

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Felszínborítás változások hatása a talajok
egyed tulajdonságaira alföldi mintaterületeken**

Botos Ágnes

Témavezető: Dr. Novák Tibor József



DEBRECENI EGYETEM

Földtudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2023

1. BEVEZETÉS

A tájváltozások alakulása természeti és antropogén eredetű lehet, azonban az utóbbi az elterjedtebb. A társadalom a természeti folyamatokhoz képest rövid idő alatt is intenzív tájváltozásokat okoz (*Kerényi, 2007*).

A tájváltozásokban már a kisebb módosulások is változásnak tekinthetők (*Csorba, 2008*), a változás maga viszont úgy értelmezhető reálisan, ha mértékét meghatározott időpontok között vizsgáljuk (*Lóczy, 2002*). A változások sokrétűek, de a legszembeötlőbb talán a felszínborítás megváltozása (*Geist&Lambin, 2002*), vizsgálatával azonban nem feltétlenül tudunk az adott táj egészére vonatkozó átalakulást értelmezni (*Agarwal et. al, 2002*). A felszínborítás megváltozások esetében a nyilvánvaló változások mellett sokkal fontosabbak azok a rejtett változások, amelyek például a talajban zajlanak (*Meyer&Turner, 1994*). A felszínborítás változások vizsgálata során kiemelkedő jelentőségű a talajokban bekövetkező változások és a talajállapot vizsgálata (*Kertész et. al, 1997*), ugyanis az antropogén átalakítottság mértékének jellemzésére és nyomon követésére a talajállapot messzemenően alkalmas.

2. CÉLKITŰZÉSEK

A dolgozatom célja meghatározni, hogy a különböző, megváltozott felszínborítású, társadalmi igénybevétel tekintetében mérséklődő hatásnak kitett (művelésből kivont, korábban szántóként/gyepként használt) területeken hogyan alakulnak a talajban zajló változások és a regenerálódási folyamatok. Vizsgálatomban olyan mintaterületek szerepelnek - főként a Hortobágy és a Nyírség egyes területeiről), amelyek korábban intenzív, szántóföldi művelés alatt álltak, majd a kivonást követően gyepként, vagy fásításokként hasznosították őket, azaz mérsékeltebb kezelés, illetve speciális, természetvédelmi kezelés alá kerültek.

Disszertációmban a következő konkrét célkitűzéseket fogalmaztam meg:

1. A területhasználat változáson átesett (művelésből kivont, sokáig szántóként/gyepként használt) intenzív-extenzív irányú változások hatásának vizsgálata a talajban zajló fizikai-kémiai folyamatokra.
2. Két különböző jellegű, elkülöníthető felszínborítás-változást követő talajregenerálódási folyamat vizsgálata, a talaj több, alapvető jellemzője tekintetében (textúra, térfogattömeg, pH, kalcium-karbonát, humusz, nitrát, foszfát, aggregátum stabilitás) több egymást követő vizsgálati évben.

3. A talajfelszíni rétegekből és két talajszelvényből begyűjtött talajminták alapján a felszínborítás-változást követően a talajban bekövetkező talajfizikai és talajkémiai változások nyomon követése.
4. **Az egyik vizsgálat** során öt év (2014-2018) vizsgálati eredményeinek feldolgozása, 9 tiszántúli kunhalom felszínére vonatkozóan, ahol a közelmúltban szántóból gyepterületté változott a felszínborítás.
5. **A másik vizsgálat** során két egymást követő évben (2017-2018) a CORINE LCC adatbázis alapján előzetesen leválogatott mintaterületeken a korábban szántó hasznosítást követő erdőtelepítések (2000-2012 között) talajának változásainak nyomon követése.
6. A megváltozott felszínborítású területekhez az azok közvetlen környezetében vett minták (szántóföld és bolygatatlan gyepe) szolgálták referenciaként és kontrollként, az időbeli ismétlések pedig a rövid távon is megfigyelhető változások nyomon követését szolgálták.
7. A vizsgálatba bevont talajjellemzők főként azok voltak, amelyek az egyes szakirodalmak szerint a felszínborítás változást követően rövid távon is képesek változást mutatni, illetve a kialakuló vegetáció szempontjából lényeges szabályozó szereppel bírnak: a talaj térfogattömege, humusztartalma, illetve az alapvető

tápanyagok: nitrát és foszfát tartalom, az aggregátumok stabilitása.

8. Mindkét eltérő felszínborítású mintaterület eredményei alapján arra kerestem a választ, hogy a mérséklődő hasznosításnak kitett területeken a közvetlen környezetükben mérhető, változatlan hasznosítású talajokkal összehasonlítva a vizsgált talajtulajdonságok változása milyen mértékűek, sebességűek voltak és ezáltal a változásoknak a talajok ökológiai funkcióira gyakorolt hatása milyen volt.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Az alföldi területeken jellemzően előforduló, csökkenő tájhasználati intenzitást mutató tájváltozások talajtani hatásait két eltérő, ugyanakkor térben közeli példán keresztül vizsgáltam. A vizsgálati helyszínek kiválasztását elsősorban a dokumentáltság, megközelíthetőség és az egymástól való távolságuk befolyásolta.

Első típus: a művelésből kivont és gyepé alakított, korábban szántott területű kunhalmok vizsgálata, amelyek esetében a változások követésének természetvédelmi jelentősége is van (*Deák et. al*, 2020). Ebbe a vizsgálatba kilenc tiszántúli kunhalmot vontam be, amelyek szántóföldi művelését 2011-2012-ben hagyták fel. A vizsgálatban ebből

kettő, folyamatos gyepborítással rendelkező halom is szerepel, illetve két olyan halom is, amelyek felszínén a rehabilitációt megelőzően akácós facsoport állt. A halmok Hortobágy, Dél-Hajdúság és Tiszafüred-Kunhegyesi-sík kistájához tartoznak.

A halmok elhelyezkedését az 1. ábra, fontosabb adatait pedig az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat: *A vizsgált halmok összefoglaló táblázata*

