstrukciós beavatkozásokban gyakorlott szakértők véleményének figyelembevétele. A jelenlegi szabályozás alapját képező EU irányelv tekintetében is módosításokra lenne szükség, mivel pl. a csíráképeségi követelmények irreálisak, honos fajokra nem teljesíthetők (Ladouceur *et al.* 2017). Miután sor kerül annak módosítására, majd a hazai szabályozásba való átültetésére, akkor következhet a zónahatárok módosítása is. A jelen munkában készített összehasonlítások és számszerű becslések alátámasztják a szabályozás módosításának szükségességét.

*Köszönetnyilvánítás* - A szerzők szeretnék ezúton köszönetüket kifejezni Király Gergelynek (Soproni Egyetem), aki a digitalizált florisztikai-növényföldrajzi tájbeosztást rendelkezésükre bocsátotta. Csiky János alapos, ösztönöző szakmai bírálata segítette a kézirat pontosítását, köszönjük. A kutatás megvalósítását a KEHOP-4.3.0-VEKOP-15-2016-00001, GINOP-2.3.2-15-2016-00019 és Stipendium Hungaricum programok támogatták.

## Irodalomjegyzék

- Aronson, J. & Alexander, S. (2013): Ecosystem restoration is now a global priority; time to roll up our sleeves. – *Restor. Ecol.* **21**: 293–296. <https://doi.org/10.1111/rec.12011>
- Assunção, R. M., Neves, M. C., Câmara, G. & Da Costa Freitas, C. (2006): Efficient regionalization techniques for socio-economic geographical units using minimum spanning trees. – *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* **20**: 797–811. <https://doi.org/10.1080/13658810600665111>
- Bischoff, A., Steinger, T. & Müller-Schärer, H. (2010): The importance of plant provenance and genotypic diversity of seed material used for ecological restoration. – *Restor. Ecol.* **18**: 338–348. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2008.00454.x>
- Bischoff, A., Vonlanthen, B., Steinger, T. & Müller-Schärer, H. (2006): Seed provenance matters – effects on germination of four plant species used for ecological restoration. – *Basic. Appl. Ecol.* **7**: 347–359. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2005.07.009>
- Bölöni, J., Molnár, Zs. & Kun, A. (szerk.) (2011): *Magyarország élőhelyei. A hazai vegetációtípusok leírása és határozója. ÁNÉR 2011.* – MTA ÖBKI, Vácrátót, 439 p.
- Breed, M., Harrison, P., Bischoff, A., Durruty, P., Gellie, N., Gonzales, E. K., Havens, K., Karmann, M., Kilkenny, F., Krauss, S. L., Lowe, A. J., Marques, P., Nevill, P. G., Vitt, P. L. & Bucharova, A. (2018): Priority actions to improve provenance decision-making. – *Bioscience* **68**: 510–516. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy050>
- Bucharova, A., Bossdorf, O., Hölzel, N., Kollmann, J., Prasse, R. & Durka, W. (2019): Mix and match: regional admixture provenancing strikes a balance among different seed-sourcing strategies for ecological restoration. – *Conserv. Genet.* **20**: 7–17. <https://doi.org/10.1007/s10592-018-1067-6>
- Bucharova, A., Michalski, S., Hermann, J. M., Heveling, K., Durka, W., Hölzel, N., Kollmann, J. & Bossdorf, O. (2017): Genetic differentiation and regional adaptation among seed origins used for grassland restoration: Lessons from a multi-species transplant experiment. – *J. Appl. Ecol.* **54**: 127–136. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12645>



