

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Biodiverzitás-dinamikai folyamatok vizsgálata
természetszerű közösségekben**

Teleki Balázs

Témavezető: Dr. Török Péter



DEBRECENI EGYETEM
Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola
Debrecen, 2021

1. BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1.1. A szárazgyepek cserjésedésének kutatási előzményei

A cserjésedés egy világszerte igen elterjedt jelenség a legkülönbözőbb nyílt élőhely-típusokban: a lágyszárúak által dominált különféle gyepektől a növényzetben igen szegény sivatagi tájakon át a vizes élőhelyekig (D'Odorico et al. 2012). Több kutatás hívja fel a figyelmet arra, hogy a cserjésedés jelenségét több tényező befolyásolja. Ezek: (1) az általános éghajlatváltozás és az ezzel összefüggő (2) növekvő légköri CO₂-koncentráció, (3) légköri nitrogén-ülepedés, (4) a természetes bolygatási rendszerek megváltozása, továbbá (5) a területkezelési módok megváltozott gyakorisága és intenzitása (Knapp et al. 2008).

A cserjésedés életközösségek szerkezetére és működésére gyakorolt erőteljes hatása jól dokumentált folyamat. E jelenség gyakran eredményezi az ökoszisztémák degradációját a biodiverzitás csökkenésével egyetemben, és jelentékeny hatással van az elsődleges produkcióra, a víz és a tápanyagok körforgására, valamint a szén-egyensúlyra (Knapp et al. 2008). Számos vizsgálat fókuszál a cserjésedés problémájára jó vízellátottságú területeken át a félszáraz területekig, súlypontosan Észak-Amerikában, Dél-Afrikában és Ausztráliában (D'Odorico et al. 2012), azonban az egész palearktikus régió meglehetősen alulkutatott.

A világon az egyik legjellemzőbb száraz gyeptípus a sztyepp, amely hozzávetőlegesen 8,9 millió km² területet foglal el a Palearktikumban (Wesche et al. 2016). A sztyeppzóna nyugati elhelyezkedésű sztyeppjei, amelyek különösen magas humusztartalmú, magas biológiai produkciójú csernozjom talajokon fejlődtek, sajnos, éppen e kivételes talajadottságaik miatt, mára mintegy 90%-ban megsemmisültek, és helyükön szántóföldeket alakítottak ki (Wesche et al. 2016). Főleg az alföldi területeken, csupán kis fragmentumokban maradt fenn e gyeptípus.

A drasztikus területcsökkenésen túlmenően, a legfontosabb hatótényező e száraz gyeptípusok biodiverzitásának csökkenésében a használati módok megváltozása. A használat intenzívebbé válásának és a felhagyásnak egyaránt lehet cserjésedés a következménye. Közép-Európában a legtöbb másodlagos gyepi közösség biológiai sokféleségét veszélyezteti a cserjésedés, amely többnyire az alacsony intenzitású legeltetés vagy kaszálás felhagyásának következtében erősödik fel. Sok esetben segítségre lehet szükség a jellemző fajok visszatelepüléséhez. Például felülvetéssel vagy az inváziós és/vagy fásszárú fajok visszaszorítása révén.

Restaurációs ökológiai szempontból nézve nagyon fontos tudni, hogy mennyire ellenálló a száraz gyepek biológiai sokfélesége a cserjésedéssel szemben, és nagyon fontosak az olyan esettanulmányok, amelyek támogatni tudják a döntési folyamatokat a konzervációs és restaurációs prioritások kijelölése során. Egy további szempont, hogy a restaurációs projekteknek figyelembe kellene venni a gyepek eredetét is. Míg az elsődleges gyepek sokszor magasan szervezettek, sok faj együttélése mellett kis

térleptékben is nagy stabilitással rendelkeznek, addig a másodlagos féltermészetes gyepek kisebb rezisztenciával és rezilienciával bírnak, és a fajkészletük sokkal sérülékenyebb a különféle zavarásokkal és az idegen fajok beáramlásával szemben. Mindezek alapján arra lehet következtetni, hogy talán a cserjésedés hatására is eltérő mértékben reagálhatnak az ősi, illetve a másodlagos gyepek.

1.2. Az erdők több évtizedes változásának, klímaváltozással való kapcsolatának kutatási előzményei

Napjainkban az egész Föld nagy globális környezeti változások színtere. Ezek közül az egyik legismertebb az éghajlat globális szintű megváltozása, amely az élővilágra is komoly hatást fejt ki (IPCC 2014). A globális szintű éghajlatváltozás széleskörű és mélyreható befolyást gyakorol az ökoszisztémákra és ökológiai folyamatokra. Ennek következtében már a biotikum határainak átrendeződését is meg lehet figyelni, ami az ökoszisztémák szerkezetének és működésének rendkívül drasztikus megváltozását jelenti, s ez már komoly hatással van az emberiség jólétére, az emberi társadalmak működésére is (IPCC 2014). Az ismereteink és előrejelzéseink az ember okozta klímaváltozással összefüggésben megjelenő biotikus reakciókkal kapcsolatban jelentős részben azokon a hőmérsékleti adatokon alapulnak, amelyek a meteorológiai állomások méréseiből származnak. Ezek jelentős részben nyílt területekről származnak, körülbelül 1,5 m-rel a talajszint felettől, így makroklimatikus adatokat szolgáltatnak. Ezzel szemben a földi élővilág túlnyomó többsége olyan hőmérsékleti viszonyok között él, amelyek csak részben függenek a makroklimától.

A domborzat és a vegetáció elrendeződésében tapasztalható különbségek eltérő mikroklimatikus “zugokat” hozhatnak létre, amelyeket például még az eltérő besugárzás, a levegő keveredése és az evapotranszpiráció, vagyis a felszín és a növényzet párologtatásának intenzitása is befolyásol. A klíma e helyi módosulása magyarázhatja, hogy miért válaszolnak az életközösségek és ökoszisztéma-folyamatok gyakran részben a makroklimatikus változásokkal ellentétes irányban (Fadrique et al. 2018). Manapság gyakran megfigyelhető folyamat az elterjedési területek északra, illetve magasabb tengerszint feletti övezetekbe tolódása több faj, sőt ökoszisztéma esetében is (Fadrique et al. 2018). Ez főleg annak tudható be, hogy a számukra alkalmas hőmérsékleti tartomány is északabbra tolódott.