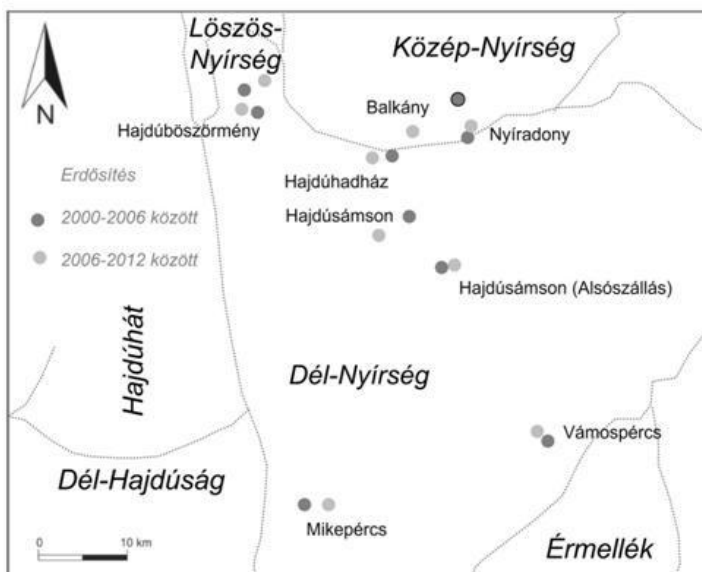
Halom neve	Település	Felszínborítás változás típusa	Földrajzi koordináták (é.sz.;k.h.)	Abszolút magasság (t.sz. f.m)	Relatív magasság (m)
Boda-halom	Nádudvar	szántó→gyep	47°23' 29'' 21°03' 07''	91,7	4,7
Hegyes-halom	Nádudvar	szántó→gyep	47°23'42'' 21°05' 23''	94,0	4,8
Révhalom	Püspökladány	szántó→gyep	47°22' 03'' 21°03' 03''	90,1	3,0
Sebeséri-halom	Nádudvar	szántó→gyep	47°26' 46'' 21°08' 05''	92,6	3,5
Tök-halom	Nádudvar	szántó→gyep	47°25' 20'' 21°04' 29''	92,7	6,4
Porosállás-halom	Tiszafüred	akácós→gyep	47°33'05'' 20°52' 49''	88,0	n.a becsült érték: 4,5-5
Vajda-halom	Nádudvar	akácós→gyep	47°30' 25'' 21°15' 39''	95,0	9,0
Két-halom	Hajdúszoboszló	gyep (kontroll)	47°26' 57'' 21°17' 59''	99,1	9,1
Lapos-halom	Nádudvar	gyep (kontroll)	47°23' 57'' 21°06' 39''	91,0	4,1



1. ábra: A vizsgálatban szereplő kunhalmok földrajzi elhelyezkedés

Második típus: befásított, korábban szántóföldi művelés alatt álló területek. A fásított parcellákon álló mintaterületek összesen 6 település területéhez tartoznak (2. ábra). A helyszínek a Dél-Nyírség, Közép-Nyírség kistájakhoz tartoznak (Dövényi, 2010), talajtani jellemzőik azonban a Hajdúháthoz, a Lössös-Nyírséghez, illetve a Dél-Hajdúsághoz közel eső részekben inkább azokhoz állnak közel (Borsy, 1961). Alapvető talajtani jellemzői a homok textúra (apró szemű), az alacsony kémhatás és mésztartalom, és a homoktalajokra jellemző alacsony humusztartalom. A 16 befásított

mintaterület mindegyikét korábban szántóföldként vagy gyepként hasznosították, majd 2000-2012 között befásították. Átlagos kiterjedésük ~16,8 ha, a fontosabb adataikat az 2. táblázat mutatja be.



2. ábra: A vizsgálatban szereplő fásított mintaterületek földrajzi elhelyezkedése

**2. táblázat: A vizsgált erdei területek összefoglaló táblázata
(saját adatok alapján)**

Település	Földrajzi koordináták (ész.;k.h.)	Kistáj neve	Telepített állomány típusa	Fásítás időszaka	Előző felszínborítás	Terület (ha)
Mikepércs	47°26' 39'' 21°40' 14''	Dél-Nyírség	nemes nyár	2006-2012	szántó	13,4
Mikepércs	47°42'18'' 21°36' 00''		nemes nyár	2000-2006	gyep	12,3
Vámospércs	47°23' 19'' 21°53' 39''		nemes nyár	2006-2012	szántó	18,3
Vámospércs	47°26' 32'' 21°38' 59''		nemes nyár	2000-2006	szántó	12,9
Hajdúhadház (Fényestelep)	47°39' 33'' 21°44' 10''		nemes nyár	2000-2006	szántó	16,7
Hajdúhadház (Fényestelep)	47°39' 26'' 21°43' 11''		nemes nyár	2006-2012	gyep	21,5
Alsószállás (Hajdúsámson)	47°35'25'' 21°47' 55''		akác	2000-2006	gyep	8,1
Alsószállás (Hajdúsámson)	47°40'43'' 21°01' 45''		akác	2006-2012	szántó	7,4
Dombos (Hajdúsámson)	47°36'30'' 21°43' 16''		akác	2006-2012	gyep	13,6
Oncsatelep (Hajdúsámson)	47°37'17'' 21°45' 18''		akác	2000-2006	gyep	31,04
Hajdúböszörmény	47°41'16'' 21°35' 12''		akác	2006-2012	szántó	15
Hajdúböszörmény	47°41'12'' 21°35' 34''		akác	2000-2006	gyep	11,8
Hajdúböszörmény	47°42'18'' 21°36' 00''		akác	2006-2012	gyep	8,4

Hajdúböszörmény	47°41'55" 21°35'19"		akác	2000- 2006	szántó	30,5
Nyíradony (Aradványpusztá)	47°40'35" 21°49'08"	Közép-Nyírség	nemes nyár	2006- 2012	szántó	10,4
Nyíradony (Aradványpusztá)	47°40'29" 21°48'59"		nemes nyár	2000- 2006	gyep	16,8
Balkány (Déssytanya)	47°40'27" 21°48'24"		akác	2006- 2012	gyep	27,7
Balkány (Déssytanya)	47°41'33" 21°48'24"		akác	2000- 2006	szántó	12,3

3.1. Terepi vizsgálatok

A talajtani vizsgálatokhoz szükséges terepi talajminta-vételezésre a kunhalmok esetében 5 éven át (2014-2018 között) került sor. A halom felszínéről („halomfelszín”) és a halmok közvetlen szántóföldi környezetéből gyűjtöttem a talajmintákat. Két halom esetében megmintáztam a környezetükben található, természetes, illetve természetközeli állapotú szárazgyepek talaját is. A halmok felszínén véletlenszerűen elhelyezett pontokból minden évben halmonként 10-10 átlagmintát gyűjtöttem be a feltalaj 0-9 cm-es rétegéből az ismert térfogatú (100 cm³) Vér-féle mintavevő henger segítségével. Kontrollként a halmokat körülvevő szántóföldi környezetben ugyanígy véletlenszerűen elhelyezett 10-10 átlagminta szolgált. Az 5 év alatt összesen megközelítőleg 900 db talajminta került begyűjtésre,

amelyeket háromszoros ismétlésben vizsgáltam meg a kiválasztott talajtani jellemzők tekintetében.

A befásított területeken szintén a felszíni 0-9 cm-es talajrétegből gyűjtöttem bolygatatlan felszíni átlagmintákat. Az első mintavétel során, 2017 tavaszán a fásított parcellán belül véletlenszerűen elhelyezett 5 pontból (az erdők négy sarkából és közepéből) 5-5 átlagmintát gyűjtöttem be a feltalaj 0-9 cm-es rétegeből. Az 5 pontban, pontonként 3-3 db rész minta összekeverésével gyűjtöttem átlagmintákat. 2018 áprilisában a kutatásban szereplő fásított parcellákról újabb felszíni átlagmintákat gyűjtöttem be, valamint kontroll minták céljára talajmintát vettem a környező gye- illetve szántóföldi területekről is. A talajtani viszonyok jellemzésére 2019 tavaszán talajszelvény feltárást is végeztem két mintaterületen. A szelvényezés mindkét esetben 1,4 méter mélységig történt, a talajokat az az IUSS Working Group WRB 2015 irányelvei szerint írtam le (*Novák&Incze, 2018*) és szintenként, illetve 20-25 cm-es rétegenként mintáztam meg, a felszíni talajmintákkal azonos módon elemeztem. A fásított területekről és azok közvetlen környezetéből a két vizsgálat alkalmával összesen 150 db talajminta begyűjtése történt meg, a két talajszelvényből pedig összesen 10 db talajmintát vettem, így összesen 160 db talajminta állt rendelkezésemre a talajtani vizsgálatokhoz, háromszoros ismétlésben.