- Cevallos, D., Bede-Fazekas, Á., Tanács, E., Szitár, K., Halassy, M., Kövendi-Jakó, A. & Török, K. (2020): Seed transfer zones based on environmental variables better reflect variability in vegetation than administrative units: evidence from Hungary. – *Restor. Ecol.* **28**: 911–918. <https://doi.org/10.1111/rec.13150>
- Dong, M., Bryan, B. A., Connor, J. D., Nolan, M. & Gao, L. (2015): Land use mapping error introduces strongly-localised, scale-dependent uncertainty into land use and ecosystem services modelling. – *Ecosyst. Serv.* **15**: 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.07.006>
- Durka, W., Michalski, S. G., Berendzen, K. W., Bossdorf, O., Bucharova, A., Hermann, J. M., Hölzel, N. & Kollmann, J. (2017): Genetic differentiation within multiple common grassland plants supports seed transfer zones for ecological restoration. – *J. Appl. Ecol.* **54**: 116–126. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12636>
- EC (2010): Commission Directive 2010/60/EU of 30 August 2010 Providing for certain derogations for marketing of fodder plant seed mixtures intended for use in the preservation of the natural environment. – *Official Journal of the European Union* **228**: 1–14.
- FCBN (Fédération des Conservatoires Botaniques Nationaux) (2014): *Référentiel technique—Associé au règlement d'usage de la marque collective simple végétal local*. [https://www.plante-et-cite.fr/ressource/fiche/333/referentiel\\_technique\\_vegetal\\_local](https://www.plante-et-cite.fr/ressource/fiche/333/referentiel_technique_vegetal_local)
- Gibson, A. & Nelson, C. R. (2017): Comparing provisional seed transfer zone strategies for a commonly seeded grass, *Pseudoroegneria spicata*. – *Nat. Area. J.* **37**: 188–199. <https://doi.org/10.3375/043.037.0208>
- Giencke, L. M., Denhof, R. C., Kirkman, L. K., Stuber, O. S. & Brantley, S. T. (2018): Seed sourcing for longleaf pine ground cover restoration: using plant performance to assess seed transfer zones and home-site advantage. – *Restor. Ecol.* **26**: 1127–1136. <https://doi.org/10.1111/rec.12673>
- Hajdú-Moharos, J. & Hevesi, A. (2002): A kárpát-pannon térség tájtagolódása.– In: Karátson D. (szerk.): *Magyarország földje*. Kertek 2000 Könyvkiadó, Budapest, pp. 294–306. <https://www.arcanum.hu/hu/onlinekiadvanyok/pannon-pannon-enciklopedia-1/magyarorszag-foldje-1D58/magyarorszag-tajai-2807/a-karpat-pannon-terseg-tajtagolodasa-hajdu-moharos-jozsefhevesi-attila-2809/tajbeosztasunk-szempontjai-281B/>
- Hoban, S. & Schlarbaum, S. (2014): Optimal sampling of seeds from plant populations for ex-situ conservation of genetic biodiversity, considering realistic population structure. – *Biol. Conserv.* **177**: 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.06.014>
- IPBES (2019): *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. – Díaz, S., Settele, J., Brondizio, E., Ngo, HT., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Butchart, S., Chan, K., Garibaldi, LA., Ichii, K., Liu, J., Midgley, GF., Miloslavich, P., Molnár, Zs., Obura, D., Pfaff, A., Polasky, S., Purvis, A., Razaque, J., Reyers, B., Roy, R., Subramanian, S. M., Shin, YJ., Visseren-Hamakers, I., Willis, K. & Zayas, C. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, 56 p.
- Kocsis, K. & Schweitzer, F. (szerk.) (2011): *Magyarország térképekben*. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. [http://www.nemzetiatlasz.hu/2011/Magyarorszag\\_terkepekben.html](http://www.nemzetiatlasz.hu/2011/Magyarorszag_terkepekben.html)
- Krautzer, B., Graiss, W. & Blaschka, A. (2018): *Prüfrichtlinie für die Zertifizierung und den Vertrieb von regionalen Wildgräsern und Wildkräutern nach „Gumpensteiner Herkunftszertifikat“ (G-Zert)*. – Federal Ministry for Sustainability and Tourism, Austria. <https://gzert.at/assets/downloads/G-Zert-Richtlinie-Web.pdf>
- Ladouceur, E., Jiménez-Alfaro, B., Marin, M., De Vitis, M., Abbandonato, H., Iannetta, P. P., Constantino, B. & Pritchard, H. W. (2018): Native seed supply and the restoration species pool. – *Conserv. Lett.* **11**: e12381. <https://doi.org/10.1111/conl.12381>