Ha egy élőhely hőmérséklete emelkedik, akkor a magasabb hőmérséklethez alkalmazkodott fajok abundanciája is emelkedik. Ezzel szemben az alacsonyabb hőmérséklethez alkalmazkodott fajok száma csökken, vagy ezek akár el is tűnhetnek. Azt a jelenséget, ahogy az életközösségek összetétele eltolódik a melegkedvelő fajok javára, “termofilizációnak” nevezik. E jelenséget egyre nagyobb arányban és gyakorisággal dokumentálják mind tengeri, mind szárazföldi növény- és állatfajok, ökoszisztémák esetében. Egyelőre azonban számos biológiai közösség termofilizációja nem képes lépést tartani az egyidejűleg zajló makroklimatikus változásokkal. Ez a

közösségek makroklimatikus változásokra adott válaszána k késéséhez vezet (Alexander et al. 2018; Bertrand et al. 2011).

Összességében, a mikroklíma változatossága a topográfia ilag heterogén tájakon belül olyan mikroklíma-zugokat hoz létre, amelyek refúgiumként szolgálhatnak, védelmet nyújtva egyes élőlénycsoportoknak a számukra hátrányosan megváltozó makroklimával szemben. Sok fajnak csak így lehet esélye a túlélésre, és a mikroklíma ezen hatása így csökkentheti a makroklima melegedése által kiváltott kihalási kockázatot. A mikroklíma fontossága talán sehol sem olyan nyilvánvaló, mint az erdőkben, ahol az összetett lombkorona-struktúra következtében egyidejűleg árnyékolás, levegő-keveredés, valamint evapotranszspirációs hűlés is történik. A lombkorona védelmezheti az aljnövényzetet az extrém felmelegedéssel szemben. Ez a pufferoló kapacitás állandóan változik a fák növekedése és pusztulása következtében. Ez egy dinamikus mikroklímához vezet térben és időben. Az értekezésben bemutatjuk az első, az erdők több évtizedes léptékű makroklimatikus változását vizsgáló tanulmányt, ahol összevetjük az antropogén eredetű makroklimatikus éghajlatváltozás mértékét a meteorológiai állomások mért adatai alapján a lombkoronaborítás dinamikus változása által kiváltott mikroklimatikus változásokkal, és vizsgáljuk az aljnövényzet válaszáat.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A löszgyepek cserjésedés vizsgálatának módszerei

A vizsgálati terület Magyarországon, a Dunántúl keleti részén helyezkedik el, Siófok, Székesfehérvár, Dunaújváros, Paks, Szekszárd és Pécs 50 km-es körzetében. A vizsgált gyeptípusok a 6250 pannon lösz-sztyeppek típusába tartoznak az EU Natura 2000 besorolása alapján. Összesen 63 helyszínt mértünk fel, ebből 35 volt ősi és 28 másodlagos gye p. Területük 0,5-től 5 ha-ig terjedt. A legtöbb gyepterület, különösen az ősgyepek korábbi használata alacsony intenzitású legeltetés volt, többnyire szarvasmarhával, illetve juhval. Ezek többségének legeltetését évekkal, gyakran évtizedekkel a vizsgálat megkezdése előtt beszüntették. A vizsgált gyepterületek mindegyikén 400 m²-es cönológiai felvételeket végeztünk, amelyek száma gyeállományonként 1-10 a gye p méretétől függően.

Arra is figyelemmel voltunk a mintavételnél, hogy egyenletesen legyenek reprezentálva az adatbázisban a tájra jellemző különböző égtáji kitettségű, eltérő lejtőszögű és tengerszint feletti magasságú gyeállományok, hogy elkerüljük ezen faktorok befolyásoló hatását. Összesen 110 felvételt készítettünk, illetve vettünk be az elemzésbe. Minden kvadrátban rögzítettük a fásszárúak fajösszetételét és borítását a cserjeszintben, valamint a lágyszárú szintben rögzítettük a jelenlévő összes edényes növényfajt és százalékos borítási értékeit. Az elsődleges és másodlagos gyepeket történeti térképek alapján különítettük el. Egy gyepe t elsődlegesnek minősítettünk, ha legalább a második katonai felmérés (1863-64) óta bizonyíthatóan gye p volt.

A terepi munka során gyűjtött adatok különböző statisztikai programcsomagokkal kerültek feldolgozásra. Az elemzések során kapcsolatot kerestünk a cserjésedés és a gyepek kora, illetve a különféle diverzitási mutatók, a gyepszint teljes fajgazdagsága és a szárazgyepei fajok diverzitása között.

A cserjésedés mértéke és a gyepek eredete (elsődleges vagy másodlagos) közötti kapcsolatot, esetleges összefüggéseket az általánosított lineáris kevert modellekkel elemeztük SPSS 20.0 statisztikai programmal. Az elemzésben a cserjésedés mértéke (ordinális skála) és a gyepek eredete (nominális skála) voltak a rögzített faktorok, míg a felvételi helyek egyedisége (site identity) volt a véletlen faktor. A függő változók a következők voltak: fajszám (diverzitás) és borítás az összes növényfaj tekintetében, szárazgyepei fajok diverzitása és borítása, az erdei és indifferens fajok diverzitása és borítása, Shannon diverzitás, faj egyenletesség és a Berger-Parker diverzitás.

A megfelelő faj-abundanciáknak a teljes fajszámmal és a cserjésedés mértékével való korrelációját DCA-ordinációval a Canoco 4.5 programcsomag segítségével vizsgáltuk. Az egyes faj-abundanciák, valamint a teljes fajszám és a cserjésedés mértéke közötti korreláció elemzéséhez Spearman-féle rangkorrelációt használtunk. Az egyes felvételek közötti vegetáció-összetételbeli hasonlóságok és különbségek feltárására NMDS-ordinációt számoltunk Bray-Curtis-féle hasonlósággal az R statisztikai programcsomag „vegan” csomagjának használatával.

2.2. Az erdők vizsgálatának módszerei

Vegetációfelmérés adatai

A nemzetközi ForestREplot 15 európai országból származó megismételt felvételeit használtam fel. 2955 erdei kvadrát felvétele lett megismételve Európában a 12-66 évvel ezelőtti periódusból. Mintegy 230 saját ilyen ismétlést készítettem el, illetve dolgoztam fel Magyarországról. Az összesen mintegy 2955 kvadrát Európa összesen 56 régiójából származott. Minden egyes mintanégyzet kétszer lett felvéve, a két időpont közti medián intervallum 38 évnek adódott. Ez alatt az idő alatt a tapasztalatok szerint már elég megbízhatóan látszódik az aljnövényzeti változások iránya. Az összes kvadrát helyszíne ősi vagy természet szerű erdő volt (FAO 2015). Ezen kívül az alap és a megismételt felvételek közötti időben bizonyítottan nem történt fakitermelés, vagyis az eredeti állományban dolgoztunk. A kvadrátok mérete az európai adatbázisban 25 és 1300 m² között változott. Magyarországon 10 x 10 m és 20 x 20 m-rel dolgoztunk. A kvadrátméretnek nem függtek sem a mikroklímától, sem a termofilizációtól, sem pedig a klimatikus kérésztől (kevert modellek, minden faktor esetében $p > 0,05$), így tehát az alkalmazott kvadrátméretnek nem befolyásolhatták az eredményeket és következtetéseket. A felvételek az erdő összes szintjéről készültek, az adott területen megtalált összes fajt felírtuk. A borítási értékek az alap-felvételekben többnyire A-D értékben voltak megadva, míg a megismételt felvételekben százalékos formában lettek rögzítve.