3.2.Laboratóriumi elemzések

A talajminták feldolgozása a Debreceni Egyetem Földrajzi Laboratóriumában történt. A begyűjtött talajmintákat előzetesen 3 napon át 105 °C-on, átlagminták esetében 40°C-on súlyállandóságig szárítottam. A száraz mintákat dörzsmozsárban porhanyósra törtem, a benne található növény maradványoktól, gyökerektől megtisztítottam.

A térfogattömeg meghatározásához az ismert térfogatú, (100 cm³) Vér-féle mintavevő hengerrel vett mintákat a laboratóriumban 105 °C-on súlyállandóságig szárítottam, majd egyenlet segítségével a minták száraz tömegének és térfogatának ismeretében számítottam a térfogattömeget.

A talajok kémhatását pH (H₂O, KCl) az *MSZ-08 0206/2-78 szabvány* alapján 1:2,5 talaj-folyadék szuszpenzióban, 24 óra állást követően pH mérő (üveg elektróda) használatával mértem (*Félegyházi et. al., 1999*).

A CaCO₃-tartalmat Scheibler-féle kalciméterrel határoztam meg (*Félegyházi et. al., 1999*), az előkészített, növényi-állati maradványoktól megtisztított légszáraz minta 0,5-10 g-jából, 20 ml 10%-os sósav alkalmazásával.

A humusztartalom meghatározása káliumbikromátos nedves oxidációs módszerrel történt, az előkészített növényi-állati maradványoktól mentes száraz mintákból.

A talajok textúráját szemcseeloszlás alapján vizsgáltam, a szemcseösszetétel iszapolással végzett elemzése alapján határoztam meg (Félegyházi et al., 2002) (MSZ-08 0205–78). A 2 és 0,2 mm közötti frakciót száraz szitálással, a 0,2 mm alatti pipettás módszerrel különítettem el (Pansu&Gautheyrou, 2006). A finom frakciót homok (2-0,063 mm), iszap (0,063-0,002 mm) és agyag (<0,002mm) frakciókba soroltam.

A talajaggregátumok stabilitásának jellemzése a szerkezet (aggregátum) vízállóságának becslésével történt, kétféle módszerrel, Sekera&Brunner-féle kvalitatív becsléssel, illetve a magyar MSZ-08 0205–78 szabvány alapján.

A talajok tápanyagellátottsági állapotát a növényzet számára könnyen hozzáférhető foszfát és nitrát mennyiségével jellemeztem. A foszfátot az ammónium-laktáttal kioldható foszfát-tartalommal (MSZ 20135 1999), a talaj nitrát- tartalmát pedig az arra vonatkozó magyar szabvány szerint (MSZ 20135 1999) meghatározott nitrát-tartalommal jellemeztem.

3.3. Statisztikai elemzések

A talajtani összefüggések statisztikai vizsgálatát és a diagramok elkészítését Microsoft Office Excel és R.3.3.3. statisztikai szoftverrel végeztem el. Az adatsorok normalitásának ellenőrzésére Kolmogorov-Smirnov próbát, az összefüggések vizsgálatára pedig kétmintás T-próbát

alkalmaztam. A vizsgálataim végeztével elsőként a rendelkezésemre álló adathalmazból meghatároztam a leíró statisztikai paramétereket: átlag, medián, szélsőértékek, kvartilisek, szóródási értékek.

Az egyes talajtani tulajdonságok értékeinek összehasonlítására az eltérő felszínborítású mintaterületi (szántó-gyep, szántó-erdő) egységek között a Mann-Whitney próbát alkalmaztam, továbbá Pearson-féle korrelációt alkalmaztam arra vonatkozóan, hogy a vizsgált halmok (halomfelszínek) esetében külön-külön hogy az egyes mért talajtani paraméterek az első (2014) illetve utolsó vizsgálati évben (2018) mennyire állnak szoros kapcsolatban.

4. EREDMÉNYEK

A kutatás eredményeit a Debreceni Egyetem Doktori Szabályzatnak megfelelően tézisekben foglaltam össze.

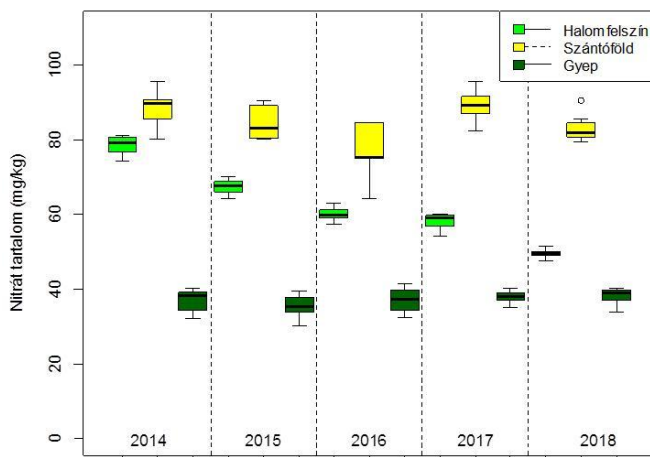
1. Tézis

Kimutattam, hogy a könnyen oldható nitrát- és foszfát-tartalom a kunhalmok talajában a felhagyást követő évben a szántóföldek talajának értékeivel egyezik meg, majd a felhagyást és az utánpótlás elmaradását követően néhány év alatt a kontroll gyepekhez hasonló értékre csökken.

Az öt éven át ismételt, folyamatosan, azonos módszerekkel végzett talajminta-vételezéssel nyomon követhetőek voltak a rehabilitált halmok felszíni talajrétegében zajló tápanyagforgalmi (nitrát, foszfát) változások, amelyek alapján megállapítottam, hogy a művelés megszüntetésével a korábban szántóként hasznosított kunhalmok feltalajában lényeges változások figyelhetők meg, amelyek a későbbi, növénymegtelepedési és szukcessziós folyamatok szempontjából is kulcsfontosságúak lehetnek.

