



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Biológiai tudományi Doktori Iskola

**Búvósávok hagyása és legeltetés-kizárás, mint
természetvédelmi kezelések hatása ízeltlábúakra**

Doktori értekezés tézisei (PhD)

Fulton Kitti

Gödöllő

2025

A doktori iskola

megnevezése: **MATE Biológiatudományi Doktori Iskola**

tudományága: Biológia tudományok

vezetője: **Dr. Nagy Zoltán**
egyetemi tanár, DSc
MATE, Növénytermesztési-tudományok Intézet

Témavezető: **Dr. Gallé Róbert Gábor**
tudományos főmunkatárs
HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont
Ökológiai és Botanikai Intézet
Lendület Táj-, és Természetvédelmi Kutatócsoport

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

ELŐZMÉNYEK ÉS CÉLKITŰZÉSEK

Az extenzíven kezelt gyepek a legdiverzebb mezőgazdasági élőhelyek. A gyepterkezelés (legeltetés vagy kaszálás) intenzívvé válásával a biodiverzitás jellemzően csökken. Annak hiánya viszont hozzájárul az avar felhalmozódáshoz és a gyepek cserjésedéséhez, ami összességében leromlásukhoz, természeti értékük csökkenéséhez vezet. Mindét típusú kezelés a direkt mortalitás, a táplálék elérhetőségének csökkenése, és a bűvőhelyek megszűnése tekintetében is érinti az ízeltlábúakat, azonban a kezelés annak intenzitásától, az élőhely adottságaitól, a vizsgált taxontól függően eltérő hatással lehet a fajok diverzitására és abundanciájára. Az ízeltlábúak különféle legeltetési rendszerekre adott válaszai nehezen prediktálhatók. Emellett, a kaszálatlanul hagyott bűvósávok, bár egyre inkább elterjedt gyakorlattá válik, és ma már kulcsfontosságú eleme az európai agrár-környezetvédelmi programoknak, természetvédelmi hatékonyságukat keveset vizsgálták. Céлом e tudáshiányok pótlása volt, egyrészt az elérhető szakirodalom szintézisével, amely során értékeltam a bűvósávok hagyásának gyakorlatát és hatásait globális szinten, másrészt terepi kísérletek segítségével, ahol ezen bűvósávok különböző elrendezésének az ízeltlábúakra gyakorolt hatását, valamint a legeltetés-kizárás ízeltlábúakra gyakorolt hatását vizsgáltam különböző vegetációtípusokon.

Az első fejezetben fő céлом volt a kaszálók fajgazdag ízeltlábú közösségeinek bűvósávokkal való megőrzésének szisztematikus áttekintése.

Az áttekintéshez a következő kérdéseket vizsgáltuk:

- (1) Képes-e minden mintavételi elrendezés kimutatni a bűvósávok ökológiai hatékonyságát?
- (2) Befolyásolja-e a hatékonyságát a hagyás alakja?
- (3) A gyepek mekkora arányának kaszálatlanul hagyása képes jól megőrizni az ízeltlábú közösségeket?
- (4) Azonos választ adnak-e a különböző ízeltlábú csoportok a bűvósávok alkalmazására?

Második vizsgálatomban a kaszálás során meghagyott bűvósávok ízeltlábú megőrző képességét teszteltük. Kevés kutatás vizsgálta eddig az ízeltlábúak diverzitását a bűvósávokban a mellettük lévő kaszált területhez viszonyítva. Továbbá, nem tudunk egy olyan vizsgálatról sem, amiben a bűvósávok különböző elrendezésének (szélességének és arányának) hatását hasonlították volna össze. Ezért, úgy alakítottuk ki a terepi vizsgálatunkat, hogy lehetőségünk legyen a bűvósávok méretének és mennyiségének a helyi ízeltlábú közösségek abundanciájára és gazdagságára gyakorolt hatását tesztelni. Összehasonlítottuk a keskeny (3 m) és a széles (9 m) bűvósávok hatását, valamint az alacsony arányban (10%) és a nagy arányban (25%) alkalmazott bűvósávok ízeltlábú megőrzésben gyakorolt hatását. Vizsgálatunkat nagy kiterjedésű, védett, féltermészetes gyepeken végeztük, a Dél-alföldi Csanádi pusztákon.

A hipotéziseink a következők voltak:

- (1) a bűvósávokban több ízeltlábú egyedet és fajt találunk, mint a kaszált területeken,
- (2) a keskeny bűvósávokban több egyedet találunk, mint a széles sávokban, mert a szomszédos kaszált területekéről átáramlanak az állatok és a keskenyebb sávban nagyobb mértékben koncentrálnak (Tscharntke et al., 2012; Gallé et al., 2018);
- (3) a bűvósávokban magasabb az egyedszám, ha a bűvósávok aránya nagyobb az adott területen, mert a nagyobb kiterjedésű érintetlen vegetáció nagyobb hatékonysággal tudja megőrizni az ízeltlábú faunát,
- (4) a fent említett tényezők hatása erősebb a növényzeten mozgó állatok esetén, mint a talajon mozgók esetén, mivel az előbbiek nagyobb mértékben függenek a vegetációtól.

A dolgozat harmadik részében a legeltetés, valamint a különböző vegetációtípusok ízeltlábú közösségekre gyakorolt hatását vizsgáltuk, a fajsza-
m, abundancia és közösség szerkezet tekintetében. Azt feltételeztük, hogy a kis produktivitású ürmöspusztá esetén a legeltetés-kizárás növelheti az ízeltlábú

fajgazdagságot és egyedszámot a szikes réttel (nagy produktivitású növényzet) szemben, ahol egy alacsony intenzitású legeltetés akár pozitív hatással is lehet az ízeltlábú diverzitásra.