A lombkorona aljnövényzetet védő hatásának vizsgálati módszerei

Makroklimatikus hőmérsékleti adatok

Az összeurópai adatbázis vegetáció adatainak összevetése a lombkorona alatt mérhető hőmérsékleti adatokkal azzal a céllal történt, hogy számszerűsítsük a makroklimatikus hőmérséklet-változási rátát az alap és a megismételt felvételek között. Továbbá becsültük a havi átlagos maximumhőmérséklet adatokat a nyári hónapokban. Minden egyes kvadrátra becsültünk egy maximumhőmérséklet-változási rátát az alap és megismételt felvételek között, az átlagos nyári maximumhőmérsékletek különbségeként, az alap és megismételt felvételeket megelőző 5 év folyamán. Teszteltük a durva léptékű CRU-adatok kizárásának hatását (például egy olyan esetben, ha kvadrátszintű változásokat elemzünk kizárólag a teljes TerraClimat-lefedettséggel) a mikro- és makroklímaváltozás közötti kapcsolatra és a termofilizációra. Azt találtuk, hogy a mikroklíma-változás hatása a termofilizációra így is erősebb maradt (scaled slope estimate 0,039, 95th confidence interval (CI): 0,024-0,052, $p < 0,001$), mint a makroklimatikus változás befolyása (scaled slope estimate 0,002, CI: -0,025-0,029, $p = 0,914$).

Mikroklimatikus hőmérséklet mérése és pufferoló hatás

Az összesen 56 európai régióból 10 reprezentatív régió lett kiválasztva, hogy összevethető mikroklíma-adatok álljanak rendelkezésre a teljes megismételt vegetációfelvételi kvadráthálózatra vonatkozóan. Minden így kiválasztott régióból 10 kvadrátot jelöltünk ki, ahol egy teljes évben, minden órában léghőmérsékleti adatokat mértünk (2017. február 22-től 2018. február 21-ig) minden kvadrátban egy Lascar EasyLog EL-USB-1 hőmérsékleti adatrögzítőt használva. A maximumhőmérsékletek a nyár folyamán gyakran jelentősen alacsonyabbak voltak az erdő belsejében, mint kívül, vélhetően a fák és cserjék hőmérsékleti pufferoló hatásának köszönhetően.

Hogy a lombkorona-borítottság pufferoló képességét számszerűsítsük, összehasonlítottuk a mikroklíma adataink mért napi maximum-hőmérsékletét a kvadráthoz legközelebb található meteorológiai állomás adataival. A hőmérsékleti pufferoló hatás úgy fejezhető ki, hogy a mért mikroklimatikus maximumhőmérsékletből kivonjuk a makroklimatikus maximumhőmérsékletet. Ez az elemzés felfedezett egy pozitív, nem-lineáris kapcsolatot a hőmérsékleti pufferoló hatás és a lombkorona borítottság között.

Az elterjedési terület és kipusztulások közti összefüggés vizsgálata

Minden egyes helyi, nemzeti vizsgálatban meghatároztuk a fajok trajektóriáit. A fajok jelenlétét az alap felvételen osztályoztuk, de ha a megismételt felvételen nem volt jelen, akkor kipusztultként vettük figyelembe. Ha mindkét felvételen jelen volt, akkor túlélő fajnak tekintettük. Ha hiányzott az alap felvételen, de megjelent az újbán, akkor kolonizáló fajnak minősítettük.

A fajok área-méretének becsléséhez a GBIF-adatbázis (gbif.org 2019) előfordulási-pont-rekordjait használtuk: összesen 100 millió georeferált rekord volt elérhető 1165 fajjal az európai adatbázisban. A rekord egy hexagonális gridbe lett aggregálva (ISEA3H) 3 térléptékben: 3,6; 10,7 és 32 km². A cellák mérete bármilyen hozzáadott fajnál, amely megjelenik egy adott grid-ben, reprezentálja az adott faj elterjedési területének méretét. Az elterjedési terület mértéke lett ezért az area of occupancy (AOO). Az eredményeink ezért a közepes térlépték alapján (10,7 km²) becsülik az elterjedési terület méretét.

A légköri nitrogén-kiülepedést az EMEP-adatbázis használatával kvantifikáltuk (<http://www.emep.int>), 50 km-es térbeli felbontással, Bernhardt-Römermann et al. (2015) módszere alapján. Először kvantifikáltuk a kumulatív nitrogén-ülepedés mértékét 1900 és az alap felvétel között (N_{t1}), majd ugyanezt 1900 és a megismételt (resurvey) között (N_{t2}). Ezután pedig kiszámítottuk a kettő közti különbséget ($N_{t2}-N_{t1}$), hogy a két felvételi időpont között számszerűsítsük a nitrogén-kiülepedés mértékét (inter-census N-ülepedés, vagy ΔN). Az aljnövényzeti vegetációt a tápanyagigény szempontjából az Ellenberg-féle indikátorértékek segítségével osztályoztuk. Az elemzéshez R-statisztikai programcsomagot használtunk.

3. EREDMÉNYEK

3.1. A löszgyepek vegetációs vizsgálatának eredményei

Összesen 346 fajt találtam a vizsgált gyepállományokban végzett cönológiai felvételezés kvadrátjaiban, ebből 113 szárazgyepi faj volt. Az ordináció eredménye szerint a 0-3 cserjésedettségű csoportban nagyon hasonló a fajösszetétel az egyes felvételekben, viszont a 4-es és 5-ös ordinációs csoportokban a fajkompozíció már heterogénebb. A 25 legmagasabb borítási értékű szárazgyepi fajból 10 korrelált pozitívan a teljes fajszámmal, és negatív korrelációt nem találtunk. Ezzel szemben, ugyanabból a fajcsoportból 12 faj korrelált negatívan a cserjésedéssel, és nem találtunk pozitív korrelációt. Ez a trend NMDS-ordinációval is meg lett jelenítve, ahol a 25 szárazgyepi faj a 0-3 cserjésedettségű csoport pontfelhőjében látható.