A 3. és 4. ábrán láthatók az egyes területtípusok tápanyag ellátottsági értékei a vizsgált öt évben (2014-2018). A nitrát-tartalom esetében megfigyelhető, hogy a szántóföldi mintákban jellemző magasabb átlagos nitrát értéke csak néhány %-kal tér el a felhagyott területek értékeitől (3. ábra). A halomtetők esetében az első vizsgálati évben (2014) még a

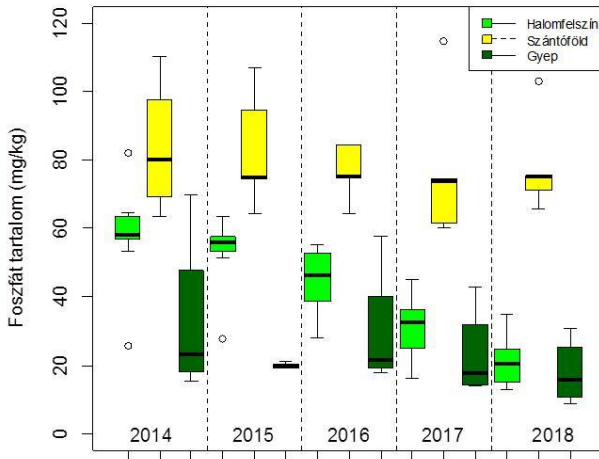
szántóföldi területhez hasonló értékeket mértem (78,8 mg/kg±5,4). A rehabilitált halomfelszínek talajában évről-évre csökkent a nitrát-tartalom. 2018-ban már a gyepterületek átlagértékéhez közelített (49,9 mg/kg±1,8). Minden vizsgálati évben a folytonos gyepterületeken volt a legalacsonyabb a nitrát-tartalom (37,4 mg/kg±0,3). A felhagyott halomfelszínek talaja és a szántott területek talaja között a nitrát-tartalmat illetően csak az első két vizsgálati évben nem figyelhető meg szignifikáns különbség ($p \geq 0,05$), 2016-tól kezdődően azonban már szignifikáns különbség áll fenn ($p \leq 0,05$).



3. ábra: A vizsgált terulettípusok talajának átlagos NO^3 tartalma (mg/kg)

Az AL-oldható foszfát-tartalom szerint minden vizsgálati évben szignifikánsan ($p \geq 0.05$) elkülönülnek a szántóföldi területek a másik két területtípustól (4. ábra). A foszfát átlagos mennyisége az egyes típusú területeken a műtrágyák használatához, vagy használatának megszüntetéséhez köthető. A művelésből kivont, felhagyott halmok területén a foszfor mennyisége általánosságban alacsonyabb volt, hiszen a folyamatos utánpótlás megszűnt. A legmagasabb, művelt talajra jellemző értékek 77,1 mg/kg - 85,8 mg/kg \pm 6,4 között változtak. A felhagyott halom felszínén alacsonyabb értékeket mértem: 21,06 mg/kg - 58,34 mg/kg \pm 1,70. A felhagyást követően folyamatos csökkenés volt kimutatható a halomfelszín talajában. A legkisebb átlagértékeket pedig a természetes állapotú, folytonos gyepborítású területtípus esetében kaptam: 17,82 mg/kg - 19,93 mg/kg \pm 1,49.

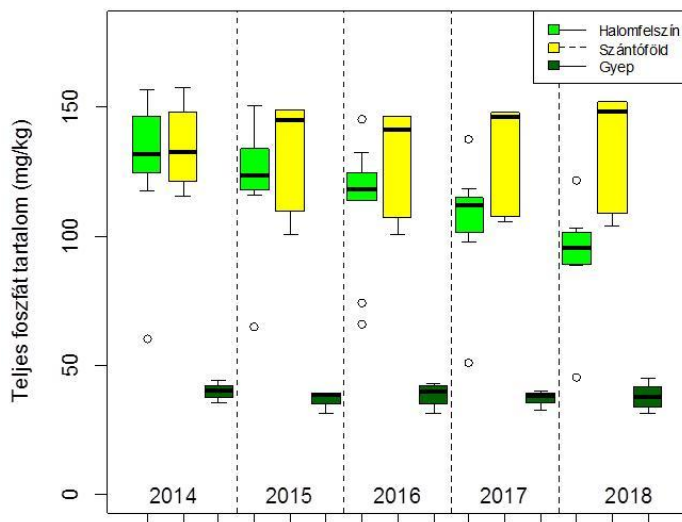
A MÉM-NAK táblázata alapján a kapott eredmények figyelembevételével elmondható, hogy az első két vizsgálati évben még a gyenge ellátottságú csoportba tartoztak a felhagyott halom felszínének (51-90 mg/kg), hasonlóan a szántóföldi művelés alatt álló területek talajához, a művelés felhagyásával azonban az igen gyenge csoportba kerültek (50 > mg/kg), amely már a természetesebb állapotra utal.



4. ábra: A vizsgált területtípusok talajának átlagos Al-oldható foszfát tartalma (mg/kg)

A talajok teljes foszfát P_2O_5 (mg/kg) tartalmát illetően szintén a bolygatlan gyepterületeken volt megfigyelhető a legalacsonyabb átlagérték minden egyes vizsgálati évben ($37,92 \text{ mg/kg} \pm 4,13$). A nitrát-tartalomhoz hasonlóan a vizsgálat kezdetén a foszfát-tartalom átlagos értéke a halomfelszíneken a szántóterületek mért értékekhez volt hasonló ($143,54 \text{ mg/kg} \pm 5,37$), míg az utolsó vizsgálati évben

már csökkenés volt megfigyelhető a kiindulási állapothoz képest ($90,58 \text{ mg/kg} \pm 2,54$). Szignifikáns eltérés a 2016-os és 2017-es vizsgálati évben volt megfigyelhető a felhagyott és a szántott talaj között ($p \geq 0,05$).



5. ábra: A vizsgált területtípusok talajának átlagos P_2O_5 tartalma (mg/kg)

2. Tézis

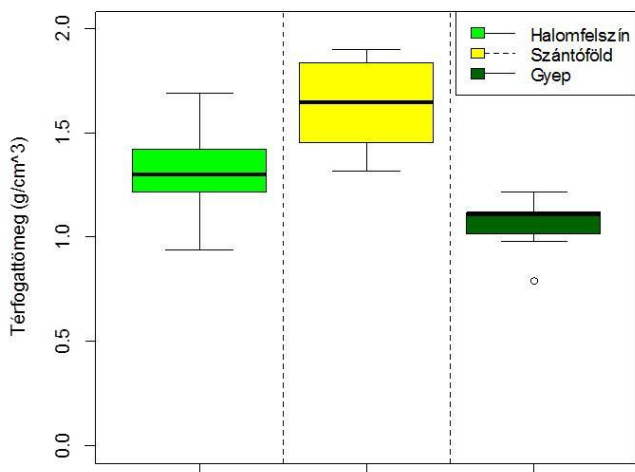
Kimutattam, hogy a művelés felhagyásával a tápanyagtartalom változásához hasonlóan szintén összefüggő változás a térfogattömeg változása (csökkenése) a halmok talajában. Ez mind a különböző felszínborítású területek között eltérő volt, mind pedig az idősoros vizsgálat során lényegesen változott a felhagyott talajokban.

A gépi művelés elmaradása a felhagyást követően a kezdeti kiülepedés révén kezdetben növeli a térfogattömeget, a hamar kialakuló sűrű növényborítás gyökértömegének lazító hatása viszont a térfogattömeg csökkenését váltja ki. A térfogattömeg (g/cm^3), átlagértékei nem kerültek évenkénti bontásban ábrázolásra, mert ezek a jellemzők éves bontásban nem mutattak jellegzetes trendet, az időbeli változások kevésbé voltak jellegzetesek, inkább az egyes felszínborítási típusok közötti különbségek voltak jellemzőek. Az öt év eredményei ezért átlagolva, összevontan kerültek bemutatásra.

