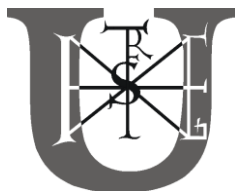


Szent István Egyetem



**A SZÜRKE FENYÉRFŰ (*BOTHRIOCHLOA ISCHAEMUM*
L.) HAZAI ELTERJEDÉSÉNEK, AGROÖKOLÓGIAI
HATÁSAINAK ÉS AGROTECHNIKAI ESZKÖZÖKKEL
TÖRTÉNŐ VISSZASZORÍTÁSI LEHETŐSÉGEINEK
VIZSGÁLATA**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Szentes Szilárd

Gödöllő

2016

A doktori iskola

megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési- és Kertészeti Tudományok

vezetője: Dr. Helyes Lajos
egyetemi tanár, az MTA Doktora, intézetigazgató
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Kertészeti Intézet

Témavezetők: Dr. Jolánkai Márton
egyetemi tanár, az MTA doktora
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Növénytermesztés Tudományi Intézet
Növénytermesztési Osztály

Dr. Tasi Julianna Eszter
Ph.D. egyetemi docens
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Növénytermesztés Tudományi Intézet
Növénytermesztési Osztály

.....
Dr. Helyes Lajos
iskolavezető jóváhagyása

.....
Dr. Jolánkai Márton és Dr. Tasi Julianna Eszter
témavezetők jóváhagyása

A MUNKA ELŐZMÉNYEI, KITŰZÖTT CÉLOK

Több kutatási eredmény mutatja, hogy a klíma felmelegedése, szárazodása a vegetáció fokozatos átalakulását okozza, segítve a C₄-es pázsitfűfajok terjedését, így világszerte számíthatunk térnyerésekre, illetve lokális inváziójukra. Ezt a folyamatot a gyakran előforduló túllegeltetés is erősíti. A korlátozott vízellátású időszakokban a C₄-es fotoszintézis-típusú növényfajok C₃-asokénál kedvezőbb vízfelhasználási hatékonysága, valamint magasabb hőigénye kimondottan a melegebb, szárazabb éghajlatú területeken jelent túlélési, illetve elterjedési előnyt. Jól példázza ezt a hazánkban őshonos C₄-es típusú késeiperje (*Cleistogenes serotina*) utóbbi időben tapasztalt inváziója, a síkvidéki, aridabb területeken. A folyamatért az elmúlt évtizedek szárazabb időjárását teszik felelőssé. A késeiperje mellett Közép-Európában és a mediterráneumban a Dél-eurázsiai eredetű szürke fenyérfű (*Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng) az egyik ilyen faj. Elterjedésének súlypontja a dél-szibériai sztyeppek, Közép-Ázsia, valamint az Aral- és Kaszpi-tó térsége. Az USA-ba az 1920-as években telepítették be erózióvédelmi és takarmánytermesztési céllal. Azóta több millió hektárnyi kedvezőtlen adottságú gyept és útszegélyt telepítettek vele (WHITE és DeWALD 1996, HARMONEY et al. 2004) ahonnan áterjedt az őshonos gyepekbe, ahol invazív fajként viselkedik. Különböző fajtái az USA-ban mára széles körben elterjedtek, és különösen Texas Államban okoznak nagy természetvédelmi problémát, ahol sűrű monokultúrái kiszorítják az ott őshonos fűféléket. Bár Közép-Európában ritkának minősül, hazánk egész területén előfordul. Hazánkban a száraz sziklai és pusztai gyepek (*Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tüxen ex Soó 1947) karakterfaja. Meleg, száraz, ritkábban félszáraz, meszes vagy gyengén savanyú, tápanyagban és humuszban szegény törmelék-, szikla-, homok-, vályog- és lösztalajokon egyaránt jellemző. Zavarás hatására hamar uralkodóvá válhat. Széles és változatos elterjedése miatt cönológiai helyzete a mai napig nem tisztázott teljes mértékben. Hazánkban a fenyérfűves állományok rendszerint szubasszociációként, vagy fáciesként jelennek meg a szakirodalomban, azonban többek között Bulgáriában, Horvátországban, Szlovákiában stb. ma is társulásalkotó fajként tartják számon.

A fenyérfű elszaporodása, illetve dominanciájának növekedése negatívan befolyásolja a gyepek fiziognómiai szerkezetét, fajszegényedést idéz elő, csökkenti a diverzitást

Az általa elfoglalt területek miatt csökkentheti az őshonos fajok kialakította élőhelyeket (AFFLERBACH 2013). Ez a csökkenés potenciálisan fenyegetheti a veszélyeztetett ritka fajokat és csökkentheti az őshonos fajok számát és denzitását (GEORGE et al. 2013).

Inváziójával módosítja a hasznos talajlakó mikrobák fajösszetételét és arányát, beleértve a mikorrhizát kialakító fajokat is (WILSON et al. 2012, ENDRESZ et al. 2013). Terjedését segíti allelopatikus hatása is, amely a megnehezíti más őshonos fajok visszatepedését az egykor fertőzött területre (GREER et al. 2014).

Felszaporodását a túllegeltetés is segíti, mivel ennek hatására felnyílik a gyepek, és talajfelszín közeli mikroklimája szárazodik. A leromlott abiotikus körülmények között száraz gyepekben a fenyérfű számára, nagyfokú morfológiai plaszticitása mellett, C₄-es fotoszintézis mechanizmusából adódó jobb vízhasznosítása jelent kompetitív előnyt a C₃-as pázsitfűfajokkal, így például a *Festuca rupicola* fajjal szemben (VIRÁGH et al. 1995, BARTHA 2007a). Albertirsa környéki löszgyepekben végzett vizsgálatok alapján (BARTHA 2007a) az akkoriban túllegeltetett *Festuca rupicola* dominálta gyepek

domináns fajja visszaszorult, és a helyét a korábban szubordinált fenyérfű vette át. A legeltetés megszűnése után a gyepek záródtak, a faj pedig elvesztette (a C₄-es fotoszintézis-mechanizmusából fakadó) kompetitív előnyét, és a *Festuca rupicola* ismét uralkodóvá vált az állományban (VIRÁGH 2002).

Magyarország gyepeinek nagy része védett, Natura 2000-es területen fekszik, illetve Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Programban vesz részt, itt különösen probléma a gazdálkodás és természetvédelem szempontjából egyaránt káros fajok, mint például a fenyérfű visszaszorítása, mert rendkívül kevés agrotechnikai lehetőség áll rendelkezésre. Az eredményes védekezés érdekében ezért kiemelten fontos a faj hazai elterjedésének pontos ismerete, a növényállományok fajösszetételére és szerkezetére gyakorolt hatásainak megismerése, valamint olyan agrotechnikai rendszerek kialakítása, amelyek segíthetik visszaszorítását

Célkitűzések:

1. A fenyérfű hazai elterjedésének pontos feltárása, a korábbi, elérhető szakirodalmi és herbáriumi adatok alapján.
2. A fenyérfű hazai gyeppállományokban betöltött társulásviszonyaira vonatkozó korábbi ismeretek áttekintése és a jelen terepi vizsgálatok által történő bővítése.
3. A fenyérfű gyeppállományokban történő betelepülési folyamatának feltárása, jellemzése.
4. Makro- és mikrocönológiai módszerekkel is igazolni a fenyérfű diverzitáscsökkentő és gyepszerkezet-módosító hatását különböző adottságú hazai gyepekben. Annak az igazolása, hogy ez megmutatkozik-e különböző, makro és mikro térléptékekben is, illetve annak nyomon követése, hogy ez változik-e a vegetációs perióduson belül.
5. Annak a fajkészletnek meghatározása, ami képes együtt élni a fenyérfűvel különböző térléptékekben.
6. A különböző mértékű fenyérfű-borítottság hatásának vizsgálata a fajok együttélési viszonyaira és a térbeli heterogenitást módosító hatására különböző adottságú hazai gyepekben.
7. Annak vizsgálata, hogy különböző agrotechnikai módszerek mennyire lehetnek hatékonyak a fenyérfű visszaszorítására és a gyepek takarmányértékének javítására.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Florisztikai és cönológiai vizsgálatok

A fenyérfű hazai elterjedésére vonatkozó irodalmi adatokat hazai folyóiratokból és egyéb írásos művekből, valamint a Cönológiai Referencia Adatbázisból gyűjtöttük össze. A herbáriumi adatok a Magyar Természettudományi Múzeum Növénytárának, a Pannon Egyetem Georgikon Karának és a Szent István Egyetem Növénytan és Ökofiziológiai Intézetének gyűjteményéből származnak. Az irodalmi és herbáriumi adatokat térképen is ábrázoltuk. A térképek Arcview GIS 3.2 programmal készültek, rajtuk számokkal jelöltük a jelzett a fenyérfű termőhelyeket.