A teljes fajszámra és a szárazgyepi fajok számára egyaránt szignifikáns hatással volt a cserjésedés. A szárazgyepi fajok száma folyamatos csökkenést mutat a növekvő cserjésedéssel összefüggésben, erőteljesen fokozódó csökkenéssel a 4-5 cserjésedettségű csoportnál. A cserjésedés sem a választott diverzitási mutatókra, sem az egyenletességi értékekre nem volt hatással.

A teljes fajszámra és a szárazgyepi fajok számára is hatással volt a gyep-eredet, mindkét kategóriában a másodlagos gyepekben voltak alacsonyabbak a fajszámok. A gyep-eredet szignifikáns hatással volt a Shannon-diverzitásra, a faj-egyenletességre és a Berger-Parker dominanciára. A másodlagos gyepекnél a Shannon-diverzitás és a faj-egyenletesség alacsonyabb volt, a Berger-Parker dominancia pedig magasabb, mint az ősi gyepек esetében.

3.2. Az erdők vizsgálatának eredményei

A lombkorona hőmérsékleti pufferoló hatása és az aljnövényzet közötti összefüggés

Az eredmények szerint az általános, világszinten megfigyelhető makroklimatikus változásokat az erdők aljnövényzete gyakran késéssel követi. Ez pedig jelentős részben a záródó lombkoronának mikroklimatikus szabályozásának köszönhető. Sikerült mérésekkel igazolni, hogy jelentős különbség van az erdőbelső aljnövényzeti szintjének hőmérséklete, és az erdőn kívüli környezet (makroklimatikus) hőmérséklete között. Azt találtuk, hogy az időbeli változások a lombkoronában nagyon különbözőek az 56 európai régióban. A mikroklimatikus változás jóval variábilisabb, mint a makroklimatikus. A makroklimatikus változás szignifikáns ($p < 0,001$) kapcsolatban állt a mikroklimatikus változással, azonban a mikroklimatikus melegedés 48%-a így még mindig megmagyarázhatatlan maradt. A termofilizációs arány $-1,03$ -tól $1,54$ -ig terjedt, $0,03 \pm 0,01$ °C-kal átlagosan (\pm standard hiba) dekádonként, ami szignifikánsan nagyobb volt, mint zéró ($p < 0,001$), demonstrálva a növekvő dominanciáját a meleghez alkalmazkodott fajoknak. Feltűnő, hogy az erdei gyepszínti vegetáció termofilizációja csak a mikroklímával volt kapcsolatba hozható, a makroklímával nem. A termofilizáció ugyan pozitívan korrelált mind a mikro-, mind a makroklíma változásával, de a mikroklíma változása erősebb volt. Ha a mikro- és makroklíma hatását is bevesszük a modellbe, egyedül a mikroklimatikus hatás szignifikáns ($p < 0,001$ és $p = 0,124$).

Az elterjedési terület mérete és a kipusztulások közötti összefüggés

A vizsgálati eredmények szerint a kis elterjedési területtel rendelkező fajok tűntek el, ezzel szemben a kiterjedt áréával rendelkezők sok esetben még növelték is elterjedési területüket. Az egyes fajok terjedési képességének mértéke erőteljes jelzőszáma volt a kipusztulás valószínűségének. A felvételek átlagos 38 éves időintervallumában egy átlagos terjedőképességű fajnak 10% esélye volt a kihalásra, míg egy alacsonyabb terjedőképességűnek akár 60%. Az elterjedési terület mérete negatív hatást gyakorolt a kihalás valószínűségére. A két felvételecsoport közötti növekvő kumulatív nitrogén-ülepedés is erősen növelte a kipusztulás valószínűségét egy adott területről.

A legkisebb áréájú fajok kihalási valószínűsége 4-ről 27%-ra nőtt, ahogy a nitrogén-ülepedés 45-ről 721 kg/ha-ra nőtt a két felvételecsoport időpontjai között. A nagy elterjedési területtel rendelkező fajok kihalási kockázata ezzel szemben jóval alacsonyabb. A nagymértékű nitrogén-ülepedés negatívan hat a kis áréájú fajokra, így azokat kiszorítják a nagy áréájú fajok. Tehát ezen keresztül, közvetve hat negatívan a nitrogén-ülepedés a ritka fajok előfordulására. A növekvő kumulatív nitrogén-ülepedés az alap és a megismételt felvételek időpontja között növelte a kipusztulások valószínűségét. Ez a növekvő kipusztulási valószínűség aránytalan mértékben sújtotta a szűk elterjedésű fajokat, ami negatív kapcsolatot mutat a fajok elterjedési területének mérete és a nitrogén-ülepedés között.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A cserjésedés egy komoly veszélyt jelenthet a gyepek biodiverzitására. A vizsgálatunk is igazolta a cserjésedés biodiverzitásra gyakorolt negatív hatását, de a képet árnyalta az, hogy ez a negatív hatás főként a nagymértékben cserjésedett gyepek esetében jelentkezett. Egyéb kutatások eredményei szerint viszont gyakran még emeli is a biodiverzitást a növekvő cserjésedés, az élőhelyi heterogenitás növelése miatt. E megfigyelések felhívják a figyelmet arra, hogy az őshonos fajokkal lezajló enyhe mértékű cserjésedést nem lehet degradációs folyamatként, leegyszerűsítve kezelni, hanem a folyamat kimenetele nagyban függ a fásszárú borítottság növekedésének intenzitásától, ha a cserjésedés őshonos fajokkal történik.

Az erdőkben végzett nemzetközi vizsgálataink alapján a lombkorona-változási dinamikák kiváltják a mikroklimatikus változásokat, és ez jelentősen eltérhet a makroklimatikus változásoktól. Eredményeink megerősítik azt a hipotézist, hogy a termofilizáció jelensége az erdei növényközösségekben elsődlegesen a mikroklimatikus változások által irányított (Fadrique et al. 2018, Bertrand et al. 2011). Ez a megállapítás tapasztalati bizonyítékot nyújt arra, hogy végeredményben a mikroklimatikus változások a közvetlen kiváltói az élővilág klímaváltozásra adott válaszáinak. Ezt a jelenséget gyakran nem veszik figyelembe, amikor a makroklimatikus adatokat használják az éghajlatváltozásra adott biotikus válaszok vizsgálatához.

