

Homokpusztagyepék nem-egyensúlyi dinamikájának kísérletes vizsgálata

OTKA 034790 Zárójelentés

Bevezető megjegyzések

A szemiarid gyepek organizációs mechanizmusának vizsgálata keretében pályázatunkban a természetes és kísérleti bolygatásoknak az évelő homokpusztagyepék diverzitására és dinamikájára gyakorolt hatását kívántuk feltárni.

A különböző természetes bolygatási rezsimek és gyakran a herbivóriát/legelés/ felváltó legeltetés a szemiarid és arid társulások működésének integráns részét képezik. A különböző típusú bolygatások hatására nem-egyensúlyi típusú foltdinamikák indukálódnak, amelyek gyakran növelik a társulások fajdiverzitását.

A nem-egyensúlyi foltdinamikák fontos bolygatási ágensei lehetnek:

- a limitált csapadék variabilitása
- a természetes fizikai /állatok, szél, tűz/ bolygatások
- a herbivoria, illetve a legeltetés

Pályázatunkban a lehetséges folt-dinamikai folyamatokat generáló hatások közül a természetes lokális állati bolygatások, valamint az aszály hatásának vizsgálatát állítottuk középpontba.

A bolygatások mértékének hatásait, az idő tényező valamint a propagulum mennyiségének és minőségének hatásait és a kriptogám réteg szerepét kísérletek beállításával vizsgáltuk.

Munkatervünk összeállításában korábbi OTKA pályázatunk „Homokpusztagyepék szerveződése és differenciálódása mechanizmusának vizsgálata és értelmezése szimulációs medellel” eredményei és azokra alapozott hipotéziseink, valamint az OTKA-MTA-NSF kooperációban az amerikai partnerrel történt tematikus egyeztetés játszottak szerepet.

Egy tudományos feladat megoldása, jelen esetben a pályázat tervezett szakmai célkitűzéseinek végrehajtása, mindig egy tanulási, tapasztalatszerzési folyamat is. A munka közben szerzett tapasztalatok alapján, a körülmények esetleges változásával az eredeti kérdésselvetések átértékelődhetnek, esetleg más hangsúlyt kapnak, így a munkaterv is némileg módosulhat.

A munkánkat meghatározó pályázati munkatervünkben alapvető változások nem, de hangsúlyeltolódások történtek.

- A global change (szárazodás, EU csatlakozással földhasználat változások, felhagyások) erősödő hatásai előtérbe helyezték a Duna-Tisza közti Homokhátság ökológiai és szociológiai problémáit, a károk megelőzésének és mérséklésének lehetőségeit /lásd VAHAVA Projekt/ Ez munkánkban olyan impulzust jelentett, hogy az extenzivebb klimagradiens kontextust preferáló eredeti elképzelésünk helyett fontosabbá vált a vízhiánytól szenvedő hokhátsági térség gypedinamikájának intenzivebb feltárása, így kísérleteinket erre a területre összpontosítottuk.
- A 2000. és 2003. években közbelépett a Természet “a nagy experimentátor”, két súlyos aszályt produkálva. Ennek számunkra számos előnye származott, főként a táji szintű folyamatok jelentőségének tudatosításában, ugyanakkor az azévből beállított kísérleteink egy részét tönkretette.
- Ahogy ezt már korábban /2002.évi jelentés/ jeleztük, a tervezett vizsgálatok közül néhányat módosítottunk illetve kihagytunk, emellett viszont a munkatervben előre nem tervezett vizsgálatokat és mintavételezést is elvégeztünk. Elvetettük a vízhozzáadást a

kísérletes bolygatási kísérletben részben a klímaprognózisokra való tekintettel, részben logisztikai nehézségek miatt. A talaj C és N tartalom változásainak tervezett vizsgálatát a talajok igen alacsony elemtartalmából következő detektálási nehézségek miatt vetettük el. Indokolta ezt a döntést az is, hogy a leggyakoribb lokális állati zavaráshoz, az erdei egér túrásokhoz, mint vizsgálatainkból kiderült, nem kapcsolódik olyan tevékenység (pl állandó jelenlét, ürülék felhalmozás, táplálék felhalmozás) ami esetleg tápanyagdúsuláshoz vezetne.

- Eredetileg nem terveztük viszont az aszály hatására bekövetkező spontán pusztulás vizsgálatát, a korábban elvégzett táji léptékű vizsgálatok megismétlését.
- Munkánk során kitűnt, hogy a Pannon homoki erdőssztyepp mozaik egyik elemét képező homokpusztagyeppek dinamikájában a mozaik fás komponenseinek is jelentős szerepe van, és a különböző léptékek – folt, táj, régió – kapcsolata igen fontos ebben a mechanizmusban. Így a jelenségeket és folyamatokat egy “hierarchikus foltdinamikai paradigma” koncepció jegyében kell értelmezni. Ezért vizsgálatainkat kiterjesztettük a munkatervben eredetileg ugyancsak nem szereplő témára, a domináns gyeppalotó *Festuca vaginata* és a gyeppel mozaikot képező *Populus alba* cserjés dinamikai kapcsolatára.
- Hasznosnak bizonyult továbbá a mintavételezés és adatfeldolgozás tanulságainak elemzése, amelyet korábban nem terveztünk.

A végrehajtott kutatási feladatok 7 pontban foglalhatók össze:

1. Az évelő nyílt homokpusztagyep eltérő klimatikus feltételek között létező állományainak viselkedése a bolygatásokkal szemben.

Előző OTKA pályázatnak során kimutattuk, hogy az évelő nyílt homokpusztagyep különböző klimatikus feltételek között megtalálható állományai között jelentős kompozicionális és szerkezetbeli különbségek vannak, amelyeket az eltérő táji környezet (erdősültség) tovább növel. Feltételeztük tehát, hogy a természetes bolygatások típusában és kiterjedésében is jelentős különbségeket találunk.

Ezért 2001 nyarán egy klímagradiens két végpontján, Gönyűn és Fülöpházán felmértük a természetes bolygatások típusát és kiterjedését.

Az állati bolygatások típusa és kiterjedése

Az eredmények azt mutatják, hogy a zártabb gönyűi és a nyílt fülöpházi gyepre eltérő típusú állati bolygatás jellemző. A gönyűi állományokban főleg az erdei élőhelyhez kötődő vaddisznó túr, ám az is inkább a *Calamagrostis epigeios* dominálta, mélyebben fekvő területeket részesíti előnyben, így a túrások a homokpusztagyepnek csupán elenyésző hányadát érintették. A nyílt, javarészt erdőtelen tájban létező fülöpházi gyeppen 2001-ben jelentős mennyiségű erdei egér (*Apodemus sylvaticus*) túrást észleltünk (40db/ha), ám ez is csupán a felszín 0,1 %-át bolygatta meg. A következő évben csökkent a túrások száma, így az érintett gyepterület mérete is. (Részletesebben ld. 3. pont.)

Az aszály okozta pusztulás

Az állati bolygatásnál komolyabb, nagyobb kiterjedésű, ám felszínbolygatással nem járó pusztulást okozott a gyepekben a 2000 évi igen aszályos nyár. A gönyűi humidabb klímában létező gyeppalotó állományokat kevésbé érintette, a területnek csupán 1,6 %-ban tapasztaltunk részleges pusztulást. Az erősen vízlimitált fülöpházi állomány azonban nagyon megsínylette a hosszú vízhiányt: a „fekete foltok” területaránya, ahol a domináns

fűfajok szinte minden egyede elpusztult, 5 %-ról 30 %-ra nőtt. Mivel a pusztulás csak Fülöpházán volt jelentős, a pusztulást követő regeneráció vizsgálatára csak itt állítottunk be kísérletet. (Részletesebben ld. 2. pont.)

A bolygatás hatásának kísérletes vizsgálata

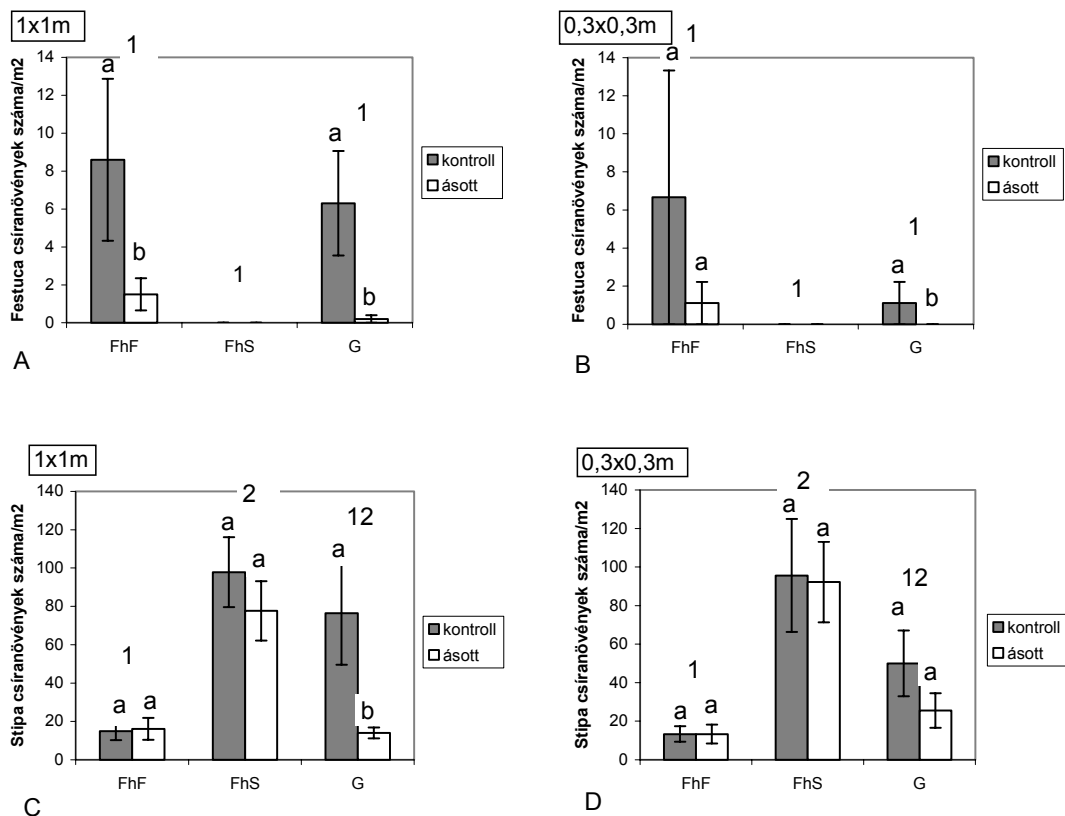
A bolygatás utáni regeneráció sebessége várhatóan függ a klímától, a gyepek szerkezetétől, a bolygatás intenzitásától és az érintett felszín kiterjedésétől. Ennek vizsgálatára a humidabb gönyüi gyepekben és a szárazabb fülöpházi gyepek két (*Stipa* dominálta és *Festuca* dominálta) altípusában 10-10 db 1x1 és 0,3x0,3 m-es mesterséges bolygatásokat állítottunk be felásással, és a kezelt-kontroll kvadrátpárokban nyomon követtük a domináns fűfajok csírázását, megtelepedését, valamint a gyepek regenerációját.