A cönológiai vizsgálatokhoz 33 mintavételi helyet (28 hazai, 1 szlovákiai, 2 horvátországi és 2 szerbiai) jelöltünk ki lösz, dolomit és mészkő, valamint homok alapközetben, figyelembe véve a szakirodalmi és herbáriumi adatokat, valamint kutatási terepi tapasztalatainkat. Ezek között ösgyepes, felhagyott legelők és parlagok egyaránt megtalálhatók. A cönológiai vizsgálatokhoz összesen 513 db egységesen 2×2 m-es kvadrátokat készítettünk. Ezeket eltérő fenyérfű borításértékű, illetve eltérő fiziognómiájú homogén vegetációfoltokba helyeztük el. A mintavételi négyzetekben az egyes fajok borítási értékét százalékban jegeztük fel.

A területeket a fajok természetvédelmi értékkategóriái (SIMON 2000) szerint értékeltük. Az általunk feljegyzett védett fajokat a 13/2001. (V. 9.) KöM rendelete, a védett és a fokozottan védett növény- és állatfajokról, a fokozottan védett barlangok köréről, valamint az Európai Közösségben természetvédelmi szempontból jelentős növény- és állatfajok közzétételéről (módosította a 21/2001. (IX. 28.) KöM rendelet és a 23/2005. (VIII. 31.) KvVM rendelet) alapján soroltuk be.

A fajok számának és relatív tömegességének viszonyát a Simpson-féle diverzitás alkalmazásával határoztuk meg.

Mikrocönológiai vizsgálatok

A mikrocönológia a fajok együttélésével, a társulások belső változatosságával foglalkozik. Segítségével kvantitatívan leírhatók a szerveződési állapot változásai, a vegetáció térbeli és időbeli átmenetei, dinamikai és funkcionális aspektusai (JUHÁSZ-NAGY 1980, VIRÁGH 2007). A fenyérfű tömegességének hatását a gyepek természetességére a finomléptékű mintázatok alapján, témintázati szerveződést leíró karakterisztikus függvények segítségével elemeztük (JUHÁSZ-NAGY és PODANI 1983, VIRÁGH et al. 2006).

Az egyik mintaterület Kisfüzes (Mátralába kistáj) határában található. Az átlagos évi középhőmérséklet 9 °C, míg a vegetációs periódus átlagos középhőmérséklete 16 °C. Az évi átlagos csapadékmennyiség 560 mm, amelyből a vegetációs periódusban átlagosan 360 mm hull. A talaj degradált barna erdőtalaj. A másik mintaterület Fülöpháza határában található, a Kiskunsági homokhát kistájban. Az átlagos évi középhőmérséklet 10,3-10,5 °C, míg a vegetációs periódus átlagos középhőmérséklete 17,4 °C. Az évi átlagos csapadékmennyiség 530 mm, amelyből a vegetációs periódusban átlagosan 310 mm hull. A talaj futóhomok.

A mikrocönológiai vizsgálatokhoz 23×3 m-es, téglalap alakú 52,2 m hosszú transzszektet jelöltünk ki. Minden transzszekt 1044 db 5×5 cm-es egymással érintkező mikrokvadrátból állt. Az egyes mikrokvadrátokban a gyökerező fajok jelenlétét rögzítettük, a csak belógó egyedeket nem vettük figyelembe. Az így kapott mintákból minden részletes analízis kellően pontosan elvégezhető (BARTHA et al.

2004). A téglalap alakú transzszekt előnye a lineárisal szemben, hogy így a terepi mintázatok többféle számítógépes randomizációja lehetséges, ami megkönnyíti az adatelemzést (BARTHA és KERTÉSZ 1998).

Kisfűzesen a vizsgált gyepállományban 2011 tavaszán 6 db téglalap alakú transzszektet jelöltünk ki azonos északnyugati kitétségekben. A transzszektetek 4 sarkát rögzítettük, így minden terepi kiszállás alkalmával pontosan tudtuk megismételni a felvételezéseket. A transzszektetek közül háromra fenyérfűdominancia volt jellemző, míg háromban csak nagyon ritkán (0,6%–8,8% gyakoriság) volt jelen a faj. A mikrokvadrátok adatait 2011 májusában és szeptemberében rögzítettük. Referencia ösgyepként egy hasonló kitétségű és szintén erodálódott talajú ma is juhokkal erősen legelt állományt választottunk Belsőbáránról.

Fülöpházán 2012. május 28-án jelöltünk ki egy nyílt, évelő, mészkedvelő **homokpusztagyepben** (*Festucetum vaginatae* Rapaics ex Soó 1929 em. Borhidi 1996) található – mint referencia ösgyepből származó – kis fenyérfű gyakoriságú transzszektet. 2012. július 3-4-én három 20-40 éves **fenyérfűves parlag** eredetű mintavételi területet is kijelöltünk. Egy nyílt, ritkásan álló, kisméretű fenyérfűtövekből álló állományban; egy az előzőnél zártabb, nagyobb tövekből álló avarosabb állományban és egy erősen zárt, nagyon sűrű, szőnyegszerű fenyérfű egyedekből álló gyepben készítettünk transzszekteteket. Az előző parlagoktól nem messze egy fiatalabb (10-15 éves) jellegtelenebb fajösszetételű humuszos homoktalajú parlagon is kijelöltünk egy transzszektet hatalmas – sokszor fél méter feletti tőátmérőjű – fenyérfű-zsombékokkal. Három fenyérfű nélküli, de hasonló idős (20-30 éves) és előéletű **kontroll parlagi** transzszektet vontunk be a vizsgálatokba.

Az állományok mikroszerkezetének részletes megismeréséhez és a zavarások hatására bekövetkező leromlás detektálásához az elméleti, módszerelméleti és módszertani alapot JUHÁSZ-NAGY (1993), valamint JUHÁSZ-NAGY és PODANI (1983) modelljei és azok alkalmazásai adták. Ez a módszer az egyes állományok monitorozására is alkalmas (BARTHA et al. 2006.)

Az együttélési viszonyok részleteit többféleképpen mérhetjük. Egyik ilyen lehetőség a **fajkombinációk** összeszámolása, ugyanis bizonyos fajok nem társulnak egymással, és egymás közelségét kerülik annak ellenére, hogy egyszerre jelen vannak az állományban. Az állományfoltban megvalósuló fajkombinációk számának becslést maximuma alkalmas a finom térléptékű béta diverzitás mérésére (JUHÁSZ-NAGY és PODANI 1983).

A fajkombinációk diverzitása (más néven **florális diverzitás**) igen érzékeny indikátora a közösség állapotváltozásainak. Ha a növényközösséget zavarás éri, a fajkombinációk diverzitását leíró függvény értéke kisebb lesz, a maximum pedig a nagyobb térléptékek felé tolódik.

Az **asszociátum** (más szóval rendezettség) a fajok közötti páros és többszörös asszociáltságok társulás szintű összértéke, amely a populációs términtázatok kölcsönös függését méri, és az állomány belső térbeli rendezettségére, heterogenitására utal. Az asszociáltságokat térsorozatokban a növekvő kvadrátméret függvényében becsültük.

A különböző fajok együttes térbeli előfordulása közötti kapcsolatot **ISC elemzéssel** vizsgáltuk. Minden esetben fajok közötti páros asszociáltságokat becsültünk 2×2-es kontingencia táblák térsorozati analizisével (JUHÁSZ-NAGY és PODANI 1983). Pozitív asszociáltságnál bizonyos fajpárok a vártnál gyakrabban, míg negatív asszociáltságnál ritkábban fordulnak elő együtt. A várt előfordulási adatokat Monte-Carlo randomizációs teszttel állítottuk elő. A teszt 999 db random eltolással készült,

megtartva az egyedek méretét, a klónok egyedi foltjait és általában a populáción belüli mintázatot. A random eltolást neutrális modellként használtuk, hogy elkerüljük a klonális növekedésű pázsitfűvek aggregált mintázata vagy a nagyméretű rametek okozta műtermékeket (BARTHA et al 1998, BARTHA és KERTÉSZ 1998, ROXBURGH és CHESSON 1998).