A folyamatos művelés hatására az átlagérték minden egyes vizsgálati évben (6. ábra) a szántóföldi kontroll területeken volt a legmagasabb: $1,63 \text{ g}/\text{cm}^3 \pm 0,04$, míg a legalacsonyabb értékeket a bolygatlan, antropogén hatástól mentes gyepterületeken kaptam: $1,07 \text{ g}/\text{cm}^3 \pm 0,09$, amely a feltalajt sűrűn átszövő gyökérzet lazító hatásának tulajdonítható. A

halomfelszínek talajában a felhagyást követő években évről-évre csökkent a talaj térfogattömegének átlagértéke. A vizsgálat kezdetén, 2014-ben a halmok felszínén a jellemző érték $1,36 \text{ g/cm}^3 \pm 0,03$ volt, az utolsó vizsgálati évben pedig $1,27 \text{ g/cm}^3 \pm 0,15$.

A felhagyott talaj térfogattömegének további csökkenése a gyökerzet lazító hatása, valamint a nagyobb biológiai aktivitás következtében növekvő pórustérfogat miatt vélhetően a későbbiekben is várható (*Piché&Kelting, 2015*).



6. ábra: A vizsgált területi típusok átlagos térfogattömeg átlagértékei (g/cm^3)

3. Tézis

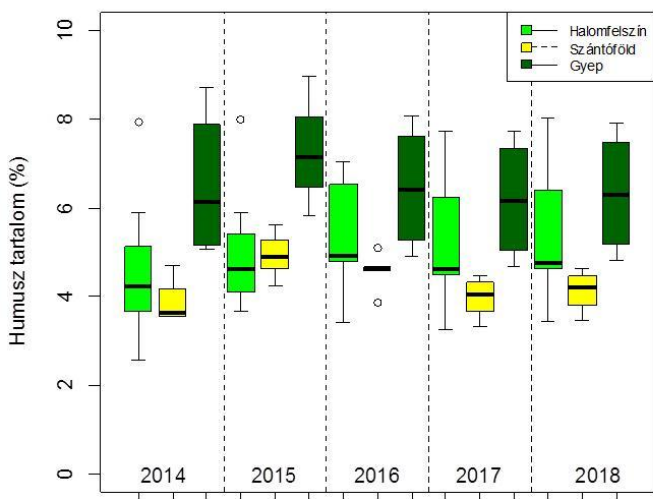
A szénforgalom szempontjából a humusztartalom növekedése kimutatható a felhagyott művelésű halmok talajában. Néhány év után értéke bizonyos halomfelszínek esetében megközelítette a referenciaként használt, folyamatos gyepterítésű halom talajának humusztartalmát.

A humusztartalom (7. ábra) mindhárom vizsgálati évben a természetes állapotú löszgyepben volt a legmagasabb ($6,56\% \pm 0,44\%$). A jelenleg is szántóföldi művelés alatt álló területeken alacsonyabb az átlagos humusztartalom ($4,19 \pm 0,30\%$), hiszen a talajok folyamatos szántásával a legfelső, humuszban gazdag réteg összekeveredik a mélyebb, humuszban szegény rétegekkel. Emellett a szellőzőtség növekedése következtében is csökken a humusztartalom, mert a talaj jobb levegőzőtsége a humuszvegyületek fokozott lebontáshoz vezet (Kátai, 2011). A felhagyott halomfelszíneken évről-évre növekvő humusztartalmat mértem, 2018-ban ($5,6\% \pm 0,4\%$) már a természetes löszgyep értékéhez közelítő értéket.

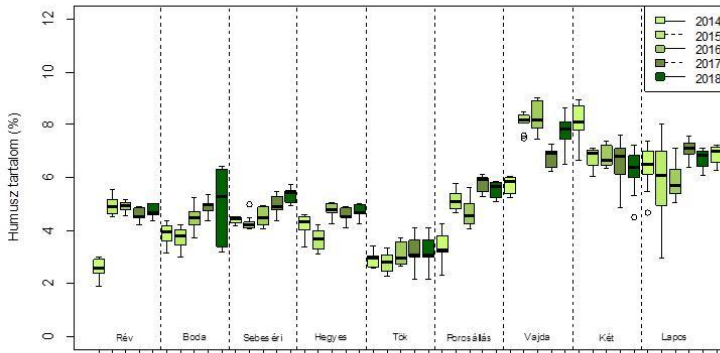
A humusztartalom átlagértékeit tekintve az első három vizsgálati évben (2014-2016) nem figyelhető meg szignifikáns különbség ($p \geq 0,05$) a felhagyott halomfelszínek és a napjainkban is szántóföldi művelés alatt álló területek talaja között. A 2017-es és 2018-as vizsgálati években azonban a

szántóföldi művelés alatt álló területek már szignifikánsan elkülönültek a művelés alól kivont halomfelszínektől ($p \leq 0,05$).

A Boda- és Sebeséri - halom esetében (8. ábra) az első és utolsó vizsgálati év közötti eredmények tekintetében szignifikáns különbség van ($p \leq 0,05$).



7. ábra: A vizsgált területtípusok talajának átlagos humusz tartalma (%)



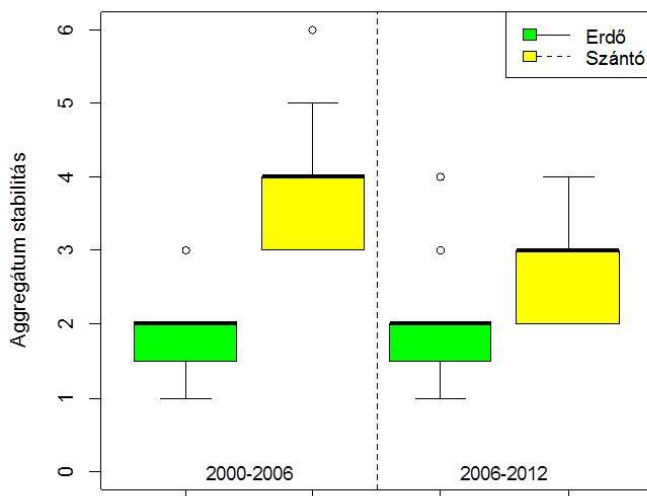
8. ábra: A vizsgálatban szereplő halomfelszínek átlagos humusz tartalma (%) 2014-2018 között

4. Tézis

Kimutattam, hogy a laza textúrájú (homok, vályogos homok) területeken létesített fásítások talajra gyakorolt hatása elsősorban az aggregátumstabilitás átlagértékeinek változásában nyilvánul meg.

A telepített erdők és a jelenleg is szántóföldi művelés alatt álló területek talajának aggregátumstabilitását összehasonlítva, az aggregátum stabilitási értékek (9. ábra) mindkét időszakban befásított területeken a szántott talajokban voltak nagyobbak (azaz gyengébb stabilitást mutattak). A szántott talajokban a

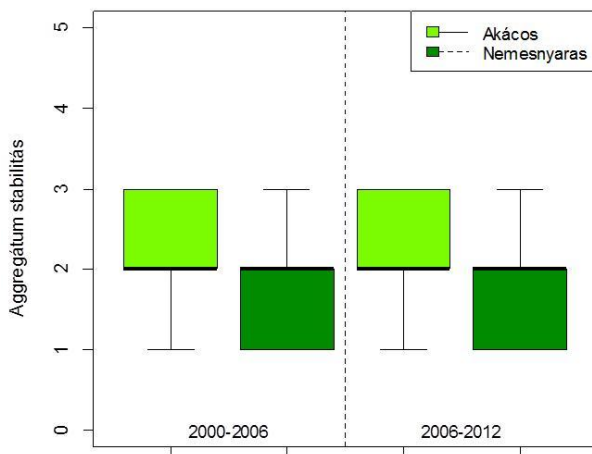
„leromlott (4)” illetve „gyengén leromlott (3)” talajszerkezeti állapotra jellemző aggregátumstabilitási értékeket mértem ($3,73 \pm 0,88$). A telepített erdők esetében jobb víztartó és szerkezetű, a „megfelelő (2)” - höz jobban közelítő talajokra jellemző aggregátumstabilitási értékeket adódtak $2 \pm 0,85$.