A gyeppalkotó fajok csírázása és megtelepedése

A *Festuca vaginata* a fülöpházi *Stipás* foltokban, ahol a közelben nincs jelentős *Festuca* propagulumforrás egyáltalán nem csírázott, ám a gönyüi és a fülöpházi *Festucás* gyepek között a csíranövények számában nem találtunk különbséget (1.1/A és B ábra).

Szemben a 0,30x0,30m méretű parcellákkal az 1x1 m-es kvadrátokban a kezelés erős különbséget eredményezett: a felásás hatására mind Gönyün, mind Fülöpházán kevesebb *Festuca* csíranövényt találtunk (1.1/A.ábra). A nyári aszályos időszakban azonban mindenhol erős pusztulás jelentkezett, így őszre ez a különbség eltűnt.

A *Stipa borysthena* csíranövények esetében erős különbséget tapasztaltunk a fülöpházi *Festuca* és *Stipa* dominálta foltok között (1.1/C és D ábra), amely a nyarat túlélte megtelepedett egyedek esetében is fennmaradt. A *Festucás*ban, ahol rossz a propagulumellátottság, kevesebb csíranövényt majd megtelepedett egyedeket találtunk, mint a *Stipás* foltokban illetve Gönyün. E faj esetében sem az ásásnak, sem a bolygatás méretének nem volt szignifikáns hatása.

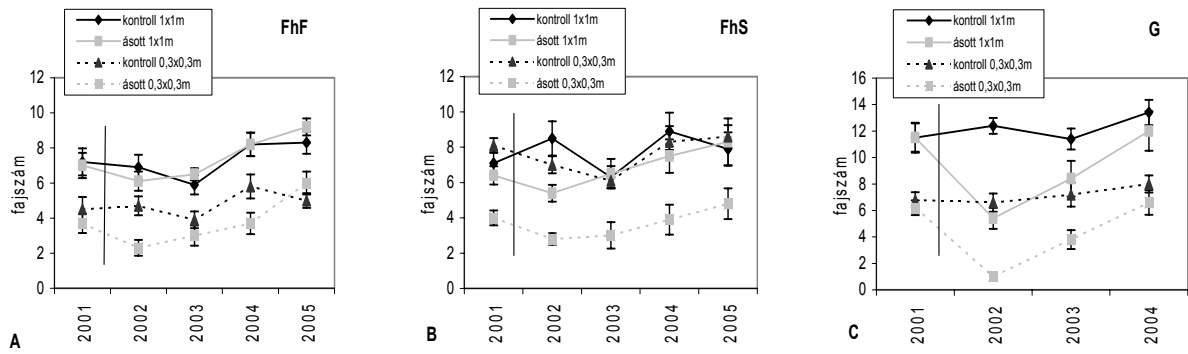


1.1. ábra. *Festuca vaginata* és *Stipa borysthena* csíranövények 1 m²-re számított száma a fülöpházi *Festuca* dominálta (FhF), a fülöpházi *Stipa* dominálta (FhS) és a gönyüi kevert állományban (G) 2002 tavaszán. (Átlag +/- standard hiba, n=10. A számok a helyek, a betűk a kezelések közötti szignifikáns különbséget jelölik (ANOVA, p<0,05).).

A *Stipa* és *Festuca* csírázásában és megtelepedésben talált, kezelés okozta különbség eltér a 4. Pontban ismertetett eredményektől. Ez felhívja a figyelmet a bolygatás időzítésének fontosságára.

A fajszám és a tömegesség alakulása a regeneráció során

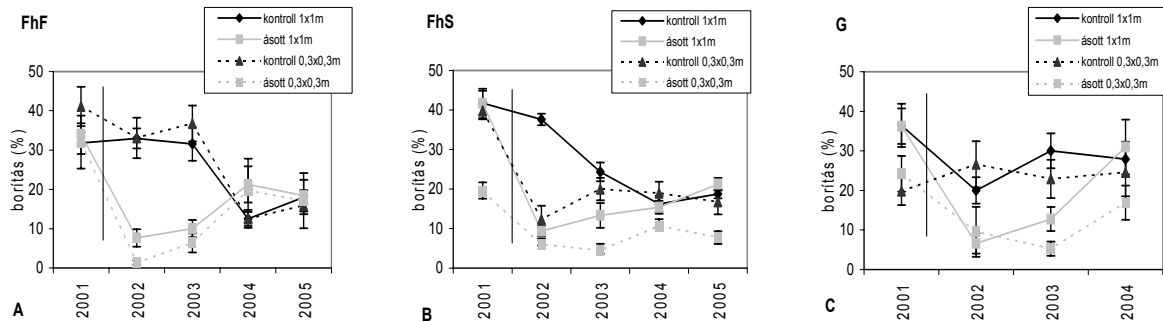
Az ásás okozta bolygatás a fajgazdag, jól szervezett gönyüi gyeppen eredményezte a legnagyobb változást. Az ásott kvadrátokban erősen lecsökkent fajszám a regeneráció során egyenletesen növekedett, majd 2004-re elérte a kontroll kvadrátokra jellemző értéket (1.2/C.ábra). Az eredeti borításviszonyok is lassan állnak helyre. 2004-re az ásott kvadrátokban az összborítás ugyan elérte a kontroll kvadrátok borítását, ám a két domináns gypalkotó borítása alig haladta meg a felásás utáni évben tapasztaltat, helyüket az élőlő kétszikűek vették át.



1.2. ábra. A fajszám alakulása a a fülöpházi *Festuca* dominálta (FhF), a fülöpházi *Stipa* dominálta (FhS) és a gönyüi kevert állományban (G). (Átlag +/- standard hiba, n=10.) A függőleges vonal a felásás időpontját jelzi.

A fülöpházi nyílt gyepten az ásás jóval kisebb fajvesztéssel járt, és a fajok gyorsan visszatelepültek, az ásás utáni második évben már nem volt különbség az ásott és a kontroll kvadrátok között (1.2/A, B ábra). Ennek oka a gyeptérség szerkezetében és a fajok stratégiájában kereshető: a dinamikusan változó vízhiányos nyílt gyepten a felszabaduló helyet és forrásokat azonnal elfoglalják a magbankban mindig jelenlevő egyévesek.

A gyeptérségre jellemző borításértékek a vizsgálat időtartama alatt nem álltak helyre (1.3. ábra). Az élőlétező füvek lassú regenerációja megindult ugyan, ám a 2003 évi rendkívül száraz nyár azt erősen visszavetette. Az erős aszály hatására a kontroll kvadrátokban is jelentős fűpusztulást történt, borításuk az ásott kvadrátoknak megfelelő értékre esett vissza. Az aszály tehát felülírta a kísérletet, és megindult a kezelt és nem kezelt kvadrátok párhuzamos regenerációja.



1.3. ábra. A borítás változása a a fülöpházi *Festuca* dominálta (FhF), a fülöpházi *Stipa* dominálta (FhS) és a gönyüi kevert állományban (G). (Átlag +/- standard hiba, n=10.) A függőleges vonal a felásás időpontját jelzi.

A bolygatás mérete sem Gönyűn, sem Fülöpházán nem befolyásolta a regeneráció sebességét, a 0,3x0,3m-es kvadrátokban zajló folyamatok leképezték az 1 m²-ben zajló jelenségeket.

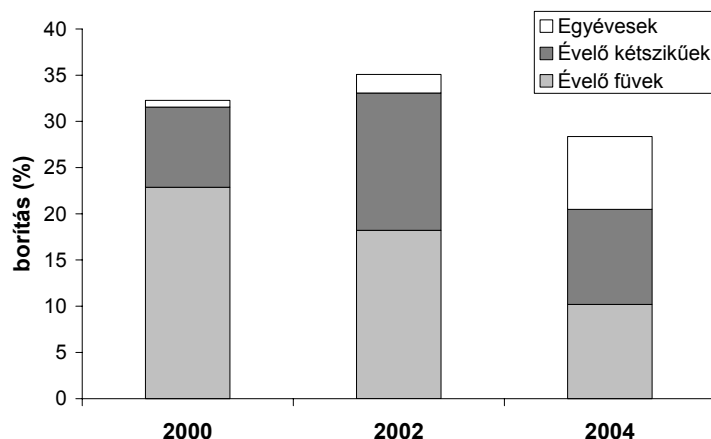
Az aszály rendkívül erős hatása alapján feltételezzük, hogy az élőlétező nyílt homokpusztagyep dinamikájában az állati eredetű bolygatásnál meghatározóbb szerepe van a rendkívüli időjárási eseményeknek.

2. Az aszályok táji- és állományszintű hatásai Fülöpházán.

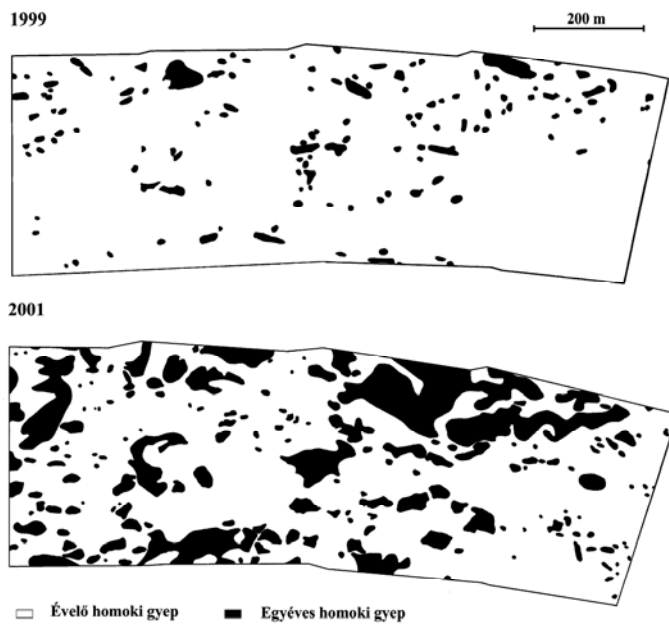
1999-ben és 2000-ben egy intenzív mintavételezést végeztünk a fülöpházi homokbuckásban, amelynek eredeti célja a növényzet általános jellemzése volt. Jelen OTKA pályázat keretében ezeket a vizsgálatokat megismételtük, és ezek az adatok kiváló lehetőséget biztosítottak arra, hogy lemérjük a 2000. és 2003. évi aszály homokpusztagyepekre gyakorolt hatásait. Emellett a 2000. évi aszályt követően célzott módon is kijelöltünk állandó kvadrátokat pusztult és közeli, épen maradt állományokban az aszályt követő regeneráció nyomon követésére.