A fenyérfű visszaszorítására irányuló vizsgálatok

A kísérletet egy mintegy 20 hektáros D-DNY-i kitettségű meredek lejtőn kialakított legelőszakaszon, 246-247 m tszf. magasságban állítottuk be. A gyepek egy másodlagos eredetű, kb. 40 éves szőlőparlag. A kitettség és a terület lejtése miatt száraz és meleg mikroklíma alakult ki. Emellett az erózió is erős, ami lassítja a természetes szukcessziót. 2000-ben erdészeti szárazúzóval tisztították meg a területet a cserjéktől. 2001 óta tart a legeltetés, melyet minden év októberében szárazúzással egészítenek ki. A gyepeken sem felülvetés, sem vegyszerkijuttatás nem volt a felhagyás óta.

Növényállománya nehezen sorolható társulásba, állományalkotó növényfajai a *Bromus inermis* és a *Poa angustifolia*. Gyakori faj még az *Achillea nobilis*, a *Plantago lanceolata*, a *Verbascum phoeniceum* és a fenyérfű. A gyepek átlagos növényborítottsága az évszaktól és a fenológiai állapottól függően 40-70% közötti. Ezen belül is nagyon kicsi az élőlétező pázsitfűfajok összborítása. A kis összborítás miatt a gyepek több helyen kikopárosodottak, és jelen vannak az erózió jelei. A fenyérfű foltokban zárt állományt alkot, sőt ILLYÉS et al. (2007b) véleményével szemben Kisfüzesen a rendkívül meredek domboldalakon is jelentős (akár 70% feletti) borítással fordul elő. A fenyérfű kivételével az ilyen foltokban a többi faj összborítása nagyon kicsi.

A gyepek termésbecslésére és takarmányminőségének meghatározására BALÁZS (1960) módszerét használtuk.

A fenyérfű visszaszorítására és a gyepek növényállományának javítására irányuló kísérletben 30 db 5×4 m-es parcellát állítottunk be véletlen blokk elrendezésben 2009 őszén. A kísérlet 9 kezelt és egy kontroll parcellát tartalmazott három ismétlésben. A kezelések a következők voltak: kaszálás, istállótrágyázás, kaszálás és istállótrágyázás, angolperje (*Lolium perenne*), karsú perje (*Poa angustifolia*), veres csenkesz (*Festuca rubra*), nádképző csenkesz (*Festuca arundinacea*), árva rozsnok (*Bromus inermis*), illetve csomós ebír (*Dactylis glomerata*) felülszórás.

A cönológiai felvételek készítésekor fajonkénti átlagmagasság-mérést is végeztünk, hogy a parcellák földfeletti zöldtömege minél pontosabban becsülhető legyen (BALÁZS 1960).

A parcellák növényzetének takarmányérték-vizsgálatához 2011. július 8.-án minden parcellán 1-1 m²-es nyíráspróbát is végeztünk 3 cm tarlót hagyva. A nyírásokból 1000 g-os átlagmintákat vettünk, amelyekből a következő vizsgálatokat végeztük el. A takarmányminták eredeti szárazanyag-tartalmát az MSZ ISO 6496:1993, nyersfehérje-tartalmát az 6830-4:1981, nyerszsír-tartalmát az MSZ 6830-6:1984, nyersrost-tartalmát az MSZ EN ISO 6865:2001, nyershamu-tartalmát az MSZ ISO 5984 alapján mértük, míg NDF-, ADF- és ADL-tartalmát Van SOEST (1963) módszere alapján határoztuk meg.

EREDMÉNYEK

Florisztikai és cönológiai eredmények

A dolgozat a fenyérfű 531 hazai szakirodalmi, 148 herbáriumi és 38 Cönológiai Referencia Adatbázisbeli említését tartalmazza táblázatos formában.

A 33 hazai középtáj közül csupán háromból nem került elő a faj termőhelyi adata. A legtöbb előfordulási adat (70) a Dunazug-hegyvidékről származik. Ez a nagy érték a fenyérfű tényleges gyakorisága mellett részben a terület igen jó botanikai kutatótságának is köszönhető. A Duna-Tisza közti síkvidék (47), a Bakony-vidék (46) és a Cserhát-vidék (44) területéről szintén jelentős mennyiségű előfordulási adat került elő. Vagyis a legtöbb előfordulási adat két típusra osztható: középhegységek és dombságok, ahol a száraz déli oldalak kedvező termőhelyeket biztosítanak a fenyérfű számára, illetve olyan alföldi területek ahol táji szinten jellemző volt a legeltetéses állattartás.

A fenyérfű irodalmi adatai alapján következtetést lehet levonni többek között ökológiai igényeire és cönológiai viszonyaira. A fenyérfű abiotikusstressz-tűrését jól jelzi, hogy a pannóniai kékperjés láprétektől a szélsőségesen száraz, nyílt, élénk mészkedvelő homokpusztagyepreig 52 hazai cönotaxonból találtam említését. Ezekben társulásokban a fenyérfű különböző cönológiai nicheket foglal el a termőhelyi adottságoknak és dominanciaviszonyoknak megfelelően.

Mikrocönológiai eredmények

A **mikrokvadrátonkénti átlagos fajszám** a fenyérfűves transzszektekben Kisfüzesen és Fülöpházán is csupán kb. a fele volt a kontroll parlagi értékeknek. A legkevesebb fajgazdag kvadrát a fenyérfűves parlagokon volt, míg a legtöbb a kontroll parlagokon. Az ösgyep mindkét mintaterületen a két csoport között helyezkedett el. Üres kvadrátokból a legkevesebbet a kontroll-, legtöbbet a fenyérfűves parlagokon találtunk. Általános jelenség volt a fenyérfűves transzszektekben az avar nagy gyakorisága. Kisfüzesen a fenyérfű dominálta állomány esetében a vegetációs periódus során a kisebb fajszámok felé tolódtak a gyakoriságok. Jelentősen megnőtt a csak fenyérfűvet tartalmazó kvadrátok száma. Ennek okai, hogy ősze a fenyérfű megerősödik, kompetíciós képessége megnő, és nagy mennyiségű avart halmoz fel, így még inkább fajszegény mikrohabitatokat alakíthat ki. Amíg a kontroll területen az őszi aspektus fajtái megtalálhatók, melyek a tavasziakat felváltva ősze erősödnek meg, addig a fenyérfűdomináns állományban erre nincs lehetőségük.

Szignifikáns térbeli függőséget találtunk a fenyérfű jelenléte és szubordinált fajok nélküli mikroélőhelyek között mind a homoki, mind a löszös termőhelyen. Ez a pozitív asszociáltság minden fenyérfűdomináns transzszektre jellemző volt. Kisfüzesen ősszel a kontroll transzszektekben is pozitív térbeli asszociáltság jelentkezett, azaz a fenyérfű negatív hatása már az invázió kezdeti szakaszában, kis előfordulási gyakoriság (2-9%) esetén is megfigyelhető.

A **fajok közötti páros asszociáltságok (ISC)** vizsgálata alapján a homoki mintaterületen relatíve erősebbek voltak a térbeli függések. A fenyérfűvel fertőzött parlagokon a kontrollokhoz képest a löszön kétszer több, a homokon háromszor kevesebb volt a szignifikáns reláció. A negatív asszociáltságokat tekintve homokon az ösgyepben is és a fenyérfűves parlagokon is 33,3% volt a faj részesedése. A fenyérfű a fajok többségét kiszorította az általa uralt mikroélőhelyekről. A többi kodomináns

pázsitfűfaj nem mutatott szignifikáns asszociáltságot a szubordinált fajokkal, így ezek a pázsitfűvek nem akadályozzák az utóbbi fajok meglepedését és fennmaradását.