A kiválasztott ízeltlábú csoportok, úgymint pókok, futóbogarak, kabócák, és funkcionális jellegeik, mint testméret, táplálkozás, és nedvességpreferencia figyelembevételével a következő hipotéziseket teszteltük:

- (1) a kezelés, azaz a legeltetés és a legeltetés kizárása, erősebben befolyásolja a kabócákat, amelyek elsősorban a növényzeten mozgó és herbivór csoport, mint a pókokat és futóbogarakat, amelyek elsősorban ragadozók és jelentős részben a talajon aktívak;
- (2) a magasabb növényzet a legeltetés alól kizárt területeken a közösség szerkezetét a hidrofil fajok felé mozdítja, mivel magas növényzet nedvesebb mikroklímát tart meg,
- (3) továbbá, a legeltetés hiánya a közösség szerkezetét a nagy testmérettel rendelkező fajok felé mozdítja, mivel a nagyobb testű fajok általában érzékenyebbek a zavarásokra.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Szakirodalmi keresés és értékelése

A Web of Science tudományos adatbázisban futtatunk le keresést a 2024. január 11-ig publikált cikkek között. További, még a keresés napjáig nem publikált, vizsgálatokat is bevontunk, saját kutatásunkból. A keresőszavakat a PICO (Population, Intervention, Comparator, Outcome) megközelítés szerint határoztuk meg, az összes potenciálisan releváns cikk felkutatása érdekében. Vizsgálatunk tárgyának a gyepeken élő ízeltlábúakat választottuk, beavatkozásnak a kaszálatlanul hagyott búvósávokat, kontrollnak a kaszált területeket, eredményként pedig abundancia és diverzitást adatokat vártunk. Ennek megfelelően a keresőszavak a következőképpen alakultak: "beetle*", "carabid*", "orthoptera*", "leaf hopper*", "leafhopper*", "grasshopper*", "arthropod*",

insect*, invertebrate*, spider*, bee, bees, bumblebee*, and butterfly*” mint taxon, “unmow*, mow*, uncut, cut, refuge” mint beavatkozás és “biodiversity, diversity, “species number”, “species richness”, abundance, density” mint várt adatok. A “*” karaktert csonkolási szimbólumként használtuk, hogy lehetővé tegyük a keresési kifejezések különböző végződéseit. Az így lefolytatott keresés összesen 2465 tanulmányt eredményezett. Először cím és absztrakt alapján történő szűréssel, majd a teljes szöveg átvizsgálása alapján döntöttem el, hogy az egyes tanulmányok beleesnek-e a kutatási feltételeinkbe, melyek a következők voltak: (i) a vizsgálat tárgya egy vagy több ízeltlábú csoport, (ii) a mintavételi hely valamilyen gyeperő (szántókon megtartott hagyássávok kívül ezek vizsgálatunkon), (iii) a beavatkozás kaszálás alól meghagyott növényzet legyen, meghagyva legalább őszig (tehát ne csak késleltetett kaszálás hatását vizsgálják). A szűrés végeredményeként 22 tanulmányt kaptunk összesen.

Ezért, kvalitatív értékelés során összegeztük a talált eredményeket és azonosítottuk az ismereti hiányosságokat (knowledge gap). Az összehasonlító vizsgálatunk számszerűsítése érdekében, kinyertük a tanulmányokból az elérhető adatokat és kiszámítottuk a bűvósávok okozta relatív változásokat.

A bűvósávok területén mért válaszváltozók kaszált kontrollhoz viszonyított relatív változását az alábbi módon számítottuk ki:

$$\text{relatív változás (\%)} = [(\text{bűvósáv} - \text{kaszált})/\text{kaszált}] \times 100$$

Litt et al. (2014) módszerét követve.

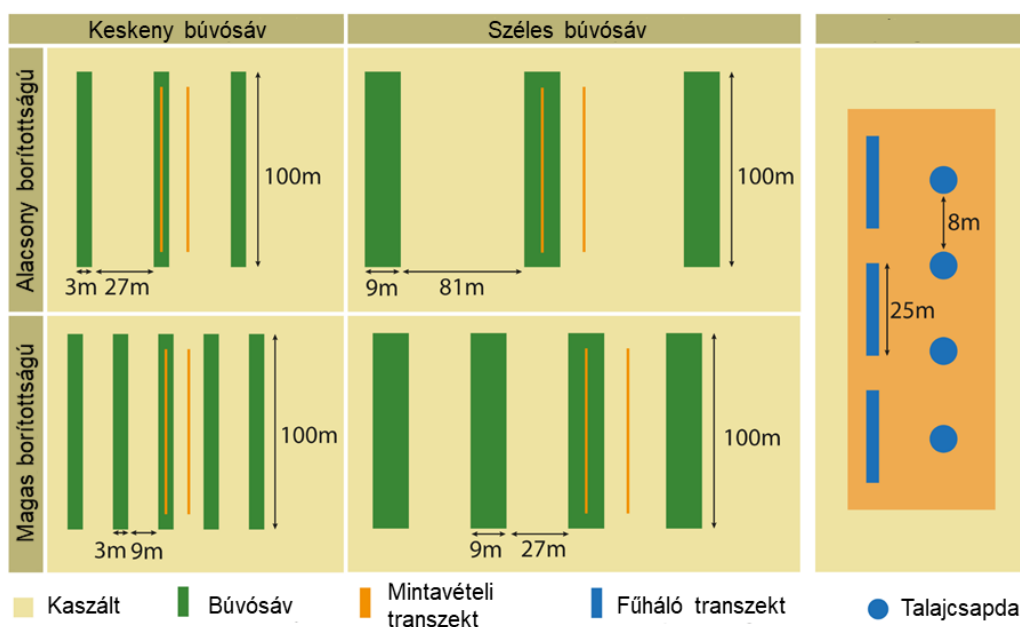
Az abszolút 5% alatti relatív változás értékeket semleges válaszoknak tekintettük.