Táji léptékű növényzeti változások

Egy 50 ha-os területen kihelyezett 200 db 16m²-es kvadrát ismételt felvételezése alapján elmondható, hogy a területen a két aszály (2000, 2003) együttesen az évelő fűek összborítását 23%-ról 10%-ra csökkentette (2.1. ábra). Az első aszály után az évelő kétszikűek még meg tudtak erősödni, de a 2003-as még nagyobb szárazság ezek tömegességét is visszavetette. A 2004-es viszonylag kedvező évet egyedül az egyéves fajok tudták kihasználni, így a gyepek 4 év alatt jelentősen átalakultak.



2.1. ábra. A különböző életformákhoz tartozó fajok borításának változása 200 db 16m²-es kvadrát ismételt felvételezése alapján.

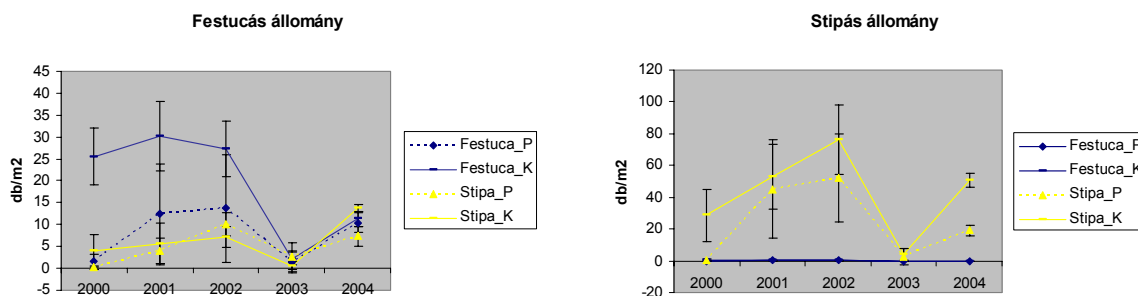


2.2. ábra. Az egyévesek által dominált foltok kiterjedésének változása egy 50 hektáros mintaterületen a 2000 évi aszály hatására.

Az aszály okozta mortalitás helyenként olyan jelentős volt, hogy nagy területekről teljesen eltűnt az évelő sztyepp típusú gyepek, és az egyévesek, valamint mohák-zuzmók által dominált sivatagi jellegű növényzet a terület 5%-áról annak 32%-ára terjedt ki (2.2. ábra). A legnagyobb kiterjedésű pusztult foltok a táj legnyíltabb, szinte teljesen fátlan részein alakultak ki. Ezek a változások – csökkenő összborítás, csökkenő fűborítás, előretörő egyévesek és kiterjedő gyepek nélküli foltok – nagyban egyeznek a korábbi OTKA pályázatunkban klímagrádiens mentén megfigyelt változásokkal és egyfajta elsivatagosodásként értelmezhetők. Így elképzelhető, hogy amennyiben az aszályok gyakoribbá és intenzívebbé válnak a zombékoló fűvek dominálta sztyeppi formációt helyenként az egyévesek dominálta sivatagi karakterű növényzet váltja fel.

Állomány léptékű változások

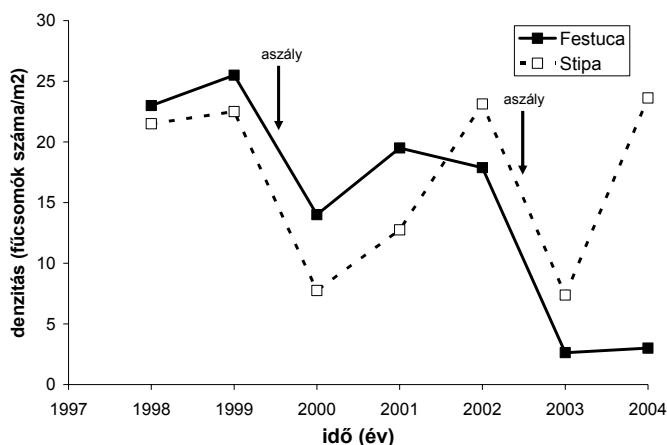
A *Festuca vaginata* és *Stipa borysthena* dominanciájú állományokban, 9-9 ismétlésben elhelyezett 1m²-es felvételpárok (kontroll – pusztult kvadrát) monitorozása alapján kimutattuk, hogy a *Festuca vaginata* aszály utáni regenerációja kisebb mértékű, lassabb folyamat, mint a *Stipa borysthena*-é. Ezt a dinamikai különbséget a két faj között a felnőtt tövek számának alakulása és a megtelepedést célzó vizsgálataink egyaránt jól mutatják (2.3. ábra). A *Stipás* állományokban a *Stipa* egyedszámokban alig van különbség a regeneráció során a pusztult és a kontroll kvadrátokban (csak közvetlenül a 2000-es és 2003-as aszály után van szignifikánsan kevesebb egyed a pusztult kvadrátokban). A *Festucás* állományok esetén a pusztult kvadrátok nagyobb és hosszabban tartó „lemaradásban” vannak. 2000-2002 között nem érte utol a pusztult kvadrát a kontrollt (szign. különbség). 2003-ban pedig a kontroll is visszapusztul (2.3. ábra).



2.3. ábra. A két faj felnőtt egyedeinek száma a pusztult (P) és a kontroll (K) kvadrátokban a kétféle állományban.

Jóval több *Stipa* csíranövény jelenik meg a pusztult kvadrátokban, mint *Festuca*. Ez nemcsak a saját állományában van így, hanem az eredetileg *Festuca* dominanciájú kvadrátokban is. Jellemző, hogy a *Festuca vaginata* csak a saját állományában képes újulni, a *Stipás* állományokból szinte teljesen hiányzik. A gyeppusztulás miatt komoly *Festuca* propagulum limitáció lépett fel, míg a *Stipa* szempontjából ez nem mondható el. Mindez a két faj eltérő propagulum terjedési módjával magyarázható.

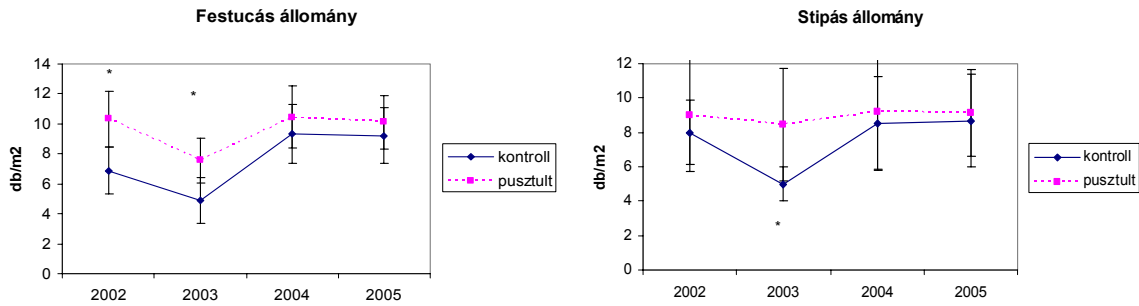
A gyeppusztulás mellett a regeneráció során a dominanciaviszonyok jelentős átrendeződését is tapasztaltuk (2.4. ábra). A domináns fűvek kijelölt kvadrátokban történt egyedszintű monitorozásával kimutattuk, hogy a kezdetben *Festuca vaginata* és *Stipa borysthenica* együttes dominanciájával jellemzett kvadrátokban egyértelműen a *Stipa* vált dominánssá. A két aszályos évnél jelentős hatása volt ebben. Érdekes módon azonban a két faj nem a rezisztenciájában, hanem a rezilienciájában különbözött. Az aszály során mindkét faj nagyon jelentősen visszaesett, azonban a *Stipa* sokkal gyorsabban regenerálódott, s így vált dominánssá. A *Festuca-Stipa* átmenet a homoki szukcesszió már korábban leírt jelensége, úgy tűnik azonban, hogy ezt az átmenetet az aszályos évek felgyorsítják.



2.4. ábra. A homokpusztagyep két gyepalkotó fájának denzitásváltozása vegyes dominanciájú állományban 1998 és 2004 között, (n=8, 1m²-es kvadrátok).

A 2003-ban bekövetkezett második aszály eredményeként oly mérvű volt a pusztulás a kontroll és a már regenerálódó kvadrátokban egyaránt, hogy a kezdeti pusztulásbeli különbség (ami alapján 2001-ben beállítottuk a vizsgálatot) teljesen eltűnt, s a regenerációs folyamatok újra indultak, ezúttal a kontroll parcellákban is.

A Festucas állományokban a domináns gyepalkotó *Festuca* pusztulásával források váltak hozzáférhetővé, ami megnövelte a fajdiverzitást a pusztult állományokban 2002 és 2003-ban (2.5. ábra). Ez azonban idővel csökkenő trendet mutat a regeneráció előrehaladtával. Ez a jelenség a *Stipás* állományban csak 2003-ban mutatkozik egyértelműen. Mindez a *Stipa* gyors regenerációjával magyarázható, így nem enged teret más, szubordinált fajoknak.