9. ábra: A befásított és közvetlen környezetében lévő szántóföldi területek talajának aggregátum stabilitási értékei

Az aggregátumstabilitás különbséget mutatott a fásításra alkalmazott fafaj szerint (10. ábra). A 2000-2006 között

telepített akácosokban $2,10 \pm 0,74$ átlagértékek voltak jellemzőek, a 2006-2012 között telepített akácosokban pedig: $2,10 \pm 0,99$. A nemes-nyarasokban a 2000-2006 között telepített állományok esetében $1,60 \pm 0,55$, a 2006-2012 között pedig $1,80 \pm 0,45$ átlagértékeket kaptam. Ennek oka feltehetően az eltérő termőhelyi adottságokban keresendő: az eredmények alapján a homok textúrájú területeken inkább akácot, a több finomfrakciót tartalmazó talajokon pedig inkább nyárat telepítettek.

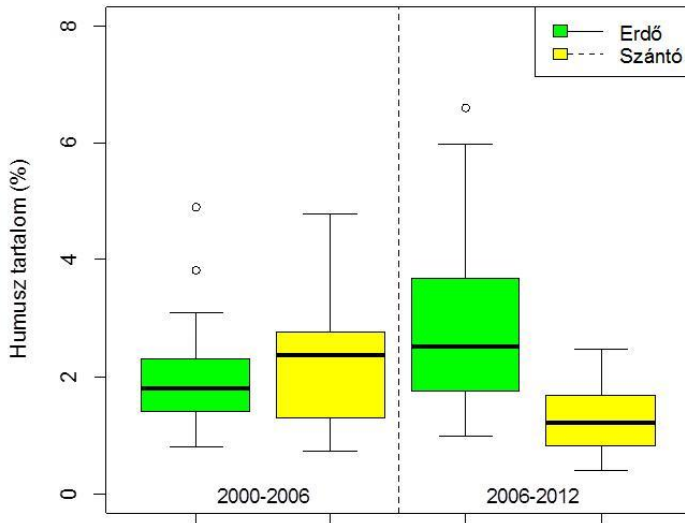


10. ábra: Az akácos és nemes-nyaras területek talajának aggregátumstabilitásának átlagértékei

5. Tézis

Kimutattam, hogy a humuszban szegény, laza talajon létesített 6-12 éves fásítások talajában a humusztartalom szignifikánsan megnövekedett a kontroll szántók értékeihez képest. A humusztartalom növekedése kissé nagyobb mértékű volt a korábban befásított területeken. Nem volt szignifikáns különbség a növekedés mértékében a fásításra alkalmazott fafajok (nemes nyár, illetve akác) szerint.

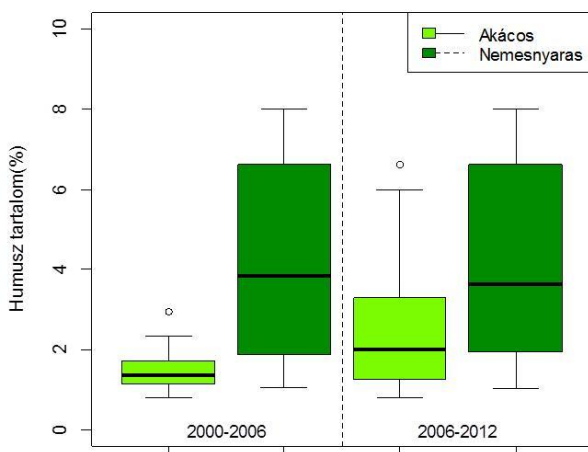
A humusztartalom átlagértékei alapján látható (11. ábra), hogy a szántóföldi terület szignifikánsan elkülönülő csoportot képez mindkét vizsgálati időszakban az erdőterületektől ($p < 0.05$). Átlagértékei a szántott homoktalajokra jellemző alacsony értékeket mutatnak ($1,26\% \pm 0,02$). A befásított területeken a talaj humusztartalmában csekély különbség figyelhető meg a két változási időszak között. Míg az első időszakban (2000-2006) fásított területek átlagosan a 3% körüli értékhez közelített, addig a 2006-2012 közötti időszakban alacsonyabb, 2% körül volt a humusztartalom átlagértéke.



11. ábra: *A befásított területek és közvetlen környezetében lévő szántóföldi területek talajának humusztartalom (%) átlagértékei*

A 12. ábrán pedig látható, hogy a fafajok összetétele szerint hogyan alakultak az átlagos humusztartalom értékek a két különböző felszínborítású, faösszetételű erdőállományban. A nemes-nyarasok talajában a humusztartalom átlagértékei a következőképpen alakultak: a 2000-2006 közötti felszínborítás-változás esetén értéke $3,40\% \pm 0,10$, 2006-2012

közötti felszínborítás-változás esetén pedig $3,74\% \pm 0,02$ volt. A homoktalaj esetében a 3% humusztartalom már általában nagy értéknek számít, bár ez csupán a feltalaj 10 cm-es rétegét jellemzi. Az akácok talajában az első felszínborítás változási időszakban (2000-2006), az átlagos jellemző humusztartalom érték $3,79\% \pm 0,09$ volt, a 2006-2012 közötti változási időszak fásított talajaiban pedig valamivel alacsonyabb értékek mutatkoztak ($3,67\% \pm 0,18$). Szignifikáns eltérés nem volt megfigyelhető a két felszínborítás változási időszak között ($p \leq 0,05$).

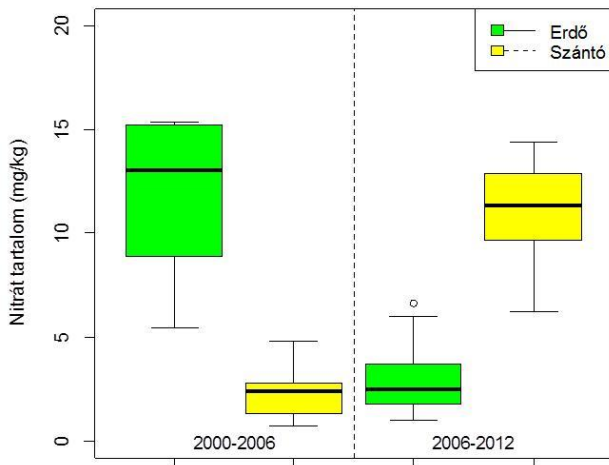


12. ábra: Az akácok és nemes nyaras területek talajának humusztartalom (%) átlagértékei

6. Tézis

Kimutattam, hogy a tápanyagszegény, laza talajokon a könnyen oldható nitrát- és foszfát-tartalom a fásított erdők talajában a fásítást követően szignifikánsan kisebbnek bizonyult a kontroll szántó területekhez képest, amelyet a biomassa jelentős felhasználása és az utánpótlás megszűnése együttesen okoz.