Eredményeink szerint a légköri nitrogén-ülepedés hatására a vizsgált európai erdőkben visszaszorultak a kis elterjedésű, többlet nitrogénterhelésre érzékeny fajok, és átadták helyüket a széles elterjedésű, nitrogénterhelés-tűrő vagy egyenesen nitrogénkedvelő, sokszor adventív vagy inváziós fajoknak. Noha kialakult egy egyensúly, ami fenntartotta az egyes helyi szinten meglévő összfajszámokat, a béta-diverzitás értéke csökkenő trendet mutat, mivel a gyengébb kolonizációs képességű kis elterjedésű fajokat kiszorítják a nagy elterjedésűek. Ez a biotikus homogenizáció párhuzamos azzal az abiotikus homogenizációval, amit pl. a légköri nitrogén-ülepedés okoz Európa-szerte.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Sikertült igazolnom, hogy a löszgyepek esetében csak mintegy 50% feletti cserjeborítottság hatására alakul át a fajösszetétel és ennél magasabb borítottság esetén kezd el jelentősen csökkenni a fajszám. Mindez arra utal, hogy a vizsgált löszgyepek relatíve magas rezisztenciával rendelkeznek a cserjésedéssel szemben.
2. A teljes fajszámra és a szárazgyepi fajok számára egyaránt szignifikáns hatással volt a cserjésedés. A szárazgyepi fajok száma folyamatos csökkenést mutat a növekvő mértékű cserjésedéssel összefüggésben.
3. A teljes fajszám és a szárazgyepi fajok száma a cserjésedés mértékétől függetlenül magasabb volt az ősi, mint a másodlagos löszgyepek esetében.
4. Az erdei növényközösségek klímaváltozásra adott válaszukban sokkal inkább a mikroklíma változásaira reagálnak, és jóval kevésbé a makroklíma megváltozására.
5. Az aljnövényzet kis földrajzi elterjedéssel rendelkező fajai eredményeink szerint nitrogén-ülepedés hatására átadják a helyüket a nagyobb elterjedésű, generalista, szélesebb ökológiai toleranciájú gyakori fajoknak.



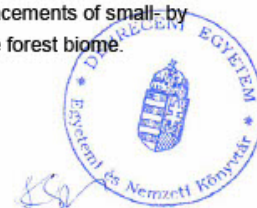
Nyilvántartási szám: DEENK/99/2021.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Teleki Balázs
Doktori Iskola: Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10035047

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

1. Zellweger, F., De Frenne, P., Lenoir, J., Vangansbeke, P., Verheyen, K., Bernhardt-Römermann, M., Baeten, L., Hédli, R., Berkí, I., Brunet, J., Van Calster, H., Chudomelová, M., Decocq, G., Dirnböck, T., Durak, T., Heinken, T., Jaroszewicz, B., Kopecký, M., Máliš, F., Macek, M., Malicki, M., Naaf, T., Nagel, T. A., Ortmann-Ajkai, A., Petřík, P., Pielech, R., Reczyńska, K., Schmidt, W., Standovár, T., Świerkosz, K., **Teleki, B.**, Vild, O., Wulf, M., Coomes, D.: Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming.
Science. 368 (6492), 772-775, 2020. ISSN: 0036-8075.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aba6880>
IF: 41.845 (2019)
2. **Teleki, B.**, Sonkoly, J., Erdős, L., Tóthmérész, B., Prommer, M., Török, P.: High resistance of plant biodiversity to moderate native woody encroachment in loess steppe grassland fragments.
Appl. Veg. Sci. 23 (2), 175-184, 2020. ISSN: 1402-2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/avsc.12474>
IF: 2.574 (2019)
3. Staudé, I. R., Waller, D. M., Bernhardt-Römermann, M., Bjorkman, A. D., Brunet, J., De Frenne, P., Hédli, R., Jandt, U., Lenoir, J., Máliš, F., Verheyen, K., Wulf, M., Pereira, H. M., Vangansbeke, P., Ortmann-Ajkai, A., Pielech, R., Berkí, I., Chudomelová, M., Decocq, G., Dirnböck, T., Durak, T., Heinken, T., Jaroszewicz, B., Kopecký, M., Macek, M., Malicki, M., Naaf, T., Nagel, T. A., Petřík, P., Reczyńska, K., Schei, F. H., Schmidt, W., Standovár, T., Świerkosz, K., **Teleki, B.**, Van Calster, H., Vild, O., Baeten, L.: Replacements of small by large-ranged species scale up to diversity loss in Europe's temperate forest biome.
Nat Ecol Evol. 4 (6), 802-808, 2020. EISSN: 2397-334X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-020-1176-8>
IF: 12.543 (2019)





További közlemények

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

4. Zólyomi, B., Szmorad, F., Molnár, Z., Molnár, C., Barna, Z., Bauer, N., Biró, M., Csathó, A. I., Csiky, J., Deák, J. Á., Gulyás, G., Jakab, G., Juhász, M., Kevey, B., Király, G., Kun, A., Lendvai, G., Magos, G., Mesterházy, A., Molnár, A., Nagy, J. G., Nagy, J., Schmidt, D., Schmotzer, A., Sramkó, G., Szigetvári, C., **Teleki, B.**, Timár, G., Tóth, I. Z., Vojtkó, A.: Magyarország természetes vegetációja: Zólyomi Bálint térképének megújítása Natural vegetation of Hungary: an updated version of Zólyomi map.

In: XI. Aktuális flóra- és vegetációkutatás a Kárpát-medencében : nemzetközi konferencia = "Advances in research on the flora and vegetation of the Carpatho-Pannonian region", Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, 37-38, 2016. ISBN: 9789639877252

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 56,962

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 56,962

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2021.03.16.



Short thesis for the degree of doctor of philosophy (PhD)

**Investigation of biodiversity-dynamics
in near-natural communities**

by Balázs Teleki

Supervisor: Dr. Péter Török



UNIVERSITY OF DEBRECEN
Juhász-Nagy Pál Doctoral School
Debrecen, 2021

1. INTRODUCTION

1.1. Woody encroachment in loess-steppe

Woody encroachment is a worldwide phenomenon and is ongoing on many grasslands-types and open herb-dominated habitats, (D'Odorico et al. 2012). Many studies have demonstrated that woody encroachment is facilitated by (1) climatic change, (2) elevated atmospheric CO₂ concentration, (3) atmospheric nitrogen deposition, (4) altered regime of natural disturbances, and (5) altered frequency and intensity of management practices (Knapp et al. 2008).

The strong effects of woody encroachment on ecosystem structure and functioning have been well documented: it often results in ecosystem degradation with related biodiversity decline, and has considerable effects on net primary production, the cycling of surface water and nutrients, and carbon balance (Knapp et al. 2008). More studies have focused on woody encroachment in semi-arid to semi-humid open habitat types from North-America, South Africa and Australia but studies from the Palaeartic are rather scarce (D'Odorico et al. 2012). One of the most remarkable dry grassland types is the steppe, covering approximately 8.9 million km² in the Palaeartic (Wesche et al. 2016). Steppes in the western part of the steppe-zone situated on highly productive chernozemic soils were mostly transformed to croplands, and the decline of their former area often exceeds 90% (Wesche et al. 2016).