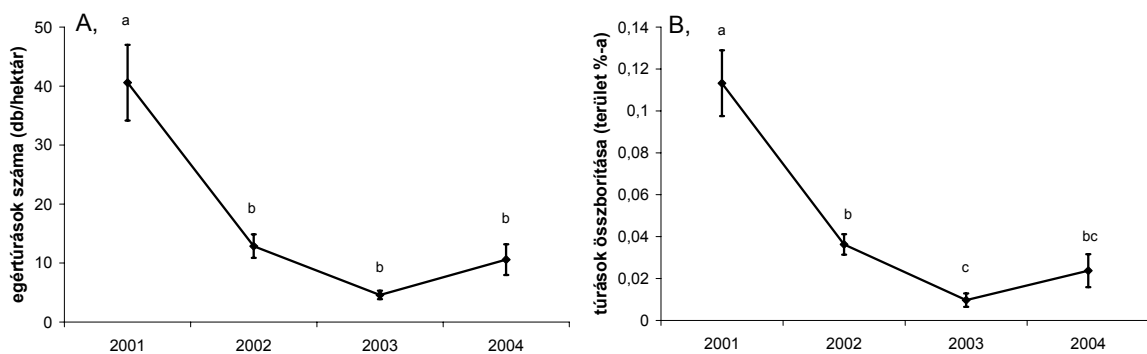
2.5. ábra. A fajszám alakulása a pusztult és a kontroll kvadrátokban a két állományban (*= szignifikáns különbség, $p < 0,05$)

A gap-eket főleg nyári egyéves fajok kolonizálták, amelyek közül *Salsola kali*, *Bassia laniflora*, *Polygonum arenarium* jelentős borítási értékeket is elértek.

Eredményeink ismeretében feltételezzük, hogy a két domináns faj ilyen mérvű dinamikai különbsége mellett – amennyiben újabb, nagy léptékű zavarások nem érik a rendszert – a *Stipa borysthenica* képes lehet a *Festuca vaginata* „leváltására”.

3. A természetes állati bolygatás mértéke és hatásai Fülöpházán.

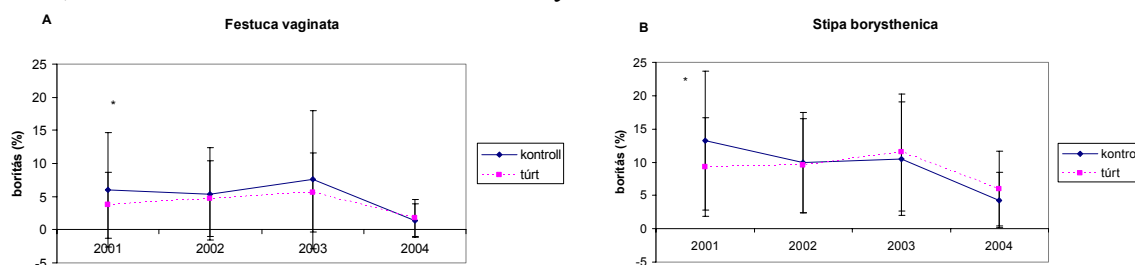
Zoológusokkal történt terepbejárás során (2001) arra a megállapításra jutottunk, hogy a fülöpházi buckásban egyetlen olyan természetes lokális állati bolygatási típus van, amelyik potenciálisan a domináns fűvek egyedeinek pusztulását okozza, és amelyik elég gyakori ahhoz, hogy statisztikailag megfelelő módon vizsgálható legyen ez: az erdei egér (*Apodemus sylvaticus*) túrások. Az egerek ősszel mélyen befúrják magukat a homokba, amit a felszínen egy kis (0,05-0,5 m²) friss homoktúrás jelöl. 2001-től kezdődően hét, félhektáros mintaterületen minden ősszel feltérképeztük a friss erdei egér túrásokat a fülöpházi buckásban. Emellett 2001 őszén kijelöltünk 30 darab átlagos méretű friss túrást, valamint mindegyiktől 2 méterre (ugyanabban az állományban és expozícióban) 30 kontroll kvadrátot, amelyekben 4 éven keresztül monitoroztuk a bolygatás kiváltotta, illetve attól független növényzeti változásokat.



3.1. ábra . Az erdei egér túsások száma (A) és az általuk érintett terület az összterület százalékában kifejezve (B) 2001 és 2004 között Fülöpházán, félhektáros mintaterületeken becslve (átlag +/- standard hiba; n=7; a különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek az évek között (repeated-measure ANOVA és Tukey-teszt)).

2001-et követően nagyon jelentősen visszaesett az erdei egér túsások száma, (3.1/A. ábra), ami a kisemlős populáció méretének csökkentésére utal a területen. Összességében elmondható, hogy a túsások által évente bolygatott felszín rendkívül kicsi (csak 2001-ben éri el a 0,1%-ot, 3.1/B. ábra), így évtizedek alatt is csak a terület töredékét érinti.

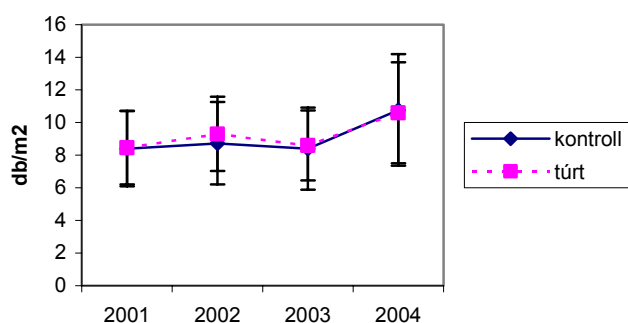
Az erdei egér túsása döntően nem befolyásolta a domináns fűvek (*Stipa borysthena*, *Festuca vaginata*) borítását (3.2/A és B ábra). A zavart kvadrátokban kezdetben tapasztalt szignifikáns borítás csökkenést feltehetően a fűgyedek eltemetése eredményezte, nem pedig ezek zavarás következtében történő elpusztulása. Ez a kezdeti különbség már 2002-ben sem tapasztalható. A 2003-at követő borítás csökkenés mind a zavart, mind a kontroll kvadrátokban az aszálynak köszönhető.



3.2. ábra. A *Festuca vaginata* (A) és a *Stipa borysthena* (B) borításának változása a bolygatott és a kontroll kvadrátokban (* = szignifikáns különbség, $p < 0,05$).

A zavarás (túsás) eredményeként kialakult nagyobb csupasz homokfelszín viszonylag sokáig megmaradt, még 2004-ben is tapasztalható a szignifikáns különbség. A kriptogám borítás sem állt helyre a zavarást követően a kontrollhoz képest.

A zavarás nem volt jelentős mértékű, így a fajdiverzitásban sem mutatkozott statisztikailag kimutatható különbség. (3.3. ábra)



3.3. ábra A fajszám változása a négy év során az erdei egér túsása okozta csupasz és kontroll foltokon.

A zavarást követően nem tapasztalható különbség sem a nyári, sem a tavaszi egyéves fajok borításában a bolygatott és a kontroll kvadrátok között. Inkább az egyes éveknek önmagukban van hatása, függetlenül a zavarástól. Ezzel magyarázható a 2001-es és 2004-es években az aszály utáni hasonlóan magas nyári egyéves borítás mind a kontroll mind a zavart kvadrátokban.

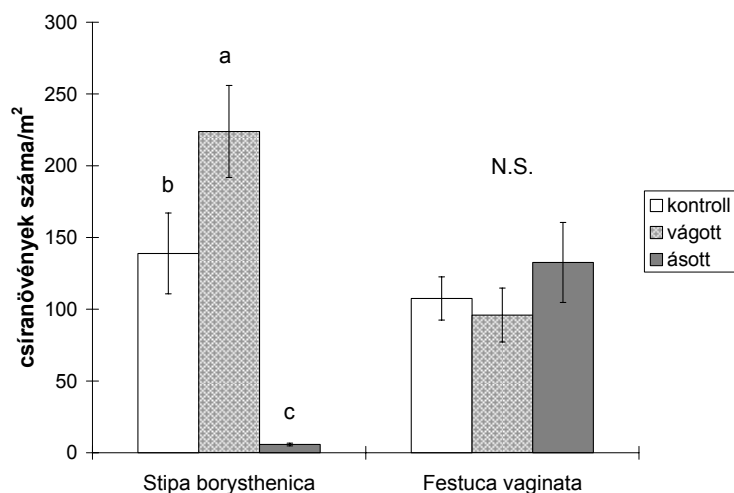
4. A kísérletes bolygatás típusának hatása a gyepregenerációra Fülöpházán.

A gyepet érő bolygatások két nagy csoportba sorolhatók az alapján, hogy a bolygatás talajzavarással nem jár, vagy pedig a talaj bolygatásával is együtt jár. A talajbolygatással nem járó bolygatások közé sorolható az aszály, a tűz, vagy az antropogén hatások közül a legeltetés/túllegeltetés. A talajzavarással is járó bolygatások közé sorolhatók a különböző állati ásások, túrák, de a szántás is. A két bolygatási típus közötti különbségek jelentősen befolyásolhatják a bolygatást követő regenerációt. Azért, hogy a két bolygatási típus hatását vizsgáljuk a regenerációra, egy terepkísérletet állítottunk be már 1999-ben, de a kísérletet jelen OTKA pályázat keretében is tovább folytattuk. A kísérlet során 1 m²-es kvadrátokban három kezelést alkalmaztunk: vágást, ásást és „kontrollt” (4.1. ábra). A vágás szimulálta a talajzavarással nem járó bolygatást. Az ásás szimulálta a talajzavarással járó bolygatást. Egy foltban ennek megfelelően három kvadrátunk volt (vágott, ásott és kontroll), és ezt az elrendezést nyolc olyan foltban állítottuk be, ahol szinte kizárólag a *Stipa borysthena* és nyolc olyanban, ahol a *Festuca vaginata* a gyepalkotó. 2000 tavaszától kezdve monitorozzuk a két gyepalkotó fűfaj csíranövényeinek számát, túlélését, a felnőtt egyedek túlélését és virágzását.



4.1. ábra. A bolygatási típus hatásának vizsgálatára beállított kísérlet az egyik *Festuca* dominálta állományban. Az előtérben az ásott, jobbra fönt a vágott, balra fönt a kontroll parcella, mindegyik 1 m².