Általánosságban elmondható, hogy a tarackos, a mélyen gyökerező és magasra nöövő, valamint a nagytermetű tölevélrózsás fajok kevésbé voltak érzékenyek a fenyérfűvel szemben. Negatív korrelációt vele csak a tövek közvetlen közelében mutattak. A kistermetű és a későn fejlődésnek induló fajok általában rosszabbul viselik a fenyérfű közelségét.

Az **5%-nál gyakoribb fajok száma** mindkét mintaterületen kb. fele annyi a fenyérfűves transzszektekben, mint a kontrollokban. Ez megerősíti, hogy a fenyérfű szinte minden fajt kiszorít (GABBARD és FOWLER 2007, SCHMIDT et al. 2008), még az egyébként gyakori fajokat is, hasonlóan más agresszív viselkedésű pázsitfűfajokhoz (HÁZI et al. 2011).

Kutatásunk során a béta diverzitást a megvalósuló **fajkombinációk számával** mértük (BARTHA et al. 2011). A fajkombinációk számának alakulása mindkét mintaterületen megerősítette a fenyérfű diverzitáscsökkentő hatását. Fülöpházán a fenyérfűves állományok a kontrollértékek $\frac{1}{3}$ -át, Kisfüzesen a kb. $\frac{1}{10}$ -ét érték el. Kisfüzesen öszre a fenyérfű dominanciájának növekedésével bekövetkező fajszámcsökkenés a fajkombinációk csökkenését, ezzel az állományok belső szerkezetének nagyfokú leromlását okozta. A fajkombinációk számának transzszektek közötti szórása mindkét mintaterületen belül nagy, ez a degradációra utal.

A **florális diverzitás** maximumában is jelentős különbségeket találtunk a kontroll és a fenyérfűves transzszektek között. Értéke Fülöpházán kb. 50%-kal, Kisfüzesen 90%-kal, csökkent a fenyérfű inváziója miatt a kontroll parlagi transzszektekhez képest. A vizsgált ösgyepek itt is köztes helyzetűek mind a fajkombinációk száma, mind a florális diverzitás terén. Ennek oka, hogy a parlagszükscesszió középső szakaszában általában nagyobb a diverzitás, mint a szükscesszió végén, mivel ekkor még keverednek a betelepülő gyomok és az ösgyep fajai (BARTHA 2007b).

A teljes térsorozati görbék megmutatták, hogy Kisfüzesen a tavaszi felvételezéskor a kontroll transzszektek 0,2 m-es kvadrátméretnél, míg a fenyérfűves transzszektek átlagosan 0,3 m-es kvadrátméretnél érték el a maximális florális diverzitást. Ennek oka valószínűleg a fenyérfű tövek méretének és az általuk felhalmozott avar mennyiségének növekedése, amellyel a faj mintázatalakító hatása is nő, ami több más kutatási eredmény megerősítése (CLELAND et al. 2007, SUZUKI és KUDO 1997).

A transzszektek cönológiai állapotterben történő elhelyezése mindkét mintaterületen mutatta, hogy a kontroll parlagokon a kompetíciónak és a zavarásnak is jelentős mintázatalakító hatása van. A fenyérfűves állományokban minden esetben elsősorban a kompetitív kizárás, vagyis a fenyérfű hatása alakította ki a mintázatokat.

A fenti eredmények azt is mutatják, hogy a legtöbb kutatás, amely csak az alfa diverzitást veszi figyelembe, és 2×2 m-es vagy nagyobb mintavételi egységeket használ (van der MAAREL 2005), jelentősen alábecsüli a fenyérfű felszaporodása okozta változásokat a gyepek szerkezetében.

A mikroöcnológia segítségével a fenyérfű gyepkebe való **betelepülésének a stádiumai** jól jellemezhetők. A betelepülési folyamat kezdetén („A” stádium) a fenyérfűtövek még kisméretűek, és elsősorban vertikális növekedés jellemzi őket. Így annak ellenére, hogy a fenyérfű néhány szomszédos mikrokvadrátban jelen van, nem csökkenti azok fajszámát. A kvadrátokban feljegyzett avar kis mennyiségű, a talajfelszint csak vékonyan fedi. Folyamatosan és közepesen nagy terheléssel legeltetett juhlegelők esetén a folyamat általában itt megáll. A kisméretű fenyérfűtövek

illeszkednek a gyep mintázatába, kitöltik az üres felszíneket. Amíg megfelelő a legelő terhelése, és folyamatos a hasznosítás a fenyérfű inváziója ilyen esetekben nem várható. Ha azonban a legeltetés megszűnik, nagy valószínűséggel elkezdődik a fenyérfű inváziójának következő állomása. A „B” stádiumban megkezdődik a társulás szerkezetének „nagy foltossá” válása. Már csak néhány mikrokvadrátra jellemző nagyobb fajszám. A töveken megjelennek a rizómákról eredő, ferdén felfelé növekvő hajtások. Ennek következtében a tövek átmérője növekedésnek indul (20-30 cm). Nagyobb fenyérfű foltokat is láthatunk már az állományban. A foltokban vastagabb avartakaró szinte teljes mértékben a fenyérfűtől származik, de még vannak szabad talajfelszínek is, ahol az egyéves és a pionír fajok időlegesen még fennmaradhatnak. Ezt követően („C” stádium) – különösen parlagok esetében – gyakorivá válnak a nagy akár 50-80 cm átmérőjű fenyérfű tövek. A kompetíció hiánya miatt tud a fenyérfű ilyen esetekben hatalmas rameteket kialakítani, amelyek a folyamat gyorsaságától függően eleinte neutrálisak a társulás egésze szempontjából, majd egy záródási küszöb fölött kizárják a többi fajt („D” stádium). Ekkor a gyenge legeltetés is kedvez a fajnak, mivel az állatok nem, vagy csak nagyon kis mértékben legelik a fenyérfűvet, így először a számukra értékesebb, ízletesebb fajokat legelik. Vagyis ezen fajok egyedei „túllegeltetve” lesznek, míg végül kimerülnek, és elpusztulnak. A fázis végére az abszolút dominánsá vált fenyérfű elsősorban a vegetatív terjeszkedésre helyezi a hangsúlyt. A töveken sok a rizómákról eredő, ferdén felfelé növekvő hajtás képződik. A betelepülési folyamat végén („D” stádium) a fenyérfű és az avar gyakorisága ugrásszerűen megnő, borításuk homogénné válik. A stádium kifejlődésével az idős tövek darabokra esnek, aminek következtében az egyes tövek „összemosódnak”. Ilyen esetekben a fenyérfű mellett már csak néhány kvadrátban tud egy-egy olyan faj megtelepedni, amely képes áttörni a vastag avarréteget. Ez az állapot igen sokáig gyakran évtizedekig fenn tud maradni. A vastag avarréteg és a fenyérfű által termelt allelopatikumok miatt más fajok betelepülése erősen korlátozott.

A fenyérfű visszaszorítására beállított kísérlet eredményei

A július végi és októberi **kaszálás**ok kedvezőtlenül befolyásolták a fajösszetételt, mivel a tartós aszályban tovább szárították a gyep mikroklímáját. A 20 t/ha dózisú **istállótrágyázás**ra a gyakori pázsitfűfajok reagáltak a legjobban. Az első évben a *B. inermis* és a *P. angustifolia* borítása is jelentősen nőtt, miközben a fenyérfű borítása szinte végig 5% alatt maradt. A trágyázás utóhatása még a második évben is megfigyelhető volt. A pázsitfűvek borítása a vizsgált időszakban itt volt a legegyszerűsebb. Emellett jellemző volt az egyéb kétszikű fajok nyárra történő felszaporodása, amely jó minőségű takarmányt jelenthet a nyári kisülés, illetve a pázsitfűvek elöregedése idején. A **kaszálás és trágyázás** kombinációjára a *B. inermis* és a *P. angustifolia* hasonlóan reagált, mint az előző kezelésre, azonban a fenyérfű borítása az első év őszére 20% fölé növekedett, amelyet csak a harmadik évi aszály csökkentett némileg. Ennek az oka az lehet, hogy a júliusi kaszálásnak köszönhetően a számára legoptimálisabb időszakban (július vége-szeptember) kompetíciós nyomás nélkül tudott fejlődni. A *Lolium perenne*vel történő felülszórás az első két évben sikeresnek bizonyult, azonban a harmadik évre teljesen kiveszett a gyepből. A *Poa angustifolia*val történő felülszórás eredményeként a fajta borítása még a harmadik év végére is közel duplája volt a kiindulási borításnak. Ennél a kezeléssel a fenyérfű borítása végig 3-4% körül alakult. A *Festuca rubra* borítása a felülszórás hatására a 2011 júliusáig nem csökkent 20% alá, az év végi aszály miatt azonban erősen legyengült, és 2012 nyarára teljesen kipusztult. A két leggyakoribb pázsitfűfaj borítása nem változott jelentősen. A felülszórások