In Central-Europe, the biodiversity of most secondary dry grassland communities is threatened by various types of woody encroachment caused by the cessation of low-intensity grazing or mowing. In ecosystem restoration it is very important to know how resistant the biodiversity of dry grasslands to shrub encroachment is, and to have case studies that support decisions in the process of prioritising conservation and restoration actions. Another aspect that should be considered in restoration projects is grassland origin. Primary grasslands are highly organised in terms of species coexistence and also display high levels of stability to species turnover at small scale. Secondary grasslands are less resistant, and their species pool is highly sensitive to disturbances and species immigration. Thus, it can be expected that there could be differences in the response of their species composition to woody encroachment. Both aspects are crucial given that nature conservation authorities often lack funding to implement large-scale management activities. Thus, understanding processes and trends in species composition dynamics during woody encroachment for biodiversity conservation and restoration is very important.

1.2. The over-decade changes in forests

Global environmental changes are in progress in most if not all major ecosystems of the world. One of the most important phenomena is the global climate change, which

has a serious effect on biodiversity and natural-semi-natural communities. Our knowledge and predictions about biotic responses to climate warming are largely based on temperature data measured at meteorological stations, which record free-air (macroclimate) temperature about 1.5 m above the soil surface. However, the responses of communities often lag after predictions calculated from macroclimate change, in part because of local modulation of climate by vegetation and topography.

Topography and vegetation create heterogeneous microclimates that intercept e.g. solar radiation. This local modulation of climate may explain why responses of communities and ecosystem processes are often lag after macroclimate warming. Presently range shifts towards norths and higher elevations are often observed. With rising temperatures at a habitat, the abundance of species adapted to higher temperatures is therefore expected to increase. In contrary, species adapted to lower temperatures may be excluded. This phenomenon is referred to as thermophilisation in the literature. Yet, the thermophilisation of many communities cannot keep pace with the rapidity of macroclimate change. This leads to a climatic lag or debt in community responses to macroclimate warming.

In addition, variation in microclimate within topographically heterogeneous landscapes provides refugia within these landscapes. The importance of microclimate is most evident in forests, owing to their three-dimensional canopy structure that drives shading, air-mixing and evapotranspirative cooling. Canopy cover maybe able to protect the understorey vegetation from extreme heat. This saving potential constantly changes with tree growth and mortality, leading to highly dynamic microclimates across space and over time. Here we provide the first multidecadal research of forest microclimate change, enabling the comparison between climate change as measured by weather stations, and forest microclimate dynamics triggered by canopy cover dynamics.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Study of shrub encroachment in loess-steppes

The study region is situated in the Eastern part of Transdanubia, Hungary, located in an area of 50 km radius in the vicinity of the towns Siófok, Székesfehérvár, Dunaújváros, Paks, Szekszárd and Pécs. The studied grasslands are classified as 6250 Pannonic loess steppic grasslands in the EU Natura 2000 system.

Within this study region we selected a total of 63 loess grassland fragments (35 remnant and 28 recovered grasslands) ranging from 0.5 to 5 hectares. Most of these grasslands have been abandoned for decades, while some were still managed by low-intensity cattle or sheep grazing before the study. In each grassland fragment we sampled the vegetation in 400-m²-sized plots ranging from 1 to 10 in number depending on the grassland area. We also took care to evenly cover grasslands with different exposition and slope in our study to avoid the confounding effect of these factors on the results. Altogether 110 plots were sampled and included in the analyses. In each plot we

recorded the cover of the tree and shrub layers and estimated the percentage cover of all species of the herb layer.

Remnant and recovered grasslands were classified using historical maps. Grasslands were classified as ‘remnant’ if grassland cover occurred on consecutive maps continuously since the time of the Second Military Survey (1863-64). Grasslands which were spontaneously recovered following former use as crop-fields, vineyards or orchards (according to the military maps) were designated as ‘recovered’ grasslands.

We analysed the data using various statistical methods searching connections between the woody encroachment and the age of grasslands, the total species richness and the diversity of dry grassland species. We classified the individual woody cover values to five woody encroachment groups on an ordinal scale, each containing 18-22 plots (woody encroachment groups 1 to 5, where 1 is the lowest and 5 is the highest level of encroachment). In addition, we also recorded plots in grassland patches without any woody cover for reference (5 plots of remnant and 5 plots of recovered grasslands, added as encroachment group 0). For dry-grassland species, in parallel with the international literature, we considered the species of the class *Festuco-Brometea*. The effects of woody encroachment and grassland origin were analysed using two-way Generalized Linear Mixed Models, we assumed normal distribution of dependent variables and used the identity link in SPSS 20.0. In the analyses, ‘woody encroachment’ (ordinal scale) and ‘grassland origin’ (nominal scale) were included as fixed factors with ‘site identity’ as a random factor. We used the following as dependent variables: total richness of the vascular plant species in the herb layer (henceforth referred to as ‘total species richness’), richness of dry-grassland species, Shannon diversity, species evenness and Berger-Parker dominance. To compare vegetation composition of the plots we calculated NMDS ordination with Bray-Curtis similarity using the ‘vegan’ package of R. Plant nomenclature follows Király (2009).

2.2. The canopy-cover buffering for saving herb-layer

Vegetation surveys

We used data from a resurveyed vegetation plot network across deciduous temperate forests in Europe (www.forestreplot.ugent.be). Each of the 2955 plots belongs to one of 56 regions and has been surveyed at two time points, i.e., in the vegetation period during the baseline and resurvey years. The median (range) time interval between the two surveys was 38 (12-66) years, I surveyed and analysed 230 plots in Hungary, which is sufficient to detect directional change in the herbaceous layer. All plots are located in ancient or semi-natural forest (FAO 2015). Between the two surveys, none of the plots have been subject to clearcutting and/or replanting with conifers. All plots were either permanently marked or semipermanent, with known coordinates, and the plot sizes ranged between 25 and 1300 m² in international surveys. In Hungary I used

10m × 10m and 20m × 20m sized plots. The plot size was independent for both change of microclimate and also the thermophilisation and climatic lags.

Macroclimate temperature data

To quantify the rate of macroclimate temperature change between the baseline survey and the resurveys, we obtained monthly mean maximum temperature data during summer (June, July, August). Two sources of interpolated data were used: TerraClimate and Climatic Research Unit (CRU, TS v.4.03) data. For each plot, we calculated the rate of maximum temperature change between the baseline survey and resurvey as the difference between the average summer maximum temperature during the 5 years preceding the baseline survey and the resurvey, divided by the time interval. We tested if the exclusion of the coarser-gridded CRU data (i.e. analysing plot-level changes with complete TerraClimate data coverage only) affected the relationship between micro- and macroclimate change and thermophilisation, and found that it did not: The effect of microclimate change on the thermophilisation remained stronger (scaled slope estimate 0.039, 95th confidence interval (CI): 0.024-0.052, $p < 0.001$) then the respective effect of macroclimate change (scaled slope estimate 0.002, CI: -0.025-0.029, $p = 0.914$).