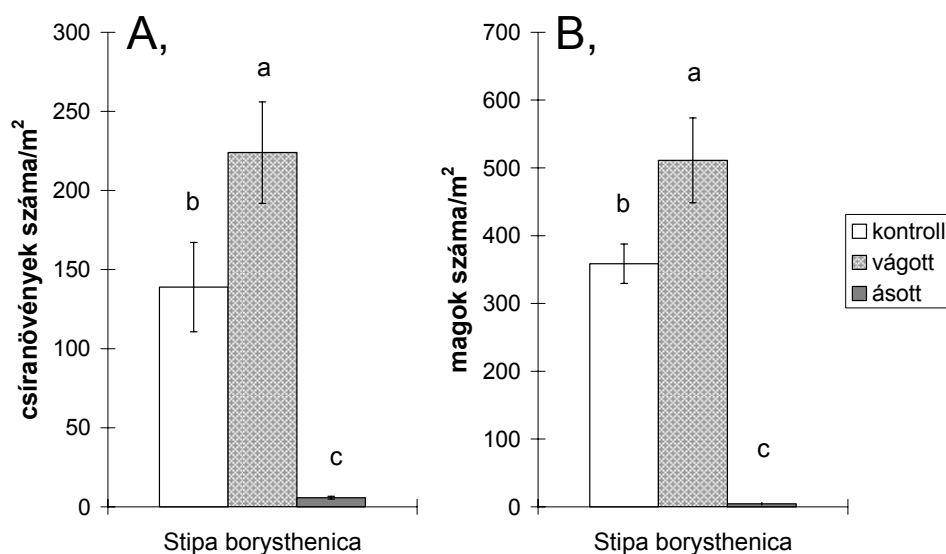
A bolygatást követő első évben a *Stipás* foltokban a *Stipa* igen nagy, a kontrollnál is nagyobb számban csírázott a vágott kvadrátokban, míg alig csírázott az ásott kvadrátokban (4.2. ábra). Ezzel szemben a *Festucás* foltokban a *Festuca vaginata* hasonló számban csírázott mindkét bolygatási típusban és a kontroll kvadrátokban is.



4.2. ábra. *Stipa* csíranövények száma a *Stipa* dominálta foltokban és *Festuca* csíranövények száma a *Festuca* dominálta foltokban, a három kezelési típusban, a bolygatást követő első évben. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek az adott folt típusban (ANOVA, Tukey-teszt, n=8).

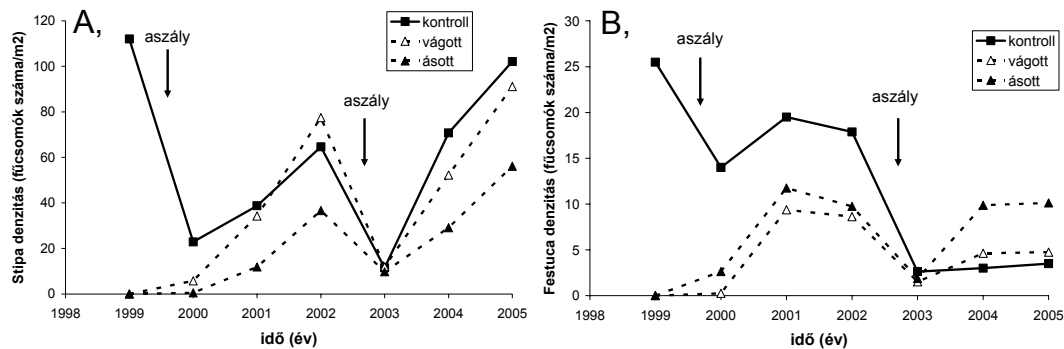
Megfigyeléseink alapján azt feltételeztük, hogy a *Stipa* esetén a két bolygatási típus közötti a regeneráció sebességében mutatkozó különbség a propagulum-elérhetőséggel függ össze. Ezt a feltételezést tesztelendő a következő évben (2000) egy mellékkísérletet állítottunk be a *Stipa* dominálta foltokban, amelyben egy hasonló kísérleti elrendezésben – vágott, ásott, és kontroll kvadrátokban – a magszórás követően összeszámoltuk a *Stipa* magok számát.

Ha összehasonlítjuk a kontroll, vágott és ásott kvadrátokban megjelenő *Stipa* csíranövények számát (4.3. ábra) a mellékkísérletben talált *Stipa* magok számával, akkor nagyon jó egyezést látunk, még ha az abszolút számok különböznek is. A nagymértékű hasonlóság arra utal, hogy a *Stipa* magok hiánya okozza a *Stipa* jóval lassabb visszatelepedését az ásott kvadrátokban a vágott kvadrátokhoz képest. Valójában az történik, hogy a vágott felszínen a kriptogám réteg, a holt szerves anyag és a kisebb egyévesek nagy számban képesek „megfogni”, míg a csupasz ásott felszínről a szél egyszerűen elfújja a nagy repítőszőrökkel rendelkező *Stipa* magokat



4.3. ábra. *Stipa* csíranövények száma a három kezelési típusban (A), és a *Stipa* magok száma az ugyanazokban a foltokban beállított mellékkísérletben (B), közvetlenül a magszórás követően. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek az adott változóra (ANOVA, Tukey-teszt, n=8)

A több éves regenerációs dinamika arra utal, hogy az első évben megfigyelt csíranövény-megtelepedési mintázat alapvetően megszabja a regeneráció menetét. A bolygatást követő harmadik év végén (4.4. ábra 2002) a megtelepedett egyedek száma hasonló mintázatot mutat, mint az első évi csíranövényeké. A *Stipás* foltokban a vágott kvadrátok már meg sem különböztethetők a kontrolltól, míg az ásott kvadrátokban jóval kisebb számban telepedtek meg *Stipa* egyedek. A *Festuca* viszont hasonló számban telepedett meg a két bolygatási típusban; és a regeneráció lassúbb, a bolygatott kvadrátok még nem érték utol a kontrollt. A 2003. évi aszály nagyon jelentős pusztulást okozott, és felülírta a kísérletet; eltüntette a kezelések közötti különbségeket. Az aszályt követő regeneráció azonban sok tekintetben visszatükrözte a bolygatások közötti különbségeket. A *Stipás* foltokban a kontroll és a vágott kvadrátok nagyon gyorsan regenerálódtak, míg az ásott kvadrátok jelentősen lassabban. A *Festucás* foltokban leggyorsabban az ásott foltok regenerálódtak, ami azt mutatja, hogy hosszú távon a *Festuca* terjedésében és fennmaradásában a fizikai bolygatásnak, homokmozgásnak jelentős szerepe van.



4.4. ábra. A *Stipa borysthenica* (A) és a *Festuca vaginata* (B) denzitásának változása a kísérlet 7 éve alatt a *Stipa*, ill. *Festuca* dominálta foltokban, a három kezelési típusban (n=8).

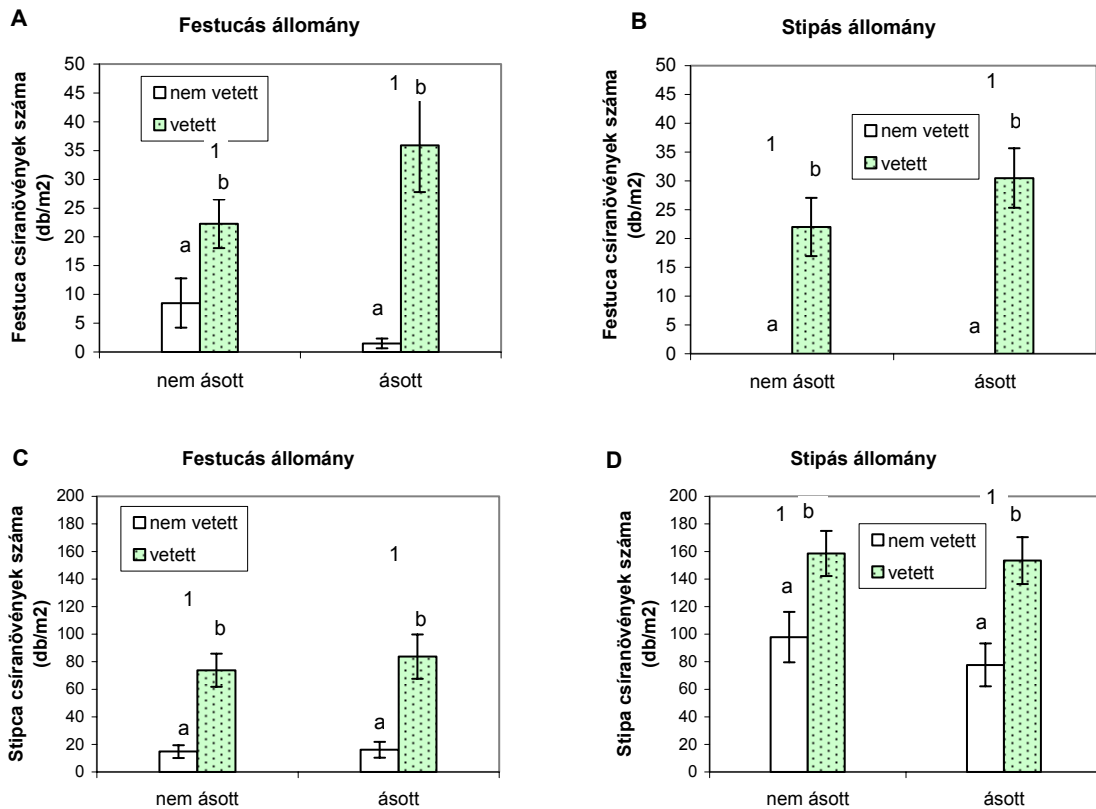
5. A propagulum hozzáadás hatása a bolygatás utáni regenerációra.

A bolygatás hatására létrejött gap-ben folyó szukcesszió menetét és eredményét a klimatikus viszonyok és bolygatás kiterjedése mellett a propagulum elérhetőség is befolyásolja. Ennek vizsgálatára Fülöpházán a *Stipa* és a *Festuca* dominálta állományokban felásással 1 m²-es mesterséges bolygatásokat hoztunk létre, majd a felásott és a kontroll kvadrátok felét felülvetettük a domináns gypalkotók, a *Festuca vaginata* és a *Stipa borysthenica* magjaival. A bolygatást követő első évben rögzítettük a megjelenő csíranövények, majd az első nyarat túlélő „megtelepedett” csíranövények számát, és minden évben cönológiai felvételeket készítettünk, hogy nyomon kövessük a fajszám és borításviszonyok változását.

A gypalkotó fajok csírázása és megtelepedése

A kvadrátokban megjelenő *Festuca vaginata* csíranövények számát az ásás csökkentette, a felülvetés erősen megemelte, mind az ásott, mind a kontroll esetében, a különbség főleg

az ásott kvadrátokban szembetűnő (5.1/A,B ábra). A *Stipás* állományban, ahol a közelben nem volt virágzó *Festuca* tő, csak a felülvetett kvadrátokban találtunk *Festuca* csíranövényt, vagyis a *Festuca* csak a saját állományában tud újulni. Mindez arra utal, hogy egy nagy kiterjedésű, a *Festuca* pusztulásával járó bolygatás után propagulumlimitáció lép fel, így a *Festuca* igen lassan települ vissza.