A tápanyagellátottsági értékekre a fásított parcellák talajában alacsony, elenyésző átlagértékeket figyelhetünk meg, amely szintén a homoktalajok sajátosságainak a következménye (13. ábra). A feltalajban megfigyelhető nitrogén átlagos értékei alapján elmondható, hogy az első felszínborítás változási időszakban (2000-2006) magasabb a befásított talajok nitrát (mg/kg) tartalma ($15,56\text{mg/kg} \pm 3,14$), amely részben az akácok nitrogénkötésével, részben pedig a termelt nagyobb biomasszából származó mobilizációval magyarázható. A legmagasabb értékeket a szántóföldi területek talajában mértem, amelyek egyértelműen a művelt talajokéra jellemzőek ($16,26\text{ mg/kg} \pm 4,61$).



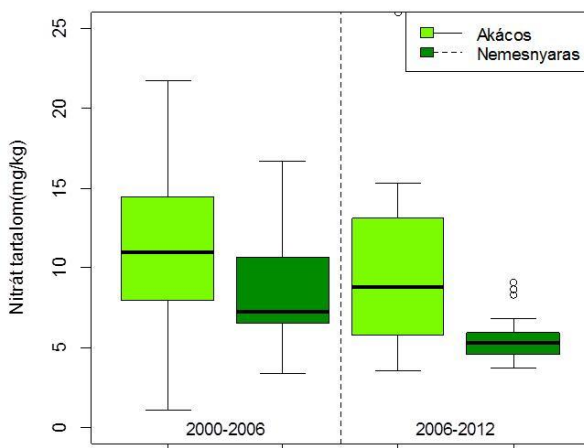
13. ábra: A befásított és közvetlen környezetében lévő szántóföldi területek talajának nitrát (NO_3^-) tartalom (mg/kg) átlagértékei

A telepített fajok típusa szerinti vizsgálatok eredményei alapján a nitrát-tartalom az akácok talajában némileg magasabb volt (14. ábra).

Az akácgyökér rizóbiának (*Rhizobium leguminosarum*) adaptációja következtében önálló nitrogénkötésre és ennek következtében a termőhely tápanyagviszonyainak aránylag gyors megváltoztatására képesek. Az akác lombja igen gazdag nitrogéntartalmú

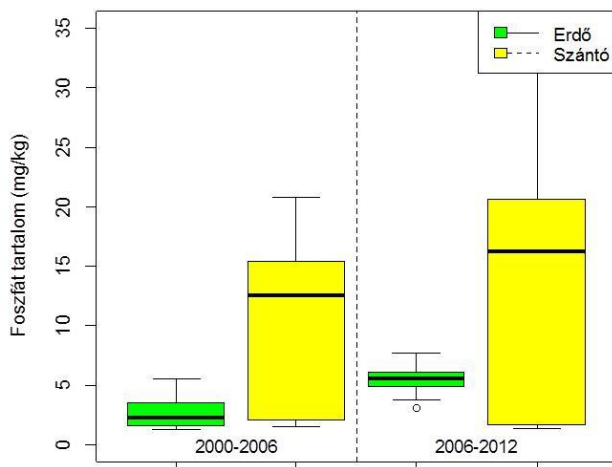
vegyületekben, ezért az avarja igen gyorsan bomlik, s ez a talaj felső rétegében nitrogén-túlkínálatot idéz elő.

Mindkettő állomány talajában közel azonos átlagértékek voltak jellemzőek. Az akácokban 2000-2006 között ($17,34\text{mg/kg} \pm 10,67$) alakult, 2006-2012 között pedig ($17,64\text{ mg/kg} \pm 8,83$) mozgott. A nemes-nyarasok talajában kicsivel alacsonyabb értékeket kaptam: 2000-2006 közötti felszínborítás változási időszakban ($15,23\text{mg/kg} \pm 2,44$) 2006-2012 közötti időszakban pedig ($16,70\text{mg/kg} \pm 6,00$) eredmények születtek.



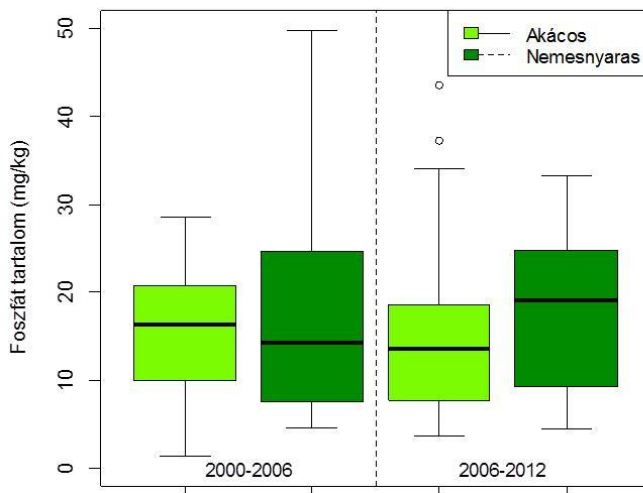
14. ábra: Az akác és nemes nyaras területek talajának nitrát-tartalmának (NO_3^-) átlagértékei (mg/kg)

Az AL-oldható foszfát-tartalom (15. ábra) szignifikánsan eltért ($p \leq 0,05$) a szántók és a fásítások talajában. A szántók talajában értéke az első felszínborítás változási időszakban (2000-2006 között) kisebb: $10,38 \pm 4,18$, mint a második vizsgált időszakban (2006-2012): $(26,14 \text{ mg/kg} \pm 7,01)$. A fásított területek talaját tekintve az első időszakban (2000-2006) alacsonyabb átlagértékek jellemzőek ($2,76 \text{ mg/kg} \pm 1,36$), míg a második változási időszakban (2006-2012) magasabb az arány ($5,42 \text{ mg/kg} \pm 1,14$).



15. ábra: A befásított és közvetlen környezetükben lévő szántóföldi területek talajának foszfát-tartalom (mg/kg) átlagértékei

A 16. ábrán látható, hogy az akácok területén 2000-2006 közötti felszínborítás változási időszakban $16,60\text{mg/kg} \pm 6,93$, 2006-2012 között pedig $17,03 \pm 9,49$ értékek voltak megfigyelhetőek. Nemes-nyaras állományban: 2000-2006 között $21,74\text{mg/kg} \pm 5,01$, míg 2006-2012 között pedig $17,03\text{mg/kg} \pm 0,70$).



16. ábra: Az akác és nemes nyaras területek talajának foszfát-tartalmának átlagértékei (mg/kg)

IRODALOMJEGYZÉK

Agarwal, C., Green, G. M., Grove, J. M., Evans, T. P. & Schweik, C. M. 2002. A review and assessment of land-use change models: dynamics of space, time, and human choice. (U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. Newton Square, PA. (General Technical Report NE—297).

Csorba, P. 2008. Tájhatárok és foltgrádiensek. In. Csima P. - Dubliszky-Boda B. (szerk). Tájökológiai kutatások. Budapesti Corvinus Egyetem. Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszék. Budapest. 83-89.