Terepi vizsgálatok mintavételi helye és elrendezése

Az Alföld déli részén, a Csanádi-puszták területén alakítottuk ki a vizsgálataink mintavételi helyeit. A Csanádi-puszták 4057 hektáros területe három részre osztható, a Királyhegyesi-pusztára, a Montág-pusztára és a Kopáncsi-pusztákra. A területet a Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatósága tartja fenn a hazai agrár-környezetvédelmi programoknak megfelelően, főként kis intenzitású legeltetéssel

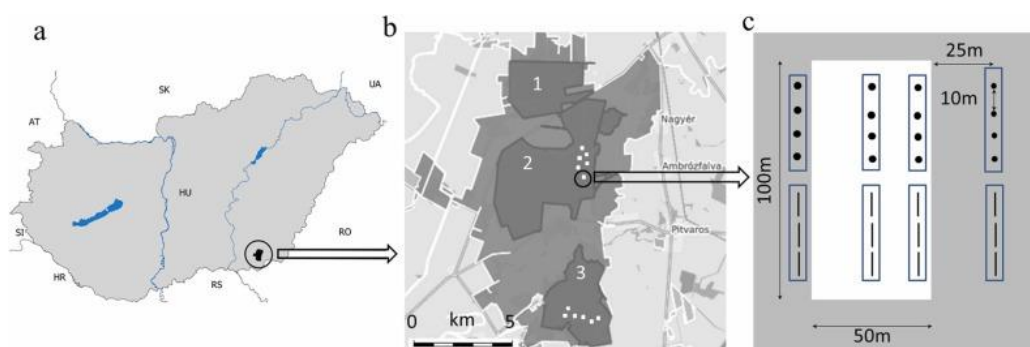
vagy évi egyszeri kaszálással. A vizsgálatunkban szereplő két élőhelytípus az ürmös puszta, melyet rövidfűvű gyeper, *Artemisia santonicum* és *Festuca pseudovina* dominanciája jellemez és a Csanádi-puszták 26,5%-át teszi ki, és a szikes rét, mely állományalkotó faja az *Alopecurus pratensis* és 22,1%-a a teljes védett területnek.

A búvásós vizsgálatához a különböző kezeléstípusokat random-blokkos elrendezésben alakítottuk ki. A kaszálás során 3 méter (keskeny) és 9 méter (széles) szélességű, 100 m hosszú kaszálatlan sávokat hagytunk. A kaszálatlan sávok az egymástól való távolságuktól függően a terület 10%-át (27 és 81 méter távolságra egymástól) vagy 25%-át (9 és 28 méter) fedték le. Mintavételezést végeztünk a búvásósávokban és a mellettük található kaszált sávokban, 5 m távolságra a búvásósávoktól (1. ábra).



1. ábra. A búvásós kezelés négy féle elrendezése 1) alacsony arányú – keskeny sávokkal 2) alacsony arányú – széles sávokkal, 3) magas arányú – keskeny sávokkal, 4) magas arányú – széles sávokkal, és a mintavételi elrendezés egy mintavételi transzекten belül.

A legeltetés-kizárásos vizsgálatunkhoz, még a legeltetési szezon kezdete előtt, 2018 tavaszán, összesen tizenkettő 50×100 m-es területet kerítettünk el, egymástól minimum 100 m távolságra. Hatot a Királyhegyesi pusztán, hatot a Montág-pusztán (2.b ábra), és mindkét pusztán 3-3 ürmöspusztá és szikes rét vegetációval. Egy elzárt területet és a hozzá tartozó kontrol legelt területet együtt tekintettünk egy mintavételi helynek (N=12). Az egy hónapos legeltetési időszak lezárása után minden mintavételi helyszínen négy ponton végeztünk ízeltlábú mintavételt: az elkerített és a legeltetett részen egyaránt, a kerítéshez közelebbi és távolabbi pontokon (2.c ábra).



2. ábra. A legeltetés-kizárásos mintavételi helyek és elrendezése. a) A Csanádi-puszták elhelyezkedése Magyarországon, b) A mintavételi helyek a Csanádi-pusztákban belül, c) A mintavételi elrendezés egy mintavételi helyen. A fehér négyzet a legeltetés alól kizárt területet, a szürke terület a legeltetett gyepet jelöli. Mintavételi transzektek kettesével helyezkednek el a legeltetett-szegély, nem legeltetett-belső, nem legeltetett-szegély és legeltetett-belső pozíciókban. A fekete pontok jelölik a transzektenként elhelyezett négy talajcsapdát, a fekete vonalak pedig a transzektenként végzett három fűhálós mintavételt.

Mintavételi módszerek

A levegőhőmérsékletet és a páratartalmat a bűvósávokban és a mellettük lévő kaszált területeken mértük. A mérésekhez Optin ADL (TH3-32) adatgyűjtő eszközöket helyeztünk ki 2021. július 16-26 (Kopáncsi pusztá) és július 27 – augusztus 6 (Montág pusztá) időszakokban. A műszer 20 percenként rögzítette az adatokat. A talaj nedvességtartalmát Field Scout TDR 350 műszerrel mértük (felbontás: 0,1 V/V% víz) a talaj felső 12 cm-ében. Minden mintavételi helyen 10

véletlenszerű ponton végeztünk mérést, melyeket mintavételi helyenként átlagoltunk.

A mintavétel során, a növényzeten mozgó ízeltlábúakat sztandard méretű, 40 cm átmérőjű, fűhálóval gyűjtöttük. A fűhálózást 25 m hosszú transzektekben végeztük, transzektenként 25 csapással. A mintavételt a kaszálás után 16-18 nappal végeztük, elkerülve ezzel, hogy a kaszálás folyamata során okozott zavarás közvetlen hatását mérjük. A mintavétel során összesen 3 minta transzektenként $\times 2$ kezelés típus (kaszált és nem kaszált) $\times 2$ búvósáv szélesség (keskeny: 3 m és széles: 9m) $\times 2$ búvósáv arány (10% és 25%) $\times 6$ ismétlés = 144 mintát gyűjtöttünk. A begyűjtött anyagot műanyag tasakokba helyeztük, 70:30 arányú vizes alkohol oldatba.