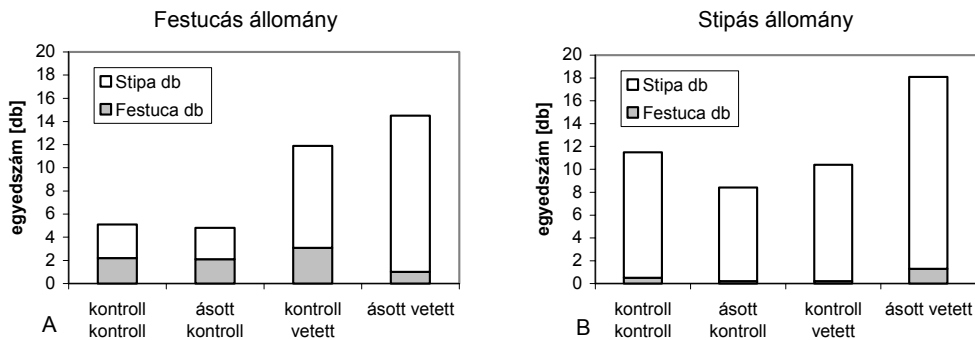
5.1. ábra. *Festuca vaginata* (A, B) és *Stipa borysthenica* (C,D) csíranövények száma különböző kezeléseken. (Átlag +/- standard hiba, n=10. A számok az ásás, a betűk a vetés okozta szignifikáns különbségeket jelölik(ANOVA, p<0,05.).).

A csíranövények ősszel megismételt számlálása azt mutatja, hogy az ásás növeli a csíranövények túlélési arányát, mivel eltávolítja az erős kompetitorokat, a felnőtt egyedeket, ám ennek csak megfelelő propagulumellátottság esetén van jelentősége.

A *Stipa* csíranövények számát az ásás nem befolyásolta, a maghozadás azonban e fajnál is kedvezőnek bizonyult, a felülvetett kvadrátokban szignifikánsan több *Stipa* csíranövényt detektáltunk (5.1/C,D ábra). A két állomány összehasonlítása kimutatta, hogy míg a *Festuca* csak a saját állományában képes újulatot hozni, a *Stipa* felülvetés nélkül is megjelenik a *Festuca* dominálta állományokban. Ennek oka a két faj eltérő magterjedési módjában kereshető.

A kísérlet beállítása utáni harmadik évben számba vettük mindkét faj felnőtt egyedeit, és rögzítettük, hogy ezeknek hány százaléka hozott virágot. Az eredmények alátámasztották előbbi következtetésünket: a *Stipa* képes megtelepedni a korábban *Festuca* dominálta gyepekben (sőt a felülvetett kvadrátokban át is veszi a vezető szerepet) (5.2.ábra), míg a *Festuca* a *Stipás* állományokban csak a 2001-ben felásott és felülvetett kvadrátban tudott

megtelepedni. A virágzási hányadot sem a korábbi ásás sem a korábbi felülvetés nem befolyásolta.

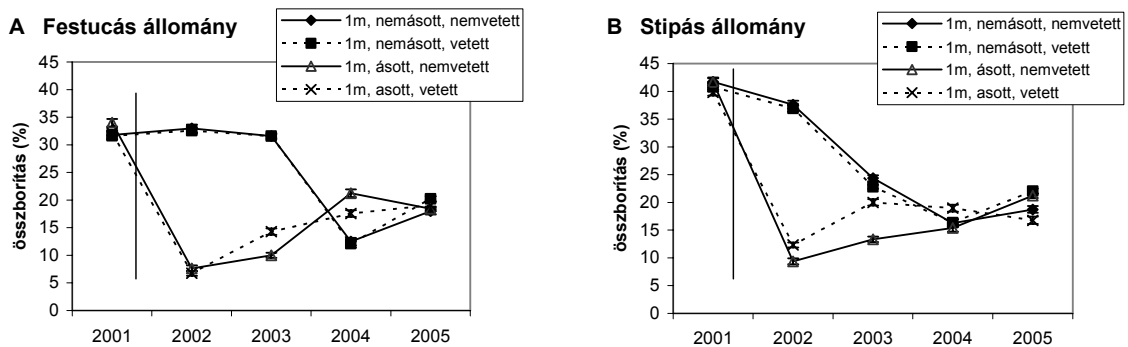


5.2.ábra. A *Festuca vaginata* és a *Stipa borysthenica* egyedszáma a felásás utáni harmadik évben a *Festuca* (A) és a *Stipa* (B) dominálta állományokban (átlag, n=10).

A diverzitás és a tömegesség alakulása a regeneráció során

A szemiaritási gradiens mentén végzett kísérletben tapasztaltak szerint az ásás Fülöpházán nem befolyásolta a diverzitást, mivel ebben az eredendően nyílt gyepekben a magbankban mindig ott vannak az egyévesek propagulumai. Ez támasztja alá ennek a kísérletnek az eredményei is. A fajszám egyik kezelésben sem tért el szignifikánsan a kontroll kvadrátban megállapított fajszámtól.

A gyepek összborítása az ásás utáni évben az ásott kvadrátokban jelentősen alacsonyabb volt, mint a kontrollokban, ám a meginduló regenerációt a kezdeti maghozzáadás nem befolyásolta (5.3.ábra).



5.3.ábra. Az teljes növényzeti borítás alakulása a kezeléseknél *Festuca* (A) és *Stipa* dominálta állományokban (átlag, n=10). A függőleges vonal a felásás és felülvetés időpontját jelzi.

A kontroll kvadrátokban szembevetendő a 2003 évi rendkívüli aszály hatása, amely olyan mértékű gyeppusztulást eredményezett, hogy a borítás visszaesett a felásott kvadrátok szintjére. Ennek az erőteljes borításcsökkenésnek a hátterében a domináns fűfajok pusztulása áll.

Az aszály tehát felülírta a kísérletet, ettől fogva a regeneráció az eredeti kezeléstől függetlenül hasonlóképpen zajlott, mint a 2.pontban ismertetett, az aszály utáni visszatelepődést nyomon követő vizsgálatban.

6. A kriptogám réteg szerepe Fülöpházán.

Az élőlő nyílt homokpusztagyepnek jellegzetessége a jelentős kriptogám borítás. Ez az „élő paplan” befolyásolja a mikroklímát, az edényesek magvainak talajba jutását, csírázását, megtelepedését, ezáltal hatása lehet a gyepek dinamikájára, bolygatás utáni regenerációjára.

A kriptogám borítás kiterjedése

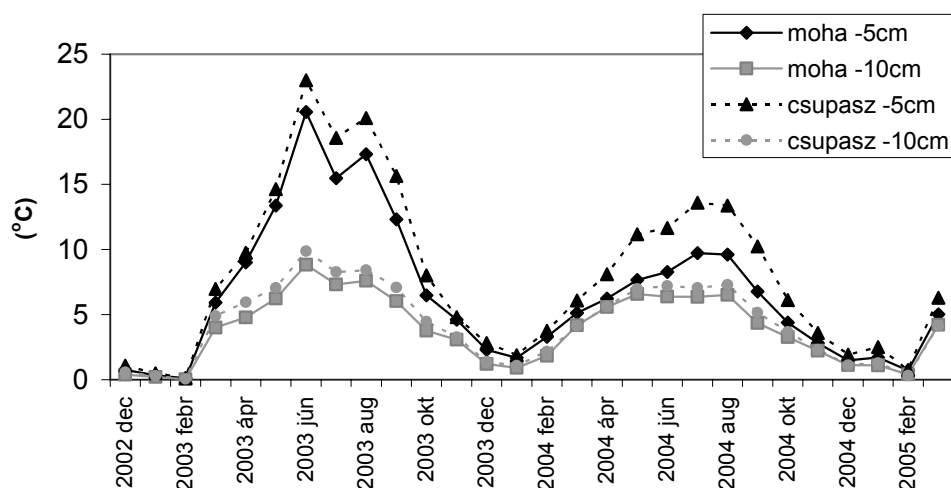
A szemiáriditási gradiens két végpontján, Gönyűn és Fülöpházán cönológiai felvételekkel felmértük a talajfelszín kriptogámokkal való fedettségét. A 2002-2004 ben elvégzett felvételezés tanulsága szerint a humidabb klímájú Gönyű zártabb gyepeiben moha a talajfelszín 1,7, zuzmó a felszín 0,4%-át takarta, míg a fülöpházi igen száraz gyepeben a mohaborítás 26,2, a zuzmóborítás 0,4% volt (10-10 db 1m² kvadrát).

Vagyis számottevő mennyiségű kriptogám csak a fülöpházi száraz gyepeben jellemző, így a további vizsgálatokat itt végeztük. Mivel a mohaborítás 99%-át a *Tortula ruralis* adja, így munkánk során erre koncentráltunk.

A kriptogám réteg hatása a mikroklímára

Talajhőmérséklet

A moha mint talajt borító szőnyeg, illetve a homoknál kisebb albedójú felszín befolyásolja a talaj hőmérsékletét, hőhártartását. A talajhőmérséklet változásait TidbiT (Onset Computers Inc.) talajhőmérőkkel követtük nyomon 2003 és 2005 között mohával borított és csupasz talajfelszín alatt 5 és 10 cm mélységben.



6.1.ábra. Napi hőingás havi átlaga a talajban mohával fedett és csupasz homokfelszín alatt 5 és 10cm mélységben (átlag, n=4), Fülöpházán.

A mérések azt mutatják, hogy a mohával borított kvadrátokban a talaj napi hőingása szignifikánsan kisebb, mint a csupasz talajfelszín alatt. A különbség főleg a nyári hónapokban szembeötlő (6.1.ábra). Mohával borított talajban augusztusban 5 cm

mélységben a hajnali 4 órai talajhőmérséklet havi átlaga akár 3,2 °C-al magasabb, míg délután 16 órakor 2,2 °C-al alacsonyabb, mint a csupasz talajfelszín alatt. Ugyanez 10 cm mélységben már csak 2,1 illetve 1 °C. Megállapíthatjuk tehát, hogy a moharéteg jó hőszigetelő képességgel rendelkezik, csökkenti a hőmérsékleti szélsőségeket a talajban.

Csapadék visszatartás az effektív csapadék küszöbértékének meghatározása

Mivel az edényesek gyökereiken keresztül a talajból veszik fel a nedvességet, a kriptogámok teljes testfelületükön a talajfelszínen, így a felszínre jutó csapadékból először ők részesülnek, vagyis megemelik az edényesek számára effektív csapadék küszöbértékét. Ennek főleg a nyár második felében lehet komoly jelentősége, amikor a csapadékesemények igen ritkák, ám a hajnali harmatképződés jelentős.