Microclimate temperature measurements and buffering effect

To representatively sample microclimate in the resurveyed plots we selected 10 regions in each of which we selected 10 plots (100 plots in total) along the regional gradient of canopy cover. In each plot we recorded air temperature every hour for a full year (22 February 2017 to 21 February 2018), using Lascar EasyLog EL-USB-1 temperature logger devices with an accuracy of ± 0.5 °C Celsius. The hourly temperature data were then aggregated to daily maximum temperatures, and retained for the summer months. Maximum temperatures during summer are often considerably lower inside forests than outside, owing to the temperature buffering effect of the trees and shrubs. To quantify the degree to which the canopy cover buffers free-air (macroclimate) maximum temperatures in our 100 plots, we compared our microclimate data to the daily maximum temperatures measured at the weather station that was closest to each plot. The temperature buffering is thus expressed as the microclimate maximum temperature minus the macroclimate maximum temperature. This analysis revealed a positive, non-linear relationship between temperature buffering and canopy cover.

The range-size analysis

We determined the trajectory of species within each study. We classified species present in the baseline survey but absent in the resurvey as extinct. Those present in both surveys were classified as persisting species. Those absent in the baseline survey but present in the resurvey were treated as colonizing species. For each study, we calculated the initial local occupancy of species. This is the number of plots that a species occupied

in the baseline survey, divided by the total number of plots in that survey. Local occupancy approximates local abundance because, empirically these indicators strongly and positively correlate from local to regional scale. Species' range sizes were estimated from the species' point occurrence records in GBIF (gbif.org). In total, c. 100 million geographically referenced records were available for 1165 species in our database. Records were aggregated to a hexagonal grid (ISEA3H) at three spatial grains: 3.6 km², 10.7 km² and 32 km². The number of cells any given species occupies on such grid represents its range size. Range size therefore measures species' area of occupancy (AOO). Results in the main text will be based on range sizes estimated at mid-resolution (10.7 km²).

We quantified the areal nitrogen-deposition using the EMEP-database (<http://www.emep.int>) at a 50 km spatial resolution (Bernhardt-Römermann et al. 2015). First we estimated the cumulative N-deposition between 1900 and the year of baseline survey (N_{t1}), then we quantified between 1900 and the resurvey (N_{t2}). Third we calculated the difference ($N_{t2}-N_{t1}$). We estimated the nutrient available to the herbaceous understory using Ellenberg's indicator values. We used R-statistical package for the analysis.

3. RESULTS

3.1. Effect of woody encroachment in loess-steppe vegetation

Altogether 346 species, including 113 dry-grassland species were found in the herb layer. With the ordination it was found that the species composition of the plots in woody encroachment groups 0 to 3 were very similar, but in groups 4 and 5 the species composition became more heterogeneous. The abundance of 10 dry-grassland species out of the 25 most abundant dry-grassland species were positively correlated with the total species richness, while no negative correlations were detected. In contrast, 12 species out of the same species group correlated negatively with woody encroachment and no positive correlations were detected. In the NMDS ordination all the 25 dry-grassland species were scaled to the point clouds of the 0 to 3 shrub encroachment groups.

Total species richness and the species richness of dry-grassland species were significantly affected by woody encroachment. The richness of dry-grassland species showed a continuous decrease along increasing woody encroachment, with a robust decline at encroachment groups 4 and 5. The total species richness and the richness of dry-grassland species were affected by grassland origin; lower values were found in the recovered grasslands. None of the selected diversity and evenness values were affected by woody encroachment. Grassland origin had significant effect on Shannon diversity, species evenness and Berger-Parker dominance. In recovered grasslands, Shannon diversity and species evenness were lower, and the Berger-Parker dominance was higher than in remnant grasslands.

3.2. Results of the investigation of forests

The canopy-cover buffering for saving herb-layer

In our results the response of forest-understorey vegetation often lags behind macroclimate facilitated global climate change. This phenomenon was caused by the microclimate buffering effect of canopy cover. We found that temporal changes in canopy cover varied greatly across the 56 European regions studied. Microclimate change was more variable than macroclimate change. Macroclimate change was significantly ($p < 0.001$) related to microclimate change, but left 48% of the variation in microclimate warming unexplained. The thermophilisation rate ranged from -1.03 to 1.54, with a mean (\pm SE of mean) of 0.03 ± 0.01 °C per decade that was significantly greater than zero ($p < 0.001$), demonstrating the increased dominance of warm-adapted species. Remarkably, thermophilisation of forest floor vegetation was only linked to microclimate, and not to macroclimate dynamics. Thermophilisation was positively correlated with both micro- and macroclimate change, but the effect of microclimate change on the thermophilisation was stronger. If both micro- and macroclimate change enter in a model, only microclimate change was significant ($p < 0.001$ and $p = 0.124$, respectively).

Results of the range-size analysis of forest-understorey vegetation

Species with smaller ranges became often locally extinct while species with great geographical ranges often expanded their range. The measure of species expansions was a powerful indicator of extinction chance. Local occupancy did strongly depress the probability of extinction, with species of average local occupancy having a 10% chance of going extinct compared to >60% for species of low local occupancy. The range size has a negative effect on species' extinction probability. Increasing cumulative nitrogen-deposition between surveys sharply increased local probabilities of extinction. Species with the smallest ranges became ten times more vulnerable to extinction (from ~2.5% to ~20%) as nitrogen-deposition increased. In contrast, risks of extinction for large-ranged species were much lower and more stable. These range size effects only emerge at sites that experienced higher rates of nitrogen-deposition.

4. CONCLUSIONS

Woody encroachment is considered a serious threat to grassland biodiversity. In our research, the negative effects of woody encroachment on grassland plant biodiversity were detected only at relatively high levels of encroachment (50% < in cover). Other research found that the increase of woody cover is even beneficial for local biodiversity through the creation of greater habitat heterogeneity. We conclude that low to moderate woody encroachment in dry loess grasslands by native shrubs and trees

cannot be simply defined as ‘degradation’ compared to plant diversity loss following land management intensification or incorrect use.

Our results affirm the hypothesis that thermophilisation in forest plant communities is primarily driven by microclimatic changes (Fadrique et al. 2018, Bertrand et al. 2011). This finding provides empirical proofs that mainly microclimate change drives organismal responses to climate change. This phenomenon has often been ignored when using macroclimate data to study biotic responses to climate change.