A talajon mozgó ízeltlábúakat 9,5 cm átmérőjű, műanyag poharakból készült talajcsapdákkal gyűjtöttük. A csapdába 50:50 arányú etilén-glikol oldatot töltöttünk, amihez pár csepp detergenst adtunk a felületi feszültség csökkentésére. A gerinces állatok védelme érdekében egy műanyag tölcseért helyeztünk a pohár szájára, ezzel szűkítve a csapda nyílását az ízeltlábúak testméretére. A földbe süllyesztett csapda fölé egy műanyag tetőt helyeztünk, hogy elkerüljük a tartósító folyadék felhígulását a csapadék miatt. A mintavétel során összesen 4 csapda transzektenként $\times 2$ kezelés típus (kaszált és nem kaszált) $\times 2$ búvósáv szélesség (keskeny: 3 m és széles: 9m) $\times 2$ búvósáv arány (10% és 25%) $\times 6$ ismétlés = 192 mintát gyűjtöttünk. A talajcsapdákat 16-18 nappal a kaszálás után helyeztük ki és 10 napig működtek.

A talajcsapda- és fűhálómintákat rendszertani csoportok szerint válogattuk, majd az egyedeket fajszintig azonosítottunk.

Adatelemzés

A számításokhoz az R statisztikai szoftvert használtuk. A mikroklíma viszonyok (napi minimum (13,72 - 20,08°C) és maximum (37,03 - 49,64°C) hőmérséklet, átlagos páratartalom (48,09 - 73,95%)) és a kezelés közötti kapcsolat feltárásához

lineáris kevert modelleket használtunk, ahol fix hatásként a kezelést, tehát a bűvósáv és a kaszált területek közötti különbség szerepelt, normál eloszlású hibataggal.

A bűvósávos vizsgálatnál, a kezelésnek, a bűvósávok szélességének és arányának a vizsgált taxonok (egyenesszárnnyúak, poloskák, növényzeten mozgó pókok, futóbogarak és talajon mozgó pókok) egyedszámára és fajszámára gyakorolt hatását általánosított lineáris kevert modellekkel (Generalized linear mixed model, GLMM) elemeztük. Mind a fűhálóval, mind a talajcsapdával gyűjtött adatokat transzektenként összevontuk. Az ízeltlábúak fajgazdagságának modellezéséhez Poisson-hibatagot használtunk. Az egyedszám adatoknál túlszoródást észleltünk, ezért negatív binomiális hibataggal futattuk a modelleket. Fix hatásként használtuk (1) a bűvósávok arányát (10% és 25%), (2) a bűvósávok szélességét (keskeny és széles), (3) a kezelési módot (bűvósáv és kaszált) és ezek kölcsönhatásait, valamint a „gyep” (Kopáncsi vagy Montág) és az „év” (2020 vagy 2021) értékeket. A mintavételi blokk és a bűvósáv szélesség-arány kombinációját a blokkba ágyazva random faktorként adtuk meg, figyelembe véve a minták térbeli és időbeli egymástól való függését.

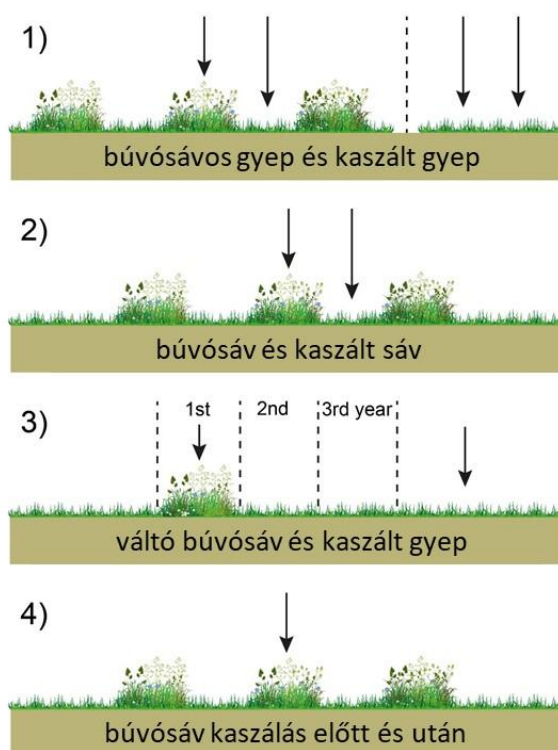
A legeltetés-kizárásos vizsgálatnál a fajokat a testméretük, nedvesség preferenciájuk és trofikus viselkedésük alapján jellemeztük. A testméret megadásához a faj mm-ben megadott átlagos testhosszát használtuk. A nedvesség preferenciát 3 vagy 5 kategóriára osztottuk (a xerofiltól a hidrofilig). Az állatok táplálkozását állatcsoportonként különböző módon kategorizáltuk. A trait-élőhely kölcsönhatások feltárásához közösségi súlyozású átlagolást (CWM) használtunk. A CWM trait értékeket az R program FD csomagjával számítottuk ki. A legeltetett vagy a legeltetés alól kizárt réthez vagy sztyepphez kötődő fajokat azonosítását indikátorfaj elemzéssel végeztük. Fix hatásként az élőhelytípust (szikes rét vagy ürmöspuszt), a kezelést (legelt vagy legeltetés alól kizárt) és ezek interakcióját vettük. Az R indicspecies csomagjának *multipatt* funkcióját használtuk. Az ízeltlábú közösségek különbségeinek elemzéséhez kevert lineáris modelleket

(LMM) és általánosított kevert lináris modelleket (GLMM) használtunk, az lme4 R csomagból. Poisson hibaeloszlású modellt használtunk (*glmer*), túlszóródás esetén pedig negatív binomiális modellt *glmer.nb* funkcióval.