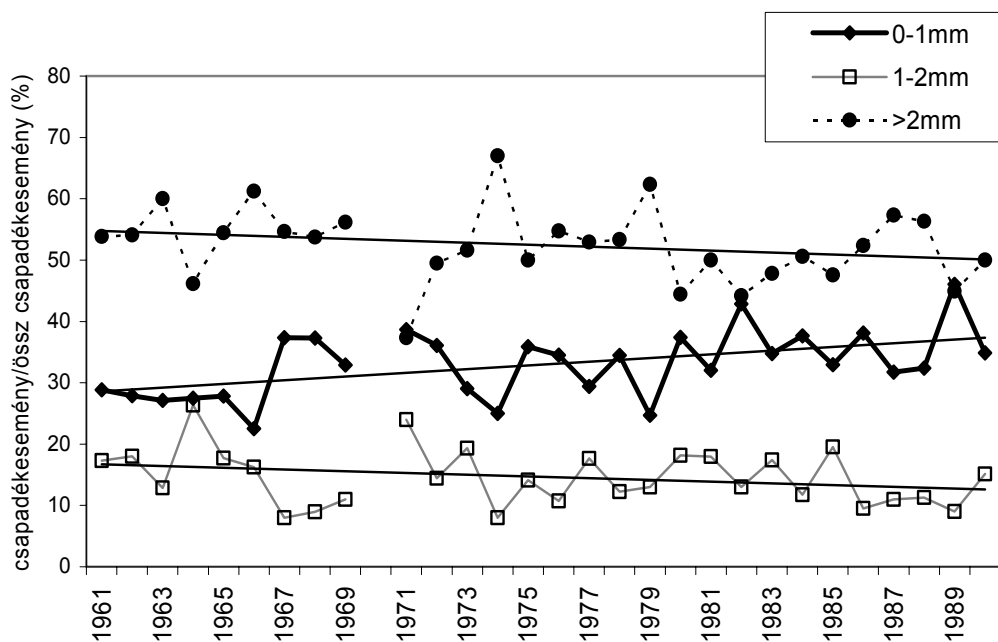
A vizsgálathoz Fülöpházán begyűjtött *Tortula ruralis* moha párnáit laboratóriumban műanyag hálóra ültettünk, kiszárítottuk, majd átlátszó fenékű edényben itatóspapírra helyeztük. Ezután szórópalackkal 10mm/óra esőnek megfelelő sebességgel öntöttük, amíg az itatós kezdett átnedvesedni. A moha által felszívott víz mennyiségét gravimetriás módszerrel határoztuk meg.

A mérések alapján a mohapárna 170 cm² felületen 0,37 mm csapadéknak megfelelő vizet képes felvenni.

Ám a *Tortula* nem csak magába szívja a vizet, de el is vezeti azt, egyenetlenné téve a csapadékvíz talajba szivárgását. Az előző kísérletet ezért megismételtük, ám ezúttal 1 cm vastag légszáraz homokréteget helyeztünk a mohapárna és az itatós közé, illetve csupasz homokra is elvégeztük a vizsgálatot.

Az eredmények szerint 1 cm homokréteg átnedvesítéséhez 170 cm² mohával borított talaj esetében 1,40 mm, csupasz talaj esetében szignifikánsan kevesebb, 0,59 mm csapadék szükséges.

Látható tehát, hogy a moharéteg megakadályozza hogy a harmat, illetve a kis csapadékeseményekből származó nedvesség eljusson az edényes növények gyökérzetéhez. Hogy megállapíthassuk, hogy ez mennyi csapadékot jelent, elemeztük a kecskeméti meteorológiai mérőállomás napi csapadékadatait az 1961-1990 közötti időszakra.



6.2. ábra. A különböző mennyiségű esőt adó csapadékesemények arányának alakulása 1961-1990 között a kecskeméti OMSZ mérőállomás adatai alapján.

A vizsgált időszakban a vegetációs időszakra (március 1. - október 31.) jutó csapadékeseményeknek 33%-a nem éri el az 1mm-t, 48%-a 2 mm alatt marad, vagyis nem jut el az edényesek gyökérzetéhez. Ráadásul az 1 mm alatti csapadékesemények aránya enyhén növekvő tendenciát mutat (6.2.ábra). Ez az éves csapadékmennyiségnek nem jelentős része, ám a moharéteg jelenléte számottevően meghosszabbítja az edényesek számára a csapadékmentes időszakokat.

Megvizsgáltuk a levegőből lecsapódó harmat mennyiségét is. 2005 során 5 alkalommal légszáraz homokkal töltött ültetőedényeket helyeztünk a gyepebe, majd másnap gravimetriás módszerrel meghatároztuk a lecsapódott harmat mennyiségét. Ez évszaktól és időjárástól függően 0,09-1,7 mm esőnek megfelelő csapadékot jelentett, vagyis mohával borított foltokban a harmat nem jut el a talajig, illetve az edényesek gyökérzetéig.

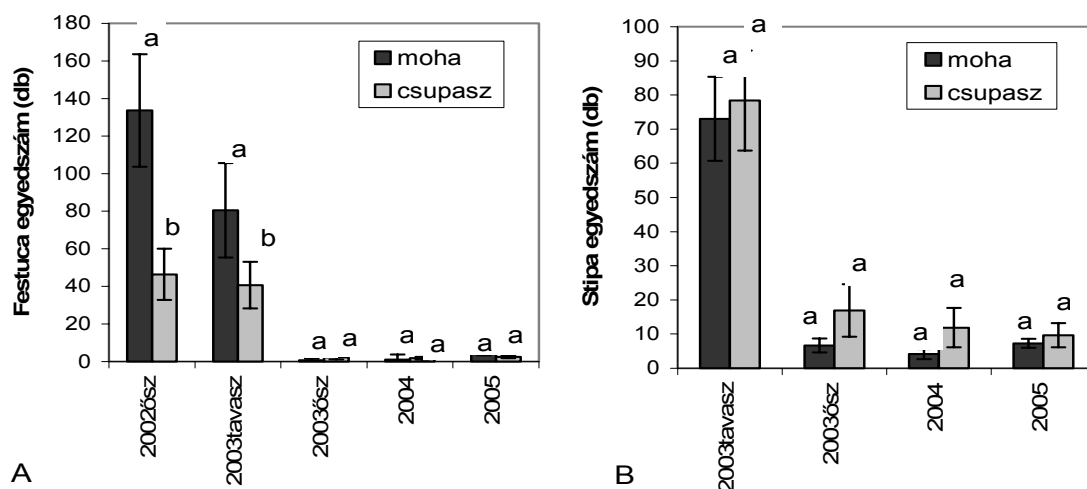
A kriptogám réteg hatása a domináns fűvek csírázására és megtelepedésére

Mivel a kriptogám réteg befolyásolja a felső talajréteg vízháztartását, feltehetően hatással van az edényesek csírázására és megtelepedésére is. Ennek vizsgálatára *Tortula ruralissal* borított állományban 8 ismétlésben 2m² felületű állandó kvadrátokat állítottunk be. A kvadrátok feléről talajbolygatás nélkül eltávolítottuk a moharéteget, majd felületettük a két domináns gypalkotó, a *Festuca vaginata* és a *Stipa borysthenica* magjaival.

Az eredmények azt mutatják, hogy az elvetett *Festuca* magvakból a mohával borított kvadrátokban szignifikánsan több csírázott, mint a csupasz kvadrátokban, ám az első nyári aszályos periódust a csíranövények szignifikánsan kisebb hányada élte túl (6.3/A ábra). Az első év végén a csupasz talajon már több megtelepedett *Festuca* egyed volt. Az érdes mohapárna mint magcsapda valószínűleg megakadályozza, hogy az apró *Festuca* magvakat elfújja a szél, ezért tapasztaltunk nagyobb csírázási arányt. Az őszi csírázó *Festuca* az őszi csapadékos periódusban még mindenhol elegendő nedvességhez jut, az

aszályos nyár során azonban a kriptogám elszívja a sekély gyökerű csíranövények elől a harmatot és kisebb esőket, így itt sokkal nagyobb pusztulás tapasztalható.

A megtelepedett *Festuca* egyedek 2005-re, a vetés utáni harmadik évre mindegyik kvadrátban elérték, sőt meghaladták a környező gyp legnagyobb töveinek méretét. Ekkor ismét rögzítettük az egyedek számát, méretét, lejegyeztük, mennyi hozott virágot, és ezeken megszámoltuk a virágzati tengelyeket. Egyedszámban ekkorra eltűnt a mohás és csupasz foltok közötti eredeti különbség, ám a csupasz kvadrátokban a tövek átlagos átmérője nagyobb volt, szignifikánsan nagyobb hányaduk virágzott, és a virágzó töveken szignifikánsan több virágzati tengely volt, mint a mohás kvadrátokban. Vagyis a moharéteg a *Festucának* nem csupán a megtelepedését, hanem a későbbiekben a propagulumképzését is hátráltatja.



6.3.ábra. A *Festuca vaginata* és a *Stipa borysthenea* egyedszámának alakulása mohával fedett és csupasz talajon a csírázástól 2005-ig. (Átlag +/- standard hiba, n=8. A betűk a kezelések közötti szignifikáns különbséget jelölik (ANOVA, $p < 0,05$)).

A *Stipa borysthenea* esetében nem tapasztaltunk jelentős elétérést a mohás és a csupasz kvadrátok között sem a csíranövények számában, sem azok nyári túlélésében (6.3/B.ábra). A mohák eltávolítása az egyedméretet és a virágzást sem befolyásolta. Ennek oka a *Stipa* eltérő viselkedése lehet. Míg a *Festuca* a felszínen csírázik, a *Stipa* magvait a tollas repítőkészülék mélyen a talajba fúrja, és a csíranövények 5 cm mélyen gyökereznek, ahol a moharéteg vízelvonó hatása kevésbé érződik.

7. A fehérynár jelenlétének hatása a domináns gypalkotó *Festuca vaginata* dinamikájára.

A foltdinamikai megközelítés értelmében az állományfoltokra jellemző nem-egyensúlyi foltdinamikák a társulás tájleptékű mintázatának szintjén stabil, kvázi egyensúlyi állapotot, metastabilitást eredményeznek.