közül a legnagyobb zöldtermést a *Dactylis glomeratas* adta. A faj borítása az első évben folyamatos növekedett. A legnagyobb borítást (70%) a második évben érte el. Ezeken a parcellákon a *P. angustifolia* és a *B. inermis* borítása csökkent. A fenyérfű borítása végig közel azonos volt, bár a pázsitfűfajok borítása ezeken a parcellákon volt a legnagyobb. A többi gyeppalkotó borítása ezeken a parcellákon csökkent a legnagyobb mértékben. A *Bromus inermis*es felülszórással gyorsan nőtt a faj borítása, de a harmadik évben már csak közel a kiindulási értéket érte el. Ez a vetett fajta aszály miatti kipusztulására vezethető vissza. Ezeken a parcellákon nőtt a *P. angustifolia* és a fenyérfű borítása is. Jelentős volt az egyéb fajok borítása is. A *Dactylis glomerata* mellett a gyeptől eredetileg hiányzó fajok közül csak a *Festuca arundinacea* élte túl mind a három évet, de borítása a nagy aszály miatt 2012 júliusára 4,3%-ra csökkent. A fenyérfű borítása a két leggyakoribb pázsitfűfajjal ellentétben nem mutatott csökkenést 2012 végére. A **kontroll** parcellákon a három faj borítása a 2011-ben volt a legnagyobb. A fenyérfűnek ősszel, a másik két fajnak májusban. A pázsitfűvek a kontroll parcellán is mutatták a többi parcellára is jellemző erős fluktuációt.

Termésmennyiség

Termésmennyiség szempontjából a három év átlagában a kaszált és trágyázott parcellák teljesítettek a legjobban (16 t/ha zöldtömeg). Rajtuk kívül még a trágyázott és a *Dactylis glomerata*val felülszórt parcellák haladták meg a 13 t/ha éves zöldtermést. A legkevesebb termés (7,5 t/ha/év) a kaszált parcellákon volt. A kontroll parcellák a hatodik legnagyobb termést adták. A felülszórt parcellák közül az angolperjés parcellák termésének átlaga volt a legkisebb. Az árva rozsok és a szintén közismerten szárazságtűrő nádképu csenkesz termése kevesebb volt az általunk vártnál.

Beltartalmi vizsgálatok

A különböző kezeléssel parcellákról származó minták átlagos **szárazanyag-tartalma** 920,77 g/kg takarmány (angolperje) és 926,23 g/kg takarmány (csomós ebír) között változott. A két faj közötti jelentős beltartalmi különbségekről VAN NIEKERK et al. (2006) is beszámolt. A **nyersfehérje-tartalom** a legnagyobb értéket az angolperjével felülszórt parcellákon érte el, míg a legkisebb értéket a csomós ebírral felülszórt parcellákon mértük. A trágyázás hatása elmaradt a várakozásainktól. Ennek oka feltehetően az, hogy a sarjútermés mennyiségét és minőségét nagyon erősen csökkentette az aszály, így nem tudott nagyobb különbség kialakulni. A **nyersrosttartalom** tekintetében kiugróan a legnagyobb értéket a kontroll parcella mutatta, míg a legkisebb értéket a kaszált parcellákon tapasztaltuk. A takarmányozási szempontból ideális (NAGY és VINCZEFFY 1993,) 2:1 nyersrost:nyersfehérje arányt az angolperje és a karcsú perje közelítette meg a legjobban, míg a legtágabb arányt a csomós ebír esetében mértük.

Új tudományos eredmények

1. A szürke fenyérfű 531 hazai szakirodalmi, 148 herbáriumi és 38 Cönológiai Referencia Adatbázisbeli említése alapján behatároltam a faj hazai elterjedését. A 33 hazai középtáj közül csupán háromból (Felső-Tisza-vidék, Marcal-medence, Észak-magyarországi medencék) nem került elő eddig a faj termőhelyi adata.
2. A szürke fenyérfű az eddigi hazai szakirodalom elemzése alapján 52 hazai társulásban, cönotaxonban fordult elő, a száraz, felsivatagi homoki gyepektől és löszfalaktól a nedves láposodó élőhelyekig.
3. Mikrocönológiai módszerekkel leírtam a szürke fenyérfű középidős parlagokba és degradált gyepekbe történő betelepülésének négy stádiumát.

4. Az általam alkalmazott mikrocönológiai módszerek kiválóan alkalmasak voltak a szürke fenyérfű különböző térléptékeknél jelentkező diverzitáscsökkentő hatásának monitorozására térben és időben, lösz- és homoki parlageredetű gyepekben. Jellemeztem a faj diverzitáscsökkentő hatásának vegetációs perióduson belüli mértékét. A faj ősszel éri el a diverzitáscsökkentő hatásának a maximumát.
5. Feltártam azt a fajkészletet, ami azokat a taxonokat tartalmazza, amelyek képesek különböző térléptékekben együtt élni a szürke fenyérfűvel különböző adottságú termőhelyeken. Azokat a fajokat is nyomon tudtam követni, amelyeket a szürke fenyérfű kiszorít.
6. A makro- és mikrocönológiai vizsgálatok alapján megállapítottam, hogy az extrém sűrű szürke fenyérfűállományokat leszámítva nincs közvetlen összefüggés a fenyérfű aktuális borítása és a növényzet diverzitása között. Ennek oka, hogy azonos fenyérfűborítás nagyon sokféle módon létrejöhet, különböző sebességgel. Továbbá ugyanahhoz a fenyérfű -borítási értékhez nagyon különböző növekedési formák és avarboritottság tartozhat.
7. A vizsgálataim alapján megállapítható, hogy a szürke fenyérfű leginkább a ruderalis és középidős parlagokon, csupasz felszíneken szaporodik fel, ahol még nem elég erősek a belső önszabályozási mechanizmusok, viszont elegendő mennyiségű tápanyagot és vizet talál. Felszaporodásával jelentősen lassítja, illetve gátolja a gyepregenerációt.
8. A szürke fenyérfű visszaszorítási kísérleteim alapján megállapítottam, hogy az extrém száraz és meredek termőhelyen 20 t/ha dózisú istállótrágyázással, nyár eleji kaszálással és őszi tisztító kaszálással, valamint a hagyományos, kereskedelemben kapható pázsitfűfajtákkal történő felülszorítással nem lehet visszaszorítani a fajt. A legnagyobb termést a trágyázott és kaszált parcellák adták. Az istállótrágyázás az összborítást és a fajszámot némiképp megnövelte, így a hasonló adottságú gyepeken a tesztelt kezelések közül ez javasolható leginkább.

Újszerű tudományos eredmények

1. A szürke fenyérfű már az inváziója kezdetén is negatív hatással van a gyepek fajszámára, a vegetáció összetételére és természetességi állapotára.
2. A vizsgálataim alapján megállapítható, hogy a szürke fenyérfű leginkább a ruderalis és középidős parlagokon, illetve csupasz felszíneken szaporodhat fel a legjobban, ahol még nem elég erősek a gyepek belső önszabályozási mechanizmusai, jelentősen lassítja, illetve gátolva ezzel a gyepregenerációt.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A fenyérfű szakirodalmi és herbáriumi források alapján összegyűjtött előfordulási adatai igazolják a pázsitfűfaj országos elterjedtségét. Mindössze három középtájból nem találtunk róla elterjedési adatot. A száraz gyepektől a nyíltabb, száraz erdőtársulásokig sok helyen megtalálhatja a számára kedvező életfeltételeket, beleértve a bolygatott, illetve másodlagos eredetű állományokat, valamint a parlagokat is. A legtöbb előfordulási adat elsősorban olyan dombságokból és középhegységekből származik, ahol a száraz, melegebb déli oldalak ideális mikrokörnyezetet teremtenek a faj felszaporodásához. A sok előfordulási adatot tartalmazó középtájak másik csoportjába az olyan alföldi területek tartoznak, amelyek klímája szárazabb, és táji szinten jellemző a jelenlegi, sőt még inkább a korábbi legetetés. Mivel az elmúlt időszakra jellemző, és a közeljövőben is várható a degradált és felhagyott területek kiterjedésének növekedése, így a fenyérfű még nagyobb mértékű hazai elterjedésére lehet számítani.