Air-borne nitrogen deposition across European forests has local replacements of small-ranged, nitrogen-sensitive species by more cosmopolitan, nitrogen-demanding species. Although a balance between colonisations and extinctions thus far has sustained local (site-level) species richness, beta-diversity became lower as a few colonizing species with large ranges replace a more numerous set of widely adapted species. This biotic homogenisation parallels the abiotic homogenisation resulting from chronic nitrogen-deposition across Europe.

5. THE MOST IMPORTANT SCIENTIFIC RESULTS

1. The results indicate that woody encroachment causes a marked decrease in the total species richness of the herb layer of loess grasslands only at high cover of woody species (> 50%) This denotes a relatively high resistance of the species pool of these type of grasslands to moderate levels of woody encroachment.
2. Total species richness and the species richness of dry-grassland species were significantly affected by woody encroachment. The richness of dry-grassland species showed a continuous decrease along an increasing woody encroachment.
3. There were a marked difference detected between the species richness of primary and secondary grasslands: total species richness and the richness of dry-grassland species were also much higher in primary than secondary grasslands.
4. Forest community responses to climate change are most closely related to microclimate, and not macroclimate.
5. Herb layer species with small geographic ranges are being replaced by more widely distributed species able to thrive across a broad set of ecological conditions. These replacements respond to cumulative nitrogen-deposition.

IRODALOM/REFERENCES

- Alexander J. M. et al. (2018): Lags in the response of mountain plant communities to climate change. *Global Change Biology* 24, 563–579.
- Bernhardt-Römermann M. et al. (2015): Drivers of temporal changes in temperate forest plant diversity vary across spatial scales. *Global Change Biology* 21, 3726–3737.
- Bertrand R. et al. (2011): Changes in plant community composition lag behind climate warming in lowland forests. *Nature* 479, 517–520.
- D'Odorico P. et al. (2012): A synthetic review of feedbacks and drivers of shrub encroachment in arid grasslands. *Ecohydrology* 5, 520–530.
- Fadrique B. et al. (2018): Widespread but heterogeneous responses of Andean forests to climate change. *Nature* 564, 207–212.
- FAO (2015): *Global Forest Resources Assessment 2015*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome
- IPCC (2014): *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge
- Király G. (eds.) (2009): Új magyar fűvészkönyv I. Magyarország hajtásos növényei, Határozókulcsok [New Hungarian Herbal I. Vascular Plants of Hungary, Identification Keys, in Hungarian]. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvalő
- Knapp A. K. et al. (2008): Shrub encroachment in North American grasslands: shifts in growth form dominance rapidly alters control of ecosystem carbon inputs. *Global Change Biology* 14, 615–623.
- Wesche K. et al. (2016): The Palaeartic steppe biome: a new synthesis. *Biodiversity & Conservation* 25, 2197–2231.



Registry number: DEENK/99/2021.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Balázs Teleki

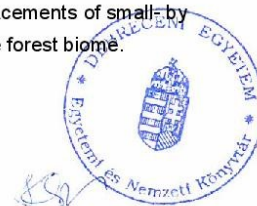
Doctoral School: Pál Juhász-Nagy Doctoral School of Biology and Environmental Sciences

MTMT ID: 10035047

List of publications related to the dissertation

Foreign language scientific articles in international journals (3)

1. Zellweger, F., De Frenne, P., Lenoir, J., Vangansbeke, P., Verheyen, K., Bernhardt-Römermann, M., Baeten, L., Hédli, R., Berki, I., Brunet, J., Van Calster, H., Chudomelová, M., Decocq, G., Dirnböck, T., Durak, T., Heinken, T., Jaroszewicz, B., Kopecký, M., Máliš, F., Macek, M., Malicki, M., Naaf, T., Nagel, T. A., Ortmann-Ajkai, A., Petřík, P., Pielech, R., Reczyńska, K., Schmidt, W., Standovár, T., Świerkosz, K., **Teleki, B.**, Vild, O., Wulf, M., Coomes, D.: Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming.
Science. 368 (6492), 772-775, 2020. ISSN: 0036-8075.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aba6880>
IF: 41.845 (2019)
2. **Teleki, B.**, Sonkoly, J., Erdős, L., Tóthmérész, B., Prommer, M., Török, P.: High resistance of plant biodiversity to moderate native woody encroachment in loess steppe grassland fragments.
Appl. Veg. Sci. 23 (2), 175-184, 2020. ISSN: 1402-2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/avsc.12474>
IF: 2.574 (2019)
3. Staudé, I. R., Waller, D. M., Bernhardt-Römermann, M., Bjorkman, A. D., Brunet, J., De Frenne, P., Hédli, R., Jandt, U., Lenoir, J., Máliš, F., Verheyen, K., Wulf, M., Pereira, H. M., Vangansbeke, P., Ortmann-Ajkai, A., Pielech, R., Berki, I., Chudomelová, M., Decocq, G., Dirnböck, T., Durak, T., Heinken, T., Jaroszewicz, B., Kopecký, M., Macek, M., Malicki, M., Naaf, T., Nagel, T. A., Petřík, P., Reczyńska, K., Schei, F. H., Schmidt, W., Standovár, T., Świerkosz, K., **Teleki, B.**, Van Calster, H., Vild, O., Baeten, L.: Replacements of small- by large-ranged species scale up to diversity loss in Europe's temperate forest biome.
Nat Ecol Evol. 4 (6), 802-808, 2020. EISSN: 2397-334X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-020-1176-8>
IF: 12.543 (2019)





List of other publications

Hungarian abstracts (1)

4. Zólyomi, B., Szmorad, F., Molnár, Z., Molnár, C., Barna, Z., Bauer, N., Biró, M., Csathó, A. I., Csiky, J., Deák, J. Á., Gulyás, G., Jakab, G., Juhász, M., Kevey, B., Király, G., Kun, A., Lendvai, G., Magos, G., Mesterházy, A., Molnár, A., Nagy, J. G., Nagy, J., Schmidt, D., Schmotzer, A., Sramkó, G., Szigetvári, C., **Teleki, B.**, Timár, G., Tóth, I. Z., Vojtkó, A.: Magyarország természetes vegetációja: Zólyomi Bálint térképének megújítása Natural vegetation of Hungary: an updated version of Zólyomi map.

In: XI. Aktuális flóra- és vegetációkutatás a Kárpát-medencében : nemzetközi konferencia = "Advances in research on the flora and vegetation of the Carpato-Pannonian region", Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, 37-38, 2016. ISBN: 9789639877252

Total IF of journals (all publications): 56,962

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 56,962

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

16 March, 2021