EREDMÉNYEK

Búvósávok hatékonyságának irodalmi áttekintése

A kutatások mind Európában zajlottak, 6 országban, ezzel ismeretbeli hiányosságot hagyva más földrajzi régiókról. A legtöbb kutatást Svájcban végezték (11 tanulmány), majd Csehországban (4), Németországban (3), Magyarországon (2), Belgiumban (1), és az Egyesült Királyságban (1). A vizsgálatok különböző mintavételi elrendezéssel zajlottak: (1) mintavétel a búvósávval kezelt gyepen (búvósávon belül és kívül vegyesen) és a teljesen kaszált kontrol gyepen, (2) mintavétel a búvósávban és a közvetlen mellette lévő kaszált sávban, (3) mintavétel a rotációban meghagyott búvósávokban és a közvetlen mellette található kaszált sávban, (4) mintavétel kizárólag a búvósávban (kaszálás előtt és után) (3. ábra). A kaszálatlanul hagyott terület nagysága 2-től 2000 m²-ig terjedt, de számos esetben nem volt ismert. A kaszálatlanul hagyott menedék alakja is eltért, jellemzően sávok, blokkok vagy körök formájában hagyták meg a növényzetet. A teljes mintavételi területhez viszonyított kaszálatlan területek aránya 3 és 50% között volt, amiből a tanulmányok többsége (55%-a) a 10 és 25% közötti tartományba esett. A vizsgált tanulmányok számos ízeltlábú csoportot vizsgáltak, köztük az egyenesszárnyúak (12), pókok (9), bogarak (7), nappali lepkék (6), méhek (5), és más, kevésbé kutatott taxonok.



3. ábra. A tanulmányok 4 jellemző mintavételi elrendezése.

A 22 tanulmányból összesen 66 adatsort gyűjtöttünk össze, amelyek ízeltlábúak abundancia, diverzitás vagy mindkettő adatait tartalmazták. A 65 abundancia adatsorból 69% mutatott növekedést a búvósávokban a kontrollhoz képest, míg csak 25% csökkenést, 6% semleges válasz mellett. Diverzitás eredményeket csak 42 megfigyelésben találtunk, az abundanciához hasonló arányokkal: az ízeltlábúak 64%-ának diverzitása növekedett a búvósávokban a kontrollhoz képest, 26%-a csökkent, 10% pedig nem mutatott érdemleges változást.

Búvávok hatékonyságának terepi vizsgálata

Mikroklíma

A búvósávokban és a mellettük lévő kaszált sávokban eltérő mikroklimatikus körülményeket találtunk: a minimum, maximum hőmérséklet és az átlagos páratartalom is mind magasabb volt a búvósávokban.

Növényzeten mozgó ízeltlábúak

Összesen 947 egyenesszárnýú egyedet gyűjtöttünk 22 fajból, 1558 poloska egyedet 34 fajból és 4558 növényzeten mozgó pók egyedet 27 fajból, fűhálózással. Magasabb fajgazdagságot találtunk a bűvósávokban, mint a kaszált területen, minden vegetációhoz kötődő taxon esetében, tehát, egyenesszárnýúak, poloskák és növényzeten mozgó pókok esetén. Valamint, magasabb egyedszámot találtunk a bűvósávokban a kaszált területhez képest a poloskák és a növényzeten mozgó pókok esetén.

A keskeny és széles sáv közötti különbség egyenesszárnýúak abundanciájára gyakorolt hatása erőteljesebb volt akkor, amikor a bűvósávok a terület 10%-át fedték le, ahhoz képest, mint amikor annak 25%-át. A kaszált területeken a poloskák abundanciája magasabb volt keskeny sávok esetén, mint széles sávok használatakor.

Talajon mozgó ízeltlábúak

Talajcspadával összesen 1094 futóbogarat gyűjtöttünk, 36 fajból és 2437 talajon mozgó pók egyedet, 47 fajból. A futóbogarak esetén magasabb fajszaóot találtunk a bűvósávokban, mint a kaszált területeken. A bűvósávok szélessége és aránya interakcós hatással volt a futóbogarak fajszaóára és a talajon mozgó pókok abundanciájára: több fajt, illetve több egyedet találtunk a széles sávokban, 10%-os arány esetén, valamint a keskeny sávokban, amikor az arány 25% volt.

Legeltetés-kizárás ízeltlábúakra gyakorolt hatásának terepi vizsgálata

Futóbogarak

Összesen 4241 egyedet gyűjtöttünk 59 futóbogár fajból. A szikes rét vegetáción a leggyakoribb fajok a *Brachinus elegans*, *Agonum viridicupreum*, és a *Brachinus psophia* voltak, 21.1%, 15.4%, és 13.2%, előfordulással. Több fajt és egyedet találtunk szikes réten, mint ürmöspusztán. A futóbogarak közösségi szerkezete az ürmöspusztán a xerofil fajok felé tolódott a szikes réthez képest. A legelt és elkerített területek között szignifikáns különbséget találtunk a futóbogarak

nedvesség preferenciájában, kimutatva ezzel a legeltetés kizárás hatását. A vegetáció típus befolyásolta ezt a hatást: a futóbogarak közösség szerkezete a hidrofil fajok felé tolódott az elkerített szikes réten, de az elkerített ürmöspusztán nem.

Pókok

Összesen 4874 kifejlett egyedét gyűjtöttünk 80 pókfajból. A leggyakoribb fajok az *Aulonia albimana* (30.0%), *Trochosa robusta* (16.3%), és a *Metopobactrus deserticola* (9.0%) voltak, mindkét vegetáció típusban. A pókok fajgazdagsága és abundanciája is szignifikánsan magasabb volt a szikes réten, és a CWM értékek alapján főleg hidrofil pókok jellemezték a közösség szerkezetet. A futóbogaraknál talált eredményekhez hasonlóan, a nedvesség preferencia CWM értékeit a pókoknál is befolyásolta a legeltetés, valamint a kezelés és vegetáció típus interakciós hatása. A pókok közösség szerkezete a hidrofil fajok felé tolódott a legeltetés alól kizárt szikes réteken, de a legeltetés alól kizárt ürmöspusztákon nem.