A fenyérfű irodalmi adatai alapján következtetést lehet levonni többek között ökológiai igényeire. Abiotikusstressz-tűrését jól jelzi, hogy olyan szélsőséges vízháztartású talajokon jellemző asszociációkból is van adata, mint pl. a pannóniai kékperjés láprét. Az ilyen állományokban a száraz évjáratok hatására jelenhetett meg a faj. Szélsőségesen száraz, nyílt, élőlény mészkedvelő homokpusztagyepből és nyílt dolomitsziklagyepből szintén előkerült, valamint ezek savanyú alapkőzetten kialakult „megfelelőiből” is (nyírségi mészkerülő homokpusztagyep, kárpáti nyílt szilikátsziklagyep). Szintén rendkívül jó szárazságtűréséről árulkodnak löszfalnövényzeti adatai. Bokorerdőkből és zamatos turbolyás akácospól származó adatai is ismertek. Sótűrését jelzi az ürmös szikes pusztai adata. Ezek mellett pionír jellegű gyomtársulásokból is (pl.: egércsenkesz-társulás) előkerült a faj.

A fenyérfű C₄-es fotoszintézis-mechanizmusából és morfológiai plaszticitásából eredő kompetitív előnye elsősorban leromlott, illetve abiotikus stresszhatásoknak kitett termőhelyeken érvényesül, mely a felvételezett állományok többségénél tapasztalható is volt.

A faj **felszaporodásának** oka lehet a **lejtő meredekségéből** adódó szélsőséges környezeti viszonyok együttese. Mivel a szélsőségesen száraz mikroklímát is elviseli a közeljövőben további terjedése valószínűsíthető a hasonló adottságú termőhelyeken. Különösen antropogén zavarások hatására, illetve szárazságstressz által sújtott években. Gyakran megfigyelhető a korábbi években **égetéssel** kezelt területeken. Az így képződött szabad talajfelszínnek a fiatal parlagokhoz hasonlóan kiváló lehetőséget nyújtanak a pionír és invazív fajok megtelepedéséhez is.

A faj felszaporodása különösen parlagokon, irtáseredetű gyepeken teljesebben ki, ahol nincsenek jelen elegendő mennyiségben a jó kompetíciós képességű állományalkotó pázsitfűvek. A **túllegeltetés majd pedig a legeltetés felhagyása** szintén kedvez a faj felszaporodásának. A túllegeltetés esetén is a keletkező nyílt felszínnek jelentik a faj megtelepedésének alapját. A gyepek túllegeltetésekor az állatok taposása fokozza az eróziót, ami meredekebb lejtőkön tápanyagszegényebb és szárazabb mikrohabitatok kialakulásának kedvez. Ez a C₄-es fotoszintézisű pázsitfűfajok felszaporodásához is előnyös. A tápanyagszegény környezet és a kis összborítás – amelyen belül a jó kompetíciós képességű fajok borítása különösen kicsi – nagymértékben hozzájárul a fenyérfű felszaporodásához.

Megtelepedését segítheti a **gyeptéglák** kitermelése, az **egykori bányászati tevékenység**, de a **cserjeirtás** is. Sőt a jelenléte esetén felszaporodását okozhatja a rossz időben végzett szárzúzás és kaszálás is. A faj belső invádorként való viselkedése valószínűsíthető az eredetileg **nedvesebb termőhelyek kiszáradása** során is, illetve bizonyos **irtáseredetű xero-, xero-mezofil gyepek** esetében is. A fenyérfű által dominált gyepek stabilizálódására lehet számítani azokon a területen, ahol a **kaszálásos vagy szárzúzásos kezelés** célja csupán a becserjésedés megakadályozása.

A fenyérfű **növekedési formái** jó indikációs értékűek, kifejezik a fenyérfűdominancia rangját és a társulásban betöltött szerepét. Ha a fenyérfű **optimális legelőterhelés során lassan kerül be** egy stabil szerkezetű gyepebe, ott kontrollálva marad a többi állományalkotó faj által. Nem okoz jelentős mértékű fajszám- és diverzitáscsökkenést, illetve nagymértékű változásokat a gyepe belső szerkezetében. Inváziója nem valószínű. Kis-, illetve közepes méretű zombékokat képez. Vegetatívan és generatívan egyaránt képes szaporodni, ám korlátozott mértékben. **Erősen stresszelt környezetben** alacsony gyepeket képez, sekélyen gyökerezik, hajtásait szorosan egymás mellett fejleszti, és elsősorban vegetatívan szaporodik. A taposás miatt a nem formál nagy zombékokat, nem nyomja el a többi fajt. **Magas és zárt gyepeben** a hajtások távolabb helyezkednek el egymástól, méretük megnő, a szártagok megnyúlnak, és többségük virágot hoz, vagyis a növény megpróbál a gyepe fölé nőni, illetve eljutni a közvetlen környezetében levő esetleges nyílt foltok felé. **Ruderális és középidős parlagokon**, csupasz felszíneken ahol még nem elég erősek a belső önszabályozási mechanizmusok ott mértéktelenül elszaporodhat, jelentősen lassítva ezzel a gyepe regenerációt. Ebben az esetben vegetatív és generatív módon egyaránt képes szaporodni, mélyen gyökerezik, hajtásait sűrűn fejleszti, óriási töveket hoz létre, és nagyon sok utódot produkál (BARTHA 2007a).

A fenyérfű gyakran jelentős mennyiségű avart képez, ami sokáig az egyedek körül marad, negatívan befolyásolva a diverzitást (DEÁK et al. 2011).

A fenyérfű terjedése elnyomó hatása miatt **kezelési kérdéseket** is felvet. Az ellene való védekezés gyakran nagyon bonyolult és költséges (MITTELHAUSER et al. 2011; RUFFNER és BARNES 2012), bár vegetációdinamikai megközelítésből felvetődhet a regenerációs folyamatok kivárása beavatkozások nélkül. Ez azonban több tíz évet is igénybe vehet.

Egy másik kezelés lehet a **legeltetés** is, bár a fenyérfű rossz takarmányértéke miatt a juhlegelők esetében csak az aktuálisan is optimálisan hasznosított legelők esetében jelenthet megoldást az „A” stádium fenntartásával. Fontos, hogy a fokozott taposás és legelés következtében ne keletkezzen számottevő kiterjedésű szabad talajfelszín, ugyanakkor az állatok ne tudjanak igényeik szerint válogatni. Így az alacsony – olykor 2-3 cm-es – gyepe magasság esetén kompetitív előnyeit nem tudja kihasználni. A vonatkozó irodalom (GILLEN és BERG 2001) és saját tapasztalataink alapján a húshasznú szarvasmarhával történő legeltetés javasolható a leginkább.

Nemzetközi irodalmi adatok alapján a **kontrollált égetés** egy viszonylag olcsó és kis élőmunka-igényű megoldást jelenthet a felhalmozódott avarral szemben (RYSER et al. 1995). A texasi prérin (RUCKMAN et al. 2012, ANDRUK 2014) és Nyugat-Ausztráliában (GOSPER et al. 2011) nagy intenzitású égetéssel sikerült megakadályozni a faj terjedését.