- León-Lobos, P., Bustamante-Sánchez, M. A., Nelson, C. R., Alarcón, D., Hasbún, R., Way, M., Pritchard, H. W. & Armesto, J. J. (2020): Lack of adequate seed supply is a major bottleneck for effective ecosystem restoration in Chile: Friendly amendment to Bannister *et al.* (2018). – *Restor. Ecol.* **28**: 277–281. <https://doi.org/10.1111/rec.13113>
- Malaval, S., Lauga, B., Regnault-Roger, C. & Largier, G. (2010): Combined definition of seed transfer guidelines for ecological restoration in the French Pyrenees. – *Appl. Veg. Sci.* **13**: 113–124. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2009.01055.x>
- Massatti, R., Shriver, R. K., Winkler, D. E., Richardson, B. A. & Bradford, J. B. (2020): Assessment of population genetics and climatic variability can refine climate-informed seed transfer guidelines. – *Restor. Ecol.* **28**: 485–493. <https://doi.org/10.1111/rec.13142>
- Molnár, Cs., Molnár, Zs., Barina, Z., Bauer, N., Biró, M., Bodonczí, L., Csathó, A., Csiky, J., Deák, J., Fekete, G., Harnos, K., Horváth, A., Isépy, I., Juhász, M., Kállayné Szerényi, J., Király, G., Magos, G., Máté, A., Mesterházy, A., Molnár, A., Nagy, J., Óvári, M., Purger, D., Schmidt, D., Sramkó, G., Szénási, V., Szmorad, F., Szollát, G., Tóth, T., Vidra T. & Virók, V. (2008): Vegetation-based landscape-regions of Hungary. – *Acta. Bot. Hung.* **50**: 47–58. <https://doi.org/10.1556/ABot.50.2008.Suppl.4>
- Molnár, Zs., Bartha, S., Seregélyes, T., Illyés, E., Botta-Dukát, Z., Tímár, G., Horváth, F., Révész, A., Kun, A., Bölöni, J., Biró, M., Bodonczí, L., Deák, József Á., Fogarasi, P., Horváth, A., Isépy, I., Karas, L., Kecskés, F., Molnár, Cs., Ortmann-né Ajkai, A. & Rév, Sz. (2007) A gridbased, satellite-image supported multi-attributed vegetation mapping method (MÉTA). – *Folia Geobot.* **42**: 225–247. <https://doi.org/10.1007/BF02806465>
- Molnár, Zs., Király, G., Fekete, G., Aszalós, R., Barina, Z., Bartha, D., *et al.* (2018): Növényzet. – In: Kocsis K. (szerk.) *Magyarország Nemzeti Atlasza: természeti környezet*. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest, pp. 94–103.
- Mucina, L., Bültmann, H., Dierßen, K., Theurillat, J. P., Raus, T., Čarni, A., Šumberová, K., Willner, W., Dengler, J., Gaviilán García, R., Chytrý, M., Hájek, M., Di Pietro, R., Iakushenko, D., Pallas, J., Daniëls, F., Bergmeier, E., Santos Guerra, A., Ermakov, N., Valachovič, M., Schaminée, J., Lysenko, T., Didukh, Y. P., Pignatti, S., Rodwell, J. S., Capelo, J., Weber, H. E., Solomesch, A., Dimopoulos, P., Aguiar, C., Hennekens, S. M. & Tichý, L. (2016): Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. – *Appl. Veg. Sci.* **19**: 3–264. <https://doi.org/10.1111/avsc.12257>
- Pedrini, S. & Dixon, K. W. (2020) International principles and standards for native seeds in ecological restoration. – *Restor. Ecol.* **28**: S286–S303. <https://doi.org/10.1111/rec.13155>
- Pebesma, E. (2018a): *sf: Simple features for R*. – R package version 0.6-3. <http://cran.rproject.org/package=sf>
- Pebesma, E. (2018b): *lwgeom: Bindings to selected 'liblwgeom' functions for simple features*. – R package version 0.1-4. <http://cran.r-project.org/package=lwgeom>
- Prasse, R., Kunzmann, D. & Schröder, R. (2010): *Entwicklung und praktische Umsetzung naturschutzfachlicher Mindestanforderungen an einen Herkunftsnachweis für gebietseigenes Wildpflanzensaatgut krautiger Pflanzen. Abschlussbericht*. – University of Leibniz. Hannover, 166 p. <https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-23931.pdf>
- R Core Team (2018): *R: A language and environment for statistical computing*. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna. [www.r-project.org](http://www.r-project.org)
- Retchless, D. P. & Brewer, C. A. (2016): Guidance for representing uncertainty on global temperature change maps. – *Int. J. Climatol.* **36**: 1143–1159. <https://doi.org/10.1002/joc.4408>
- Somodi, I., Molnár, Zs., Czúcz, B., Bede-Fazekas, Á., Bölöni, J., Pásztor, L., Laborczí, A. & Zimmermann, N. E. (2017): Implementation and application of multiple potential natural vegetation models – a case study of Hungary. – *J. Veg. Sci.* **28**: 1260–1269. <https://doi.org/10.1111/jvs.12564>