Kabócák

A kabócáknak 4603 egyedét gyűjtöttük 54 fajból. A legabundánsabb faj a *Laburris handlirschi* (26.3%), xerofil faj, mely kizárólag ürömfajokon táplálkozik, az ürmöspusztához kötődött. Szignifikáns különbségeket találtunk a kabócák abundanciájában, a nedvesség preferencia CWM értékeiben és a táplálkozási preferencia CWM értékeiben a szikes rét és az ürmöspusztá között. A közösség szerkezet az ürmöspusztá esetében a xerofil fajok és a specialista herbivór fajok felé tolódott, a szikes réthez képest. A kezelés szignifikáns hatással volt a kabócák abundanciájára, a vegetációtípus függvényében: az ürmöspusztá esetében magasabb volt az abundancia a nem-legelt területeken, mint ahol legeltetés folyt, míg a szikes rét esetében magasabb volt a legelt, mint a legeltetés elől elzárt területeken. A kabócák nedvesség preferencia CWM értékeiben és táplálkozási preferencia CWM értékeiben is szignifikáns különbséget találtunk a legelt és nem-legelt területek között. A legeltetés alól kizárt területek esetében a

közösségszerkezet a kevésbé specialista herbivór fajok felé tolódott, a vegetációtípustól függetlenül. A kezelés és a vegetációtípus interakciós hatása a kabócák közösségszerkezete a hidrofíl fajok felé tolta el a legeltetés alól kizárt szikes rét esetében, míg a legeltetés alól kizárt ürmöspusztán nem.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Búvósávok hatékonyságának irodalmi áttekintése

Egyre több kutatás igazolja, hogy a kaszálatlan búvóhelyek kedvező hatással vannak a gyepek ízeltlábú közösségeire, növelve egyedszámukat és fajgazdagságukat. Ez az egyszerű kezelési mód fontos szerepet játszhat az extenzív gyepek magas természeti értékű biodiverzitásának fenntartásában, miközben könnyen beilleszthető a meglévő agrár-környezetvédelmi programokba. Az optimális kezelési gyakorlatok kidolgozásához azonban további kutatásokra van szükség, amelyek nemcsak a kaszálatlan búvóhelyek lokális és rövid távú hatásait vizsgálják, hanem azok hosszabb távú, táji léptékű hatékonyságát is, valamint azokat az alapvető tényezőket, amelyek befolyásolják ezen hatásokat.

A vizsgálati típusok összehasonlítása

A négy vizsgálati típus közül az 1-es típus az, amely a leginkább megbízhatóan értékelheti a kaszálatlan búvóhelyek ökológiai hatékonyságát az ízeltlábúak védelmében. Emellett a többi vizsgálati típus eredményei rövid távú és lokális koncentrációs hatásokat tükrözhetnek, amint azt korábbi tanulmányok is mutatják.

A búvóhelyek alakjainak összehasonlítása

A kaszálatlan búvóhelyek bármilyen alakban elősegíthetik a gyepi ízeltlábúak fennmaradását, azonban azok a geometriai formák, amelyek növelik a szegélyek arányát, kedvezőbbek lehetnek az ízeltlábúak számára, mivel megkönnyítik a búvóhelyek elérését a gyepon belül. Ezért a javasoljuk a kaszálatlan területeket minél inkább hosszúkás, sávos formában meghagyni, amellyel elérhető a lehető

legnagyobb szegély-terület arány és a kivitelezése is praktikus a gyepet kezelő szakemberek számára.

A bűvőhelyek arányainak összehasonlítása

A kaszálatlan területek aránya jelentősen eltért az egyes tanulmányok között, és egyenlőtlenül oszlott el. Az, hogy egy gazdálkodónak az AKP-k keretében mekkora arányban kell kaszálatlan területeket hagynia, országspecifikus szabályozásoktól és az adott programtól függ. A követelmények jellemzően 10% körül mozognak.

A vizsgált taxonok összehasonlítása

Az ízeltlábúak többsége pozitívan reagált a kaszálatlan bűvőhelyek jelenlétére. A pozitív hatás erősebb lehet a herbivór taxonok esetében, mint a ragadozóknál, mivel ők nemcsak élőhelyként, hanem táplálékforrásként is támaszkodnak a meghagyott növényzetre. A trait-alapú elemzések alapján a kaszálatlan bűvőhelyek eltérően hatottak a talajon mozgó és a növényzeten élő ízeltlábúakra mind az 1-es típusú, mind a 2-es típusú tanulmányokban, és a növényzeten élő fajok számára kedveztek. Tekintettel arra, hogy érzékenyek a gyepek kezelésének változásaira, elengedhetetlen a poloskák, kabócák és más alulreprezentált herbivórok kaszálásra adott válaszainak részletesebb vizsgálata a kaszálatlan bűvőhelyek hatásainak jobb megértése érdekében.

További kutatási irányok a tudásbeli hiányosságok felszámolására

A meglévő szakirodalom alapján megállapíthatjuk, hogy a kaszálókon meghagyott bűvőhelyek támogatják az ízeltlábú-populációkat mind a kaszálás alatt és után, mind hosszú távon, az évek során fokozatosan növelve az ott élő állományokat. A rendelkezésre álló adatok mennyisége csekély, különösen bizonyos földrajzi régiók és egyes gyepi ízeltlábú taxonok tekintetében hiányos. A bűvőhelyek mikroklimatikus viszonyainak tisztázása alapvető fontosságú annak megértéséhez, hogy milyen abiotikus tényezők állhatnak egyes taxonok biodiverzitási mintázatai mögött (például egyenesszárnnyúak esetében).

A kaszálás időzítése és az azt követő szénabetakarítási lépések szintén befolyásolhatják a kaszálatlan bűvőhelyek ökológiai hatékonyságát.

Kulcsfontosságú, hogy meghatározzuk, hogy milyen módon alkalmazzuk a kaszálókon a bűvőhelyeket, mivel hatásuk számos tényezőtől függhet (például elhelyezkedés, arány, alak vagy a céltaxon).

Bűvósávok hatékonyságának terepi vizsgálata

Vegetációban élő ízeltlábúak

A vegetáció közvetlen hatása (táplálék és menedék) mellett a növényzet által alakított nedvességi viszonyok és páratartalom is jelentős szerepet játszanak az egyenesszárnyúak diverzitási mintázatának alakulásában. A bűvósávokban a páratartalom magasabb volt, mint a kaszált területeken, így a sűrű növényzet megfelelő peterakó helyet biztosított, és valószínűleg növelte az egyenesszárnyúak túlélési és fejlődési esélyeit.