Az észak-amerikai prérikon a késői **kaszálás** és az azt követő szénaeltávolítás elterjedt kezelési mód, amely a C₃ anyagcseréjű fajok fennmaradásának és elszaporodásának kedvez (CHU et al. 2006), sőt gyorsítható vele az új fajok

betelepülése (BONANOMI et al. 2006) is. Ezzel szemben a fenyérfű visszaszorítására beállított kísérleteinkben a kaszálás sem hozta meg a várt eredményt, így vizsgálataink alapján a kaszálás önmagában nem javasolható a fenyérfű visszaszorítására. A **felülszórás** kísérleteink alapján önmagában szintén nem elégséges a fenyérfű visszaszorítására, különösen extrém száraz körülmények között, ahol a termesztett pázsitfűfajaink kompetíciós ereje is csökken. A kísérletünkben felülszórt parcellák közül a legjobb terméseredményt a *Dactylis glomerata* adta, 13 t/ha éves zöldtermést. A többi parcellánál csak egy-két t/ha-ral nagyobb terméshez azonban a legkisebb nyersfehérje-tartalom társult, és e fajnál is jelentős fajszámcsökkenést tapasztaltunk a parcellákon. A **tápanyag-utánpótlás** szintén nem szorította vissza a fenyérfűvet, de a legnagyobb termést – 16 t/ha zöldtömeget – a trágyázott és kaszált parcellák adták. Az istállótrágyázás az összborítást és a fajszámot némiképp megnövelte, így hasonló területeken a tesztelt kezelések közül ez javasolható leginkább a hasonló adottságú gyepeken.

A fenyérfűvet jelenlegi ismereteink alapján nagyon nehéz tartósan visszaszorítani, ezért további kutatásokra van szükség annak megállapítására, hogy ezt milyen módszerekkel lehet sikeresen megoldani. Az ezt követő élőhely-helyreállításszintén nagyon nehéz feladat a fenyérfű által termelt allelopatikumok miatt (GREER et al. 2014), amelyek a gyepi fajok többségére nézve kedvezőtlenek. Ezért további vizsgálatokra van szükség, amelyek pontosan meghatározzák ezen allelopatikumok többi növényfajra gyakorolt hatását. Ideális megoldást természetesen a fenyérfű elszaporodásának megelőzésével a megfelelő mértékű és módszerű gyephasznosítás ad. Egy a közelmúltban Belső-Mongóliában végzett kutatás alapján a C₄-es fűfajok elterjedését a vegetációs időszakban mérhető hőmérséklet befolyásolja, míg a legelési nyomás hatása nem volt szignifikáns (AUERSWALD et al. 2012). Ennek következtében a faj szerepe a klíma melegedésével a magyarországi növénytársulásokban is jelentősen változhat, ha a klímaváltozás felborítja a C₃-as és C₄-es fajok arányát. Ezért az invazív és az belső inváziót okozó fajok viselkedésének vizsgálata továbbra is fontos kérdés marad a társulásokökológiában (FOLLAK 2011, ŠLIC et al. 2012).

A TÉZISFÜZETBEN HIVATKOZOTT IRODALMAK JEGYZÉKE

- AFFLERBACH C. (2013): *Invasion of Texas rangelands by king ranch bluesteam (Bothriochloa ischaemum): the role of nutrient availability, niche partitioning and mycorrhizal fungi*. BSc. Honors thesis. San Antonio, Texas, USA: Trinity University. 50. p.
- ANDRUK C. M. (2014): *Restoration of Central Texas Savanna and Woodland: the Effects of Fire, Deer and Invasive species on plant community Trajectories*. The University of Texas at Austin. 125. p.
- AUERSWALD K., WITTMER M. H. O. M., BAI Y., YANG H., TAUBE F., SUSENBETH A., SCHNYDER H. (2012): C₄ abundance in an Inner Mongolia grassland system is driven by temperature–moisture interaction, not grazing pressure. *Basic and Applied Ecology* 13: 67–75. p.
- BALÁZS F. (1960): A gyepek botanikai és gazdasági értékelése. *A Keszthelyi Mezőgazdasági Akadémia Kiadványai*, 8: 3–28. p.
- BARTHA S. (2007a): Kompozíció, differenciálódás és dinamika az erdőssztyepp biom gyepeiben. 72–103. p. In: ILLYÉS E., BÖLÖNI J. (szerk.): *Lejtőssztyepek, löszgyepek és erdőssztyeprétek Magyarországon*. Budapest, 236 p.
- BARTHA S. (2007b): A vegetáció leírásának módszertani alapjai. 92–113. p. In: HORVÁTH A., SZITÁR K. (szerk.): *Agrártájékos növényzetének monitorozása. A hatás-monitorozás elméleti alapjai és gyakorlati lehetőségei*. MTA ÖBKI, Vácrátót, 240 p.
- BARTHA S., KERTÉSZ M. (1998): The importance of neutral-models in detecting interspecific spatial associations from 'trainsect' data. *Tiscia*, 31: 85–98. p.
- BARTHA S., CAMPATELLA G., CANULLO R., BÓDIS J., MUCINA L. (2004): On the importance of fine-scale spatial complexity in vegetation restoration. *International Journal of Ecology and Environmental Science*, 30: 101–116. p.
- BARTHA S., HORVÁTH A., VIRÁGH K., MOLNÁR E., ILLYÉS E., TÜRKE I. (2006): Mikrocönológiai monitorozás és módszertani vizsgálatok. *Botanikai Közlemények* 93: 126. p.
- BARTHA S., ZIMMERMANN Z., HORVÁTH A., SZENTES SZ., SUTYINSZKI ZS., SZABÓ G., HÁZI J., KOMOLY C., PENKSZA K. (2011): High resolution vegetation assessment with beta-diversity - a moving window approach. *Journal of Agricultural Informatics*, 2 (1):1–9. p.
- BONANOMI G., CAPORASO S., ALLEGREZZA M. (2006): Short-term effects of nitrogen enrichment, litter removal and cutting on a Mediterranean grassland. *Acta Oecologica*, 30: 419–425. p.
- CHU Y., HE W. M., LIU H. D., LIU J., ZHU X. W., DONG M. (2006): Phytomass and plant functional diversity in early re-restoration of the degraded, semi-arid grasslands in northern China. *Journal of Arid Environments*, 67: 678–687. p.
- CLELAND E. E., CHUINE I., MENZEL A., MOONEY H. A., SCHWARTZ M. D. (2007): Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology & Evolution*, 22: 357–365. p.
- DEÁK B., VALKÓ O., KELEMEN A., TÖRÖK P., MIGLÉCZ T., ÖLVEDI T., LENGYEL SZ., TÓTHMÉRÉSZ B. (2011): Litter and graminoid biomass accumulation suppresses weedy forbs in grassland restoration. *Plant Biosystems*, 145 (3): 730–737. p.

- ENDRESZ G., SOMODI I., KALAIPOS T. (2013): Arbuscular mycorrhizal colonization of roots of grass species differing in invasiveness. *Rangeland Ecology and Management*, 66 (3): 376–381. p.
- FOLLAK S. (2011): Potential distribution and environmental threat of *Pueraria lobata*. *Central European Journal of Biology*, 6: 457–469. p.
- GABBARD B. L., FOWLER N. L. (2007): Wide ecological amplitude of diversity-reducing invasive grass. *Biological Invasions*, 9: 149–160. p.
- GEORGE A. D., O'CONNELL T. J., HICKMAN K. R., LESLIE D. M. Jr. (2013): Food availability in exotic grasslands: a potential mechanism for depauperate breeding assemblages. *Wilson Journal of Ornithology*, 125 (3): 526–533. p.
- GOSPER C. R., YATES C. J., PROBER S. M., WILLIAMS M. R. (2011): Fire does not facilitate invasion by alien annual grasses in an infertile Australian agricultural landscape. *Biological Invasions* 13: 533–544. p.
- GREER M. J., WILSON G. W. T., HICKMAN K. R., WILSON S. M. (2014): Experimental evidence that invasive grasses use allelopathic biochemicals as a potential mechanism for invasion: chemical warfare in nature. *Plant and Soil*, 385 (1): 165–179. p.
- HARMONEY K. R., STAHLMAN P. W, HICKMAN K. R, (2004): Herbicide effects on established yellow old world bluestem (*Bothriochloa ischaemum*). *Weed Technology*, 18 (3): 545–550. p.
- HÁZI J., BARTHA S., SZENTES SZ., WICHMANN B., PENKSZA K. (2011): Seminatural grassland management by mowing of *Calamagrostis epigejos* in Hungary. *Plant Biosystems*, 145 (3): 699–707. p.
- JUHÁSZ-NAGY P. (1980). *A cönológia koegzisztenciális szerkezeteinek modellezése*. Akadémiai doktori értekezés, Budapest
- JUHÁSZ-NAGY P. (1993): Notes on compositional diversity. *Hydrobiologia*, 249: 173–182. p.
- JUHÁSZ-NAGY P., PODANI J. (1983): Information theory methods for the study of spatial processes in succession. *Vegetatio*, 51: 129–140. p.
- MITTLEHAUSER J. R., BARNES P. W., BARNES T. G. (2011): The effect of herbicide on the reestablishment of native grasses in the Blackland Prairie. *Natural Areas Journal*, 31: 226–233. p.
- ROBICHAUD P. R., BEYERS J. L., NEARY D. G. (2000): Evaluating the effectiveness of postfire rehabilitation treatments. General technical report RMRS-GTR-63. U.S. Department of Agriculture, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Colorado.
- ROXBURGH S.H., CHESSON P., (1998): A new method for detecting species associations with spatially autocorrelated data. *Ecology*, 79: 2180-2192. p.
- RUCKMAN, E., SCHWINNING, S., LYONS, K. (2011). Effects of phenology at burn-time on fire recovery in an invasive grass. *Restoration Ecology*, 20 (6): 756-763. p.
- RUFFNER M. E., BARNES T. G. (2012): Evaluation of herbicide and disking to control invasive bluestems in a south Texas coastal prairie. *Rangeland Ecology and Management*, 65 (3): 277–285. p.
- RYSER P., LANGENAUER R., GIGON A. (1995): Species richness and vegetation structure in a limestone grassland after 15 years management with six biomass removal regimes. *Folia Geobotanica and Phytotaxonomia*, 30: 157–167.