A homoki erdőssztyepp a Duna-Tisza közén evolúciós időléptékben is perzisztens, erre utal endemikus taxonokban való gazdagsága. Hogyan járul hozzá ehhez a perzisztenciához a komponensek dinamikája és kapcsolata?

A *Populus alba* klonális integrációjának vizsgálata

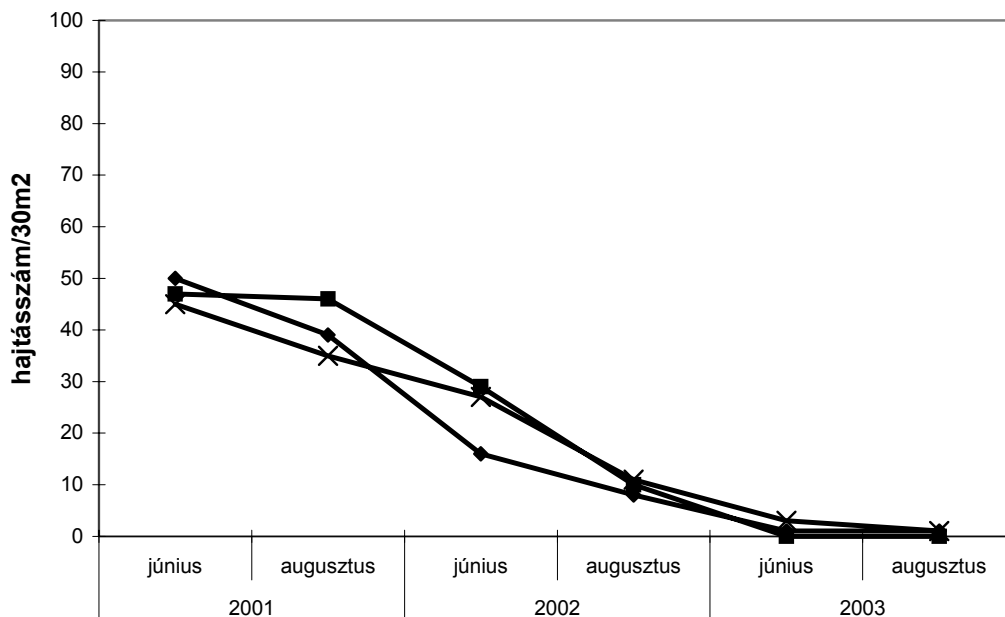
A *Populus alba* kis fácskák és azokhoz kapcsolódó gyökérsarj eredetű cserjések formájában a legsivárabb futóhomokon is jelen van, az évelő nyílt homokpusztagyepeknek is természetes komponense. Mindezt a *Populus alba* klonális sajátosságai teszik lehetővé. A *Populus alba* klónokat alkotó rametek integrációja mértékének megállapítása céljából kísérletet állítottunk be.

Fülöpháza térségében nyílt homokbuckás területen kiválasztottunk egy anyafanyárcserjés világosan egymáshoz tartozó együttesét és a cserjés állományban 5 db 5 m x 6 m területet kijelölve két kontroll és három kísérleti parcellát létesítettünk. A kísérleti területeket 1 m mély árokkal körülárokoltuk, megszüntetve az anyafa és a sarjak gyökérkapcsolatait. Az árokba a teljes izolálás céljából a visszatemetés előtt függőlegesen építési „Dörken” fóliát helyeztünk.

2001-től kezdődően rendszeres térképezéssel nyomonkövettük a *Populus* gyökérsarjak, valamint az állomány gyepejében domináns *Festuca vaginata* tövek sorsát.

Az élő rametek száma a kontroll parcellákban is jelentős éves és szezonális dinamikát mutatott 50-90 hajtás/30m² között ingadozva.

A kísérleti parcellákon az anyafától való izolálás hatására a rametek fokozatos, de drasztikus pusztulást mutattak. (7.1. ábra) Három év alatt az élő sarjak száma minden parcellában nullára csökkent.

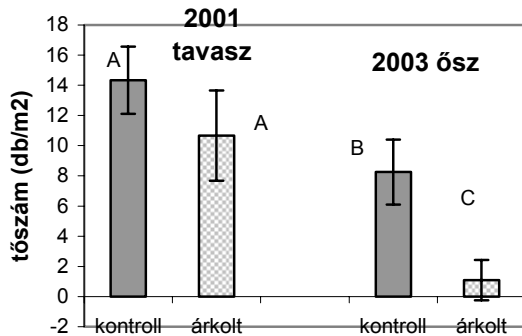


7.1. ábra Az élő fehérynár sarjak számának alakulása az izolálás hatására.

A *Festuca vaginata* és *Populus alba* cserjés kapcsolata.

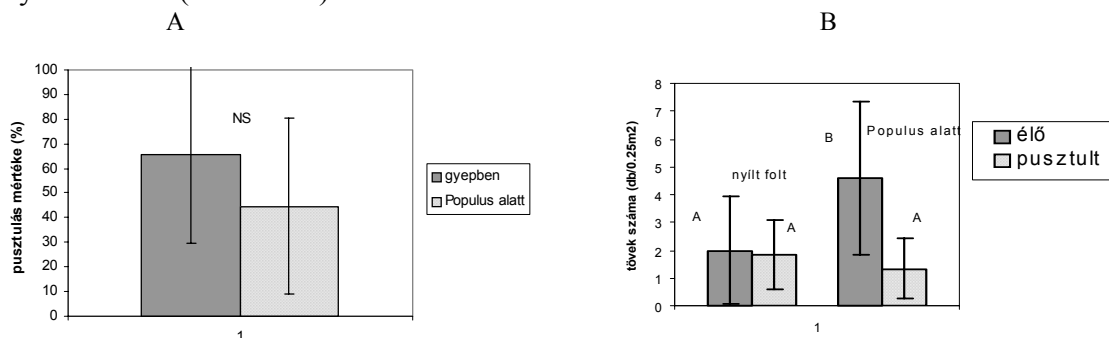
A 2000. év során bekövetkezett aszály a vizsgálati területünk nagy részén jelentős gyeppusztulást eredményezett. Ugyanakkor megfigyelhető volt, hogy sok foltban a *Festuca vaginata* egyedek csak fák, bokrok tövében maradtak élve. Felvetődött a kérdés, hogy létezik-e, és milyen jellegű pozitív kapcsolat lehet a gyeppusztulás és a nyár cserjés között.

Kimutattuk, hogy amennyiben nyársarjas állományból elimináljuk magukat a cserjéket (kezelt állomány), egy extrém aszály hatására a *Festuca vaginata* egyedek száma szignifikánsan a tizedére csökkent a kezelés előtti állapothoz képest. A kontroll parcellában is történt szignifikáns egyedszám csökkenés a kezelés előtti állapothoz képest, de még mindig szignifikánsan több egyed maradt életben, mint a kezelt állomány kvadrátjaiban. (7.2. ábra)



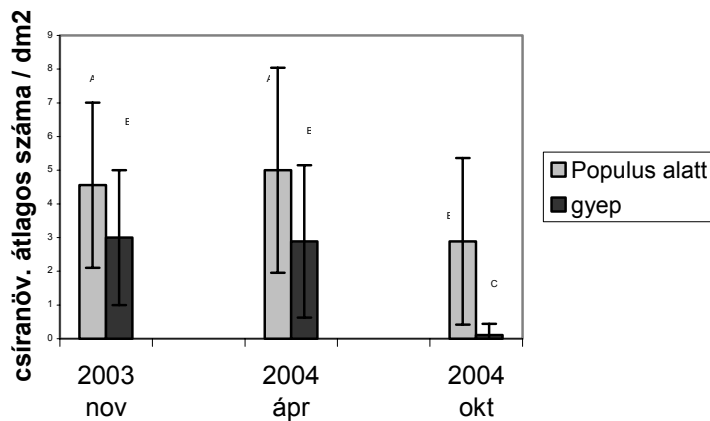
7.2. ábra. A *Festuca vaginata* tövek számának változása a 2003-as aszály után a kontroll és a kezelt parcellákban. Döntő tényező, hogy 2003 őszre a kezelt parcellában nem maradt egyetlen élő *Populus alba* sarj sem. (A különböző betűk szignifikáns különbséget jelentenek, $p < 0,05$.)

A kontroll állományban is tapasztalt egyedszám csökkenés miatt finomabb léptékben is megvizsgáltuk, hogy a pusztulás mértéke milyen a kontroll parcellák nyársarjak árnyékolt és nyílt (azaz árnyék mentes) mikro-élőhelyein. Azt tapasztaltuk, hogy nem volt szignifikáns különbség a *Festuca vaginata* pusztulásának mértékében (a borításcsökkenés alapján számolva) a nyílt és az árnyékolt mikro-élőhelyen (7.3/A ábra). Ugyanakkor szignifikánsan kevesebb élő egyed volt a nyílt mikrokvadrátokban, mint az árnyékoltokban (7.3/B ábra).



7.3. ábra. *Festuca vaginata* pusztulásának (A) és egyedszámának (B) összehasonlítása a *Populus alba* árnyékában és nyílt mikro-élőhelyen az érintetlen *Populus alba* sarjas állományon belül.

A *Festuca vaginata* megtelepedését magvetéssel vizsgálva két mikro-élőhelyen azt tapasztaltuk, hogy megtelepedésére a *Populus alba* árnyékoltása jó hatással van, mivel szignifikánsan több csíranövény kelt ki és maradt itt életben nyár végére, mint a nyílt mikro-élőhelyen. (7.4. ábra)



7.4. ábra. *Festuca vaginata* csíranövényeinek megtelepedése és túlélése nyílt és fehérynár által árnyékolt mikro-élőhelyeken.

Az eredményeink alapján igazolt pozitív kapcsolat (facilitáció) jövőbeli jelentősége a gyep komponens fennmaradásának szempontjából csak fokozódhat, hiszen a klimatikus predikciók ismeretében régiókban az aszályveszély és az extrém hőhullámok gyakorisága fokozódik a jövőben. A sarjak eltávolításának drasztikus hatása, valamint a nyílt területeken tapasztalt nagy mérvű pusztulás felhívja a figyelmet a helyes tájhasználatra is. A pannon homoki erdőssztyepp komplex természetes erdő és cserjés komponensének megőrzése a klímaváltozással felszaporodó extrém klimatikus események fényében a természetvédelem egyik elsőrendű feladata kell legyen.

Munkánk eredményeiből két szakmai cikk kézírata már elkészült, (ezek egyikét már benyújtottuk publikálásra), további 3 kézirat készítése folyamatban van.