- Török, K., Horváth, F., Kövendi-Jakó, A., Halassy, M., Bölöni, J. & Sztár, K. (2019). Meeting Aichi Target 15: Efforts and further needs of ecological restoration in Hungary. – *Biol. Conserv.* **235**: 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.04.020>
- Valkó, O., Tóth, K., Kelemen, A., Migléc, T., Radócz, S., Sonkoly, J., Tóthmérész, B., Török, P. & Deák, B. (2018): Cultural heritage and biodiversity conservation—plant introduction and practical restoration on ancient burial mounds. – *Nat. Conserv.* **24**: 65–80. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.24.20019>
- Warnes, G. R., Bolker, B. & Lumley, T. (2018): *gtools: Various R programming tools*. – R package version 3.8.1. <http://cran.r-project.org/package=gtools>
- Wickham, H. (2017): *tidyverse: Easily install and load the ,Tidyverse’*. – R package version 1.2.1. <http://cran.r-project.org/package=tidyverse>

*Hivatkozott jogszabályok:*

- VM (2012): 86/2012. (VIII. 15.) VM rendelet a természetes környezet megőrzésére szánt takarmánynövény-vetőmagkeverékek kereskedelmi célú begyűjtéséről és forgalmazásáról. – *Magyar Közlöny*, **108**: 18490–19498.

*Internetes források:*

- http1: <https://www.decadeonrestoration.org>  
http2: [https://www.novenyzetiterkep.hu/potveg\\_modszer\\_hu](https://www.novenyzetiterkep.hu/potveg_modszer_hu)

## Vegetation-based survey of seed transfer zones for restoration

Katalin Török<sup>1</sup>, David Cevallos<sup>1,2</sup> & Ákos Bede-Fazekas<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Centre for Ecological Research, Institute of Ecology and Botany,  
H-2163 Vácraátót, Alkotmány u. 2–4., Hungary

<sup>2</sup>Eötvös Loránd University, Department of Plant Systematics, Ecology and Theoretical  
Biology, H-1117 Budapest, Pázmány Péter stny. 1/C, Hungary

<sup>3</sup>Centre for Ecological Research, GINOP Sustainable Ecosystems Group,  
H-8237 Tihany, Klebelsberg K. u. 3., Hungary

E-mail: [torok.katalin@ecolres.hu](mailto:torok.katalin@ecolres.hu)

Due to the loss of biodiversity, the concept of ecological restoration has reached the highest political levels. The use of native seeds has to be increased in order to scale up restoration. The use of locally adapted seeds is suggested, and is regulated at EU level. However, in Hungary, “local” is defined based on administrative units. In the present research, we apply multiple potential natural vegetation model and combine it with floristic, vegetation and landscape maps for the delineation of seed transfer zones. We have developed a new methodology to estimate the reliability of the zonation, and found that four or seven zones are better suited to serve as seed transfer zones for restoration. After further fine tuning the zones, the regulation should be changed.

**Keywords:** ecological restoration, local adaptation, multiple potential natural vegetation, native seed production, phytogeography, regulation of seed transfer