- SCHMIDT C. D., KAREN C. R. HICKMAN C., CHANNELL R., HARMONEY K., STARK W. (2007): Competitive abilities of native grasses and non-native (*Bothriochloa* spp.) grasses. *Plant Ecology*, 197: 69–80.
- SIMON T. (2000): A magyarországi edényes flóra határozója. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 845 p.
- ŠILC U., VRBNIČANIN S., BOŽIĆ D., ČARNI A., STEVANOVIĆ Z. D. (2012): Alien plant species and factors of invasiveness of anthropogenic vegetation in the Northwestern Balkans – a phytosociological approach, *Central European Journal of Biology*, 7: 720–730. p.
- SUZUKI S., KUDO G. (1997): Short-term effects of simulated environmental change on phenology, leaf traits, and shoot growth of alpine plants on a temperate mountain, northern Japan. *Global Change Biology*, 3: 108–115. p.
- van der MAAREL E., FRANKLIN J. (Szerk.)(2012): *Vegetation ecology*, Wiley-Blackwell, Oxford, 572 p.
- VIRÁGH K. (2002): A *Bothriochloa ischaemum* (fenyérfű) szerepe a löszgyepek degradációjában és regenerációjában. 79–81. p. In: FEKETE G. (Szerk.): *A Magyar Tudományos Akadémia Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete 50 éve (1952–2002)*. MTA ÖBKI, Vácrátót, 460 p.
- VIRÁGH K. (2007): Kísérletes sztyeppredinamikai vizsgálatok. 176–183. p. In: HORVÁTH A., SZITÁR K. (szerk.): *Agrártájak növényzetének monitorozása. A hatásmonitorozás elméleti alapjai és gyakorlati lehetőségei*. MTA ÖBKI, Vácrátót, 240 p.
- VIRÁGH K., HORVÁTH F., BOKROS S. (1995): Modelling the regeneration dynamics of a Hungarian loess steppe community. 214. p. In: DEMETER A., PEREGOVIĆ L.(Szerk.): *Ecological processes: Current status and Perspectives*. Abstracts of EURECO'95, 7th European Ecological Congress. Budapest, August 20–25, Hungary. 294. p.
- VIRÁGH K., HORVÁTH A., BARTHA S., SOMODI I. (2006): Kompozíciós diverzitás és términtázati rendezettség a szálkaperjés erdőssztyepprért természetközeli és zavart állományaiban. 89–110. p. In: MOLNÁR E. (Szerk.): *Kutatás, oktatás, értékteremtés*, MTA ÖBKI, Vácrátót, 244. p.
- WHITE L., DEWALD C. (1996): Yield and quality of WW-Iron master and Caucasian bluestem regrowth. *Journal of Range Management*, 49: 42–45. p.
- WILSON G. W. T., HICKMAN K. R., WILLIAMSON M.M. (2012): Invasive warm-season grasses reduce mycorrhizal root colonization and biomass production of native prairie grasses. *Mycorrhiza*, 22 (5): 327–336. p.
- WITTMER M. H. O. M., AUERSWALD K., BAI Y. F., SCHAUFLE R., SCHNYDER H. (2010): Changes in the abundance of C₃/C₄ species of Inner Mongolia grassland: evidence from isotopic composition of soil and vegetation. *Global Change Biology*, 16 (2): 605–616. p.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Lektorált, impakt faktoros folyóiratcikk idegen nyelvű:

1. Fraser L. H., Pither J., Jentsch A., Sternberg M., Zobel M., Askarizadeh D., Bartha S., Beierkuhnlein C., Bennett J. A., Bittel A., Boldgiv B., Boldrini I. I., Bork E., Brown L., Cabido M., Cahill J., Carlyle C. N., Campetella G., Chelli S., Cohen O., Csergo A. M., Díaz S., Enrico L., Ensing D., Fidelis A., Fridley J. D., Foster B., Garris H., Goheen J. G., Henry H. A. L., Hohn M., Jouri M. H., Klironomos J., Koorem K., Lawrence-Lodge R., Long R., Manning P., Mitchell R., Moora M., Müller S. C., Nabinger C., Naseri K., Overbeck G. E., Palmer T. M., Parsons S., Pesek M., Pillar V. D., Pringle M.R., Roccaforte K., Schmidt A., Shang Z., Stahlmann R., Stotz G. C., Sugiyama S., Szentes Sz., Thompson D., Tungalag R., Undrakhbold S., van Rooyen M., Wellstein C., Wilson J. B., Zupo T. (2015): Worldwide evidence of a unimodal relationship between productivity and plant species richness. *Science* 349 (6245): 302-305. IF: 31,477
2. Bartha S., Szentes Sz., Horváth A., Házi J., Zimmermann Z., Molnár C., Dancza I., Margóczy K., Pál R., Purger D., Schmidt D., Óvári M., Komoly C., Sutyinszki Zs., Szabó G. Csathó A. I., Juhász M., Penksza K., Molnár Z. (2014): Impact of midsuccessional dominant species on the diversity and progress of succession in regenerating temperate grasslands. *Applied Vegetation Science* 17(2): 201-213. IF: 2,548
3. Szentes Sz., Sutyinszki Zs., Szabó G., Zimmermann Z., Házi J., Wichmann B., Hufnágel L., Penksza K., Bartha S. (2012): Grazed Pannonian grassland beta-diversity changes due to C₄ yellow bluestem. *Central European Journal of Biology* 7(6): 1055-1065. IF: 0,818

Lektorált nem impakt faktoros folyóiratcikk idegen nyelvű:

1. Bartha S., Zimmermann Z., Horváth A., Szentes Sz., Sutyinszki Zs., Szabó G., Házi J., Komoly C., Penksza K. (2011): High resolution vegetation assessment with beta-diversity – a moving window approach. *Agricultural Informatics*. 2(1): 1-9.

Lektorált nem impakt faktoros folyóiratcikk magyar nyelvű:

1. Szentes Sz., Sutyinszki Zs., Szabó G., Zimmermann Z., Járdi I., Házi J., Bartha S., Penksza K. (2012): A fenyérfű (*Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng 1936) gyep-fajösszetételére gyakorolt hatásainak vizsgálata mikrocönológiai módszerekkel. *Animal welfare, etológia és tartástechnológia* 8(1): 88-102.
2. Szentes Sz., Sutyinszki Zs., Zimmermann Z., Szabó G., Járdi I., Házi J., Penksza K., Bartha S. (2011): A fenyérfű (*Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng 1936) gyep béta-diverzitására gyakorolt hatásainak vizsgálata és értékelése mikrocönológiai módszerekkel. *Tájökológiai Lapok* 9 (2): 463-475.