A poloskák érzékenyek a gyepkezelési módok változásaira, és pozitívan reagálnak az extenzíven kezelt gyepek magasabb növényzetére. A csökkent növényi biomassza közvetlenül csökkentheti populációméretüket.

Bár a pókok nem függenek a növényzettől, mint táplálékforrás, de a vegetációban élő pókok a növényzet teljes háromdimenziós térszerkezetét kihasználják hálópépítéshez, zsákmányszerzéshez és bűvőhelyül. A növényzet szerkezete az egyik legfontosabb tényező, amely a ragadozók fajgazdagságát növelheti. Ezért a gyepi vegetáció eltávolítása különösen negatív hatással van a vegetációban élő pókokra.

Talajon mozgó ízeltlábúak

A talajon mozgó pókok számára nem jelentett előnyt a bűvósáv, mivel mérsékelten érinti őket a gyepkezelés. Számos talajon mozgó pók, például a Gnaphosidae család fajai, éjszakai életmódot folytat, így kevésbé befolyásolja őket a bűvósávok és a kaszált területek közötti nappali mikroklimatikus különbségek, a nappal aktív fajokhoz képest. Továbbá, a begyűjtött pókfajok

közül sok xerofil faj volt, amelyeknek kevésbé kedvez a bűvósávok nedvesebb mikroklímája.

A kaszálókon előforduló futóbogarak többsége a magasabb növényzetet részesíti előnyben, néhány kivételtől eltekintve, mint például a gyakran zavart, akár szántott környezetet is toleráló fajok vagy egyes specialista fajok. A futóbogarak érzékenyek a mikroklimatikus tényezőkre, például a páratartalomra és a hőmérsékletre. Ennek köszönhetően, a kaszálás által okozott változások miatt sok faj a kaszált területek száraz mikroélőhelyeiről a nedvesebb bűvósávokba vándorolt.

A vegetációban élő és a talajon mozgó ízeltlábúak összehasonlítása

A bűvósávok hatása jelentősebb volt a vegetációban élő ízeltlábúakra, mint a talajon mozgó fajokra. A vegetációhoz kötődő egyenesszárnnyúak és poloskák érzékenyen reagálnak a kaszálásra, mivel mind a lárvák, mind az imágók elsősorban a lágyszárú növényzetet fogyasztják. A futóbogarak és pókok esetében inkább a rendelkezésre álló táplálék mennyisége és a nedvességi viszonyok jelenthetnek meghatározó tényezőt, mint sem a növényzet magassága és borítása.

Következtetések és természetvédelmi vonatkozások

Az agrár-környezetgazdálkodási programok törekszenek fajgazdag gyepterületek fenntartására bűvósávok meghagyásával. A túlélési esélyek növelése mellett a bűvósávok további előnye, hogy segítik az ízeltlábúak későbbi visszatelepülését a kaszált területekre is. A különböző szélességű és arányú bűvósávok hatásait vizsgálva bebizonyosodott, hogy a vágatlan területek eltérő elrendezésekben is előnyösek lehetnek a gyepi ízeltlábúak számára. Még a viszonylag keskeny (3 méteres) és alacsony arányú (10%-os) bűvósávok is elegendőek lehetnek a kaszálás egyenletes végrehajtásából adódó kedvezőtlen hatások részleges mérséklésére. Az élőhelykezelési gyakorlatok és a gazdálkodói szempontok figyelembevételével azonban az alacsony arány (10%) és széles sávok, illetve a magasabb arány (25%) és keskenyebb sávok tűnnek a leghatékonyabb kombinációnak az ízeltlábúak számára. Az első változat (10% és széles sávok)

könnyebben kivitelezhető és így valószínűleg jobban elfogadható a gazdálkodók számára, mivel a kaszálógéppel egyszerűbb széles vágatlan sávokat meghagyni, mint aprólékosan kialakított mintázatokat. Emellett gazdaságilag is kedvezőbb, hiszen a gazdálkodónak csupán a termés 10%-át kell meghagynia.

Legeltetés-kizárás ízeltlábúakra gyakorolt hatásának terepi vizsgálata

A vegetációtípusok meghatározzák az ízeltlábú közösségeket

Eredményeink azt sugallják, hogy az ízeltlábú közösségek kezelésre adott válaszai függnék a vegetáció produktivitásától, bár az egyes ízeltlábú csoportok eltérően reagáltak a legeltetés jelenlétére illetve hiányára. Valószínű, hogy a szikes rét és az ürmöspusztá futóbogár- és pókközösségei közti különbségek mögött a fajok különböző nedvességpreferenciája áll.

A kezelés hatása az ízeltlábúakra a vegetációtípustól függ

Az abundancia mintázatokban és a hozzájuk kapcsolódó közösségi jellegekben eltéréseket figyeltük meg a legeltetett és a nem legeltetett területek között, míg a fajgazdagságban nem találtunk különbséget. Hangsúlyozzuk, hogy a kezelés szignifikáns hatása az ízeltlábúakra a vegetációtípustól függött, kivéve a kabócák trofikus specializációjának esetében. A specializált fitofág rovarok szorosabban követik a növények fajgazdagságának mintázatait, míg a generalista rovarok abundanciája inkább a növényi biomassza mennyiségének függvényében változik. A táplálékspecialista és generalista rovarok legeltetésre és felhagyására adott válaszaik mechanizmusai eltérhetnek egymástól, mivel a specialista fajok alkalmazkodtak gazdanövényeikhez és azok védekező anyagcseretermékeihez.

A legeltetés hatásai ürmöspusztán

Meglepő módon a legeltetés közvetett hatásai – amelyek a vegetáció jellemzőiben és az abiotikus tényezők változásában mutatkoznak meg – csak korlátozott jelentőséggel bírnak az ürmöspusztai ízeltlábú közösségek esetében. Az ízeltlábú fajok feltételezhetően jól alkalmazkodtak a száraz és meleg körülményekkel jellemezhető ritkás növényzethez, és az alacsony intenzitású legeltetés által

okozott változások nem számottevőek ahhoz, hogy jelentős eltéréseket eredményezzenek az ízeltlábú közösségek szerkezetében a legeltetett és legeltetés-kizárt területek között. Feltételezhető, hogy a szélsőségesen száraz és meleg élőhelyeken a környezeti korlátok nagyobb szerepet játszanak az ízeltlábú közösségek szerveződésében, mint a kezelési.

Legeltetés hatása szikes réten

Az indirekt hatások (pl. a vegetáció legeltetés által csökkent magassága és a kapcsolódó mikroklimatikus változások) nagyobb mértékben befolyásolták az ízeltlábú közösségek struktúráját a réti vegetációban, mint az ürmöspusztán. Valószínű, hogy a legeltetés által módosított mikroklimatikus feltételek nagyobb jelentőséggel bírnak a viszonylag nedvesebb élőhelyeken. Néhány ürmöspusztához kötődő faj nagy számban képes volt kolonizálni és használni a legeltetett réti vegetációt. Ez valószínűleg hozzájárult a kabócák magasabb egyedszámához a legeltetett réten, mint a nem legeltetett réti vegetáción. Emellett, a legeltetés következtében lecsökkent növényi biomassa a nagy produktivitású, tápanyaggazdag gyepeken képes gyorsan regenerálódni, ami kedvező hatással lehet a fitofág rovarokra.

A kezelési hatások általánosíthatóságának korlátai

Rövid távú kísérletünk eredményei nem általánosíthatók hosszú időszakra fenntartások nélkül, azonban fontos információt nyújtanak arról, hogy mely ízeltlábú csoportok és mely mögöttük álló jellegek érzékenyek a legeltetésre, illetve melyek tolerálják azt vagy profitálnak a legeltetés elmaradásából.

Kezelési következtetések

Egyetértünk korábbi tanulmányok következtetésével, miszerint a jelenlegi kezelési rendszerek képesek lehetnek a pannon szikes gyepek ízeltlábú diverzitásának fenntartására. Ugyanakkor ez nem zárja ki a jövőbeli változások szükségének lehetőségét. Az éghajlatváltozási scenáriók a szárazság fokozódását és az időjárási szélsőségek gyakoribbá válását vetíti előre. Eredményeink azt sugallják, hogy a legeltetés kisebb hatással van az ízeltlábú

közösségekre a szárazabb, gyéresebb vegetációban. További kutatások szükségesek, különösen a kezelés és az éghajlati feltételek közötti potenciális kölcsönhatások vizsgálatában, melyek segítségével értékelni tudjuk, hogy a jelenlegi kezelési rendszerek hosszútávon segíthetik-e a biodiverzitás fenntartását a változó környezetben.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az elérhető nemzetközi irodalomban egyedülálló összefoglalást készítettem a kaszálatlan bűvőhelyek ízeltlábúakra gyakorolt hatásáról. Megállapítottam, hogy az ízeltlábúak többsége pozitívan reagál a kaszálatlan bűvőhelyek jelenlétére, különösképpen a herbivór csoportok. Meghatároztam továbbá a kutatás kapcsán felmerülő főbb tudásbeli hiányosságokat, úgymint az Európán kívüli kutatások, a kumulatív hatások vizsgálata, vagy a háttérben húzódó mikroklimatikus viszonyok megismerése.
2. Korábban nem vizsgálták, hogy a bűvósávok szélességének és a teljes területhez viszonyított arányának milyen hatása van az ízeltlábúakra⁰. Terepi vizsgálatunkban ezen tényezőknek a önálló és együttes hatását teszteltük hat különböző taxonra. Megállapítottam, hogy a bűvósávok melegebb és nedvesebb mikroklimával rendelkeznek a kaszált területekhez képest. A bűvósávok és elrendezésük hatása erősebben befolyásolja a növényzetben mozgó ízeltlábúakat, mint a talajon mozgókat, bár minden vizsgált taxon esetében kimutattunk valamilyen hatást. A bűvósávok szélességének és arányának interakciós hatása alapján a szélesebb sávok előnyösebbek, ha a bűvósáv területi aránya alacsony.
3. A legeltetés-kizárásos kísérletünk alapján megállapítottam, hogy a vegetációtípus meghatározza az ízeltlábú közösségeket, és modulálja a legeltetés hatásait. Eredményeink azt mutatják, hogy az alacsony intenzitású legeltetésből származó mérsékelt zavarás pozitív vagy semleges hatású lehet a nedvesebb, produktívabb vegetációkban, míg szárazabb, kevésbé produktív vegetációkban negatív vagy semleges hatású, az ízeltlábú csoporttól függően.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ TUDOMÁNYOS
PUBLIKÁCIÓK

Révész, K., Gallé, R., Humbert, J. Y., & Batáry, P. (2024). Effects of uncut refuge management on grassland arthropods—A systematic review. *Global Ecology and Conservation*, e03381.

<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03381>

Révész, K., Torma, A., Szabó, M., Korsoveczky, L., Gallé-Szpisjak, N., Batáry, P., & Gallé, R. (2024). Supportive effect of uncut refuge strips on grassland arthropods may depends on the amount and width of strips. *Journal of Applied Ecology*, 61(8), 1894-1904.

<https://doi.org/10.1111/1365-2664.14699>

Gallé, R., Sarok, B., Gallé-Szpisjak, N., Dudás, G., Korsoveczky, L., Torma, A., ... & **Révész, K.** (2024). A bűvósávok kialakítása meghatározó fontosságú a kaszálók diverz ízeltlábú-faunájának megőrzésében. *Természetvédelmi Közlemények*, 30, 1-13.

<https://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2024.30.17036>

Torma, A., **Révész, K.**, Gallé-Szpisjak, N., Šeat, J., Szél, G., Kutasi, C., ... & Gallé, R. (2023). Differences in arthropod communities between grazed areas and grazing exclosures depend on arthropod groups and vegetation types. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 341, 108222.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108222>