Deák, B., Valkó, O., Tóth, Cs. A., Botos, Á., Novák, T. J. 2020. Legacies of past land use challenge grassland recovery – An example from dry grasslands on ancient burial mounds. *Nature Conservation* 39: 113-132. doi.org/10.3897/natureconservation.39.52798

Dövényi, Z. 2010. Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet. Budapest. 876 p.

Dr. Borsy, Z. 1961. A Nyírség természeti földrajza. Budapest. Akadémiai Kiadó. pp. 138-141.

Félegyházi, E., Kiss, T., Szabó, J. 2009. Természetföldrajzi gyakorlatok különös tekintettel a geomorfológiai vizsgálatokra: földrajz tanárszakos és geográfus hallgatók számára. Debrecen Kossuth Egy. K., 2009.

Geist, H.J. and Lambin, E.F. 2002. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *BioScience*. 52. pp. 143-150.

Kátai, J. 2011. Talajökológia. Debreceni Egyetem. Debrecen. TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt. 99 p.

Kerényi, A., 2007. Tájvédelem. Pedellus Tankönyvkiadó. Debrecen. 184 p.

Kertész, Á., Márkus, B., Tózsza, I. 1997. Land use change analysis by GIS. In: *Land Use and Soil Management*. Agricultural University of Debrecen, Debrecen. 265-283.

Lóczy, D.. 2002. Tájértékelés, földértékelés. Dialóg Campus Kiadó. Budapest - Pécs. 307 p. PRATOT. 2005: Modeling ecological impacts of landscape change. *Environmental Modelling & Software* 20. 1359-1363.

Meyer, W. & Turner, II, B. (eds.) 1994. *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective*. Global Change Institute. Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge. 410 p.

Novák, T. J., Incze, J., 2018. Antropogén hatások becslése hazai talajokban felszínborítási adatok és WRB diagnosztika alapján. *Agrokémia és Talajtan* 67 (2). Budapest. pp. 179-195.

Pansu, M., Gautheyrou, J. 2006. Hand book of soil analysis. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Berlin. pp. 1-993.

Piché, N., Kelting, D. L. 2015. Recovery of soil productivity with forest succession on abandoned agricultural land. Restoration Ecology 23 (5). pp. 645–654. pp. 72-75.

Szabványok

MSZ 20135:1999 A talaj oldható tápelemtartalmának meghatározása
MSZ-08 0205–78 A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata

MSZ-08-0206-2:1978 A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Laboratóriumi vizsgálatok.



Nyilvántartási szám: DEENK/212/2023.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Botos Ágnes
Doktori Iskola: Földtudományok Doktori Iskola

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. **Botos, Á.**, Tóth, C. A., Novák, T.: Tiszántúli kunhalmok talajának változásai művelés felhagyásán követően.
Tájékozl. Lapok. 17 (1), 23-31, 2019. ISSN: 1589-4673.

Magyar nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

2. **Botos, Á.**, Balla, D. Z., Novák, T.: Fásítások hatásainak vizsgálata korábbi szántók és gyepek talajára = Effects of Afforestation on Soil from Agricultural Cultivation to Lawn.
Acta Scientiarum Transylvanica.Chimica. 25-27 (1), 83-89, 2019. ISSN: 1842-5070.

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

3. Deák, B., Valkó, O., Tóth, C. A., **Botos, Á.**, Novák, T.: Legacies of past land use challenge grassland recovery: An example from dry grasslands on ancient burial mounds.
Nat. Conserv.-Bulgaria. 2020 (39), 113-132, 2020. ISSN: 1314-6947.
DOI: <https://doi.org/10.3897/natureconservation.39.52798>
IF: 2.417

További közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (2)

4. Tóth, C. A., Prónay, Z., Pethe, M., **Botos, Á.**, Molnár, M.: Hortobágyi kurgánok geoarcheológiai vizsgálata = Geoarchaeological investigation of kurgans in the Hortobágy.
In: A Hortobágyi Természetvédelmi Kutatótábor 45 éve. Szerk.: Tóth Albert, Tóth Csaba Albert, Alföldkutatásért Alapítvány, Kiszújszállás, 350-367, 2019. ISBN: 9786158131704
5. **Botos, Á.**, Novák, T., Tóth, C. A.: Művelésből kivont tiszántúli halmok feltalaj változásának vizsgálata = Studying the changes of the topsoil of not cultivated mounds in the Tiszántúli region.
In: A Hortobágyi Természetvédelmi Kutatótábor 45 éve. Szerk.: Tóth Albert, Tóth Csaba Albert, Alföldkutatásért Alapítvány, Kiszújszállás, 336-349, 2019. ISBN: 9786158131704





Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (5)

6. Novák, T., Balla, D. Z., **Botos, Á.**: Egy eltűnt szőlőskert nyomában: avagy a hagyományos határhasználat nyomai a talajokban és a tájban.
Honismeret. 48 (4), 106-110, 2020. ISSN: 0324-7627.
7. **Botos, Á.**, Tóth, C. A., Novák, T.: A talajművelés felhagyásának hatásai a talaj és a növényzet egyes tulajdonságaira a Boda-halom példáján.
Gyepgazdálk. Közl. 17 (1), 3-10, 2019. ISSN: 1785-2498.
DOI: <http://dx.doi.org/10.55725/gygk/2019/17/1/9444>
8. Novák, T., Balla, D. Z., Rásó, J., **Botos, Á.**, Mester, T.: A NAIK ERTI Püspökladányi Állomás talajainak taxonómiai helyzete WRB 2015 szerint.
Talajvédelem. Kisz., 189-197, 2017. ISSN: 1216-9560.
9. Mester, T., Balla, D. Z., **Botos, Á.**, Szabó, G., Sándor, G., Novák, T.: Az antropogén hatások mértékének és jelentőségének értékelése WRB irányelvek alapján tisztántúli kertes talajaiban.
Talajvédelem. Kisz., 179-187, 2017. ISSN: 1216-9560.
10. **Botos, Á.**, Boda, P., Márta, L., Novák, T.: Történeti talajművelés talajra gyakorolt hatásainak vizsgálata középhegységi cseres-kocsánytalan tölgyes erdő talajában.
Economica. 4 (2), 241-246, 2015. ISSN: 1585-6216.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

11. **Botos, Á.**, Ökrös, V., Tóth, C. A.: Soil aggregate stability, organic carbon and plant available nutrient contents (N,P) in soils of prehistoric mounds after abandonment of cultivation.
Acta geogr. Debr., Landsc. environ. ser. 9 (1), 42-50, 2015. ISSN: 1789-4921.

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

12. Balla, D. Z., Mester, T., Márta, L., Molnár, D., Barkóczy, N., Bodroginé Zichar, M., **Botos, Á.**, Novák, T.: Effects of land use changes on soil properties based on reamulated soil profiles.
Acta Univ. Sapientiae. Agric. Environ. 9 (1), 70-81, 2017. ISSN: 2065-748X.

Magyar nyelvű konferencia közlemények (6)

13. **Botos, Á.**, Mester, T., Balla, D. Z., Novák, T.: Erdőtelepítések hatása talajok egyes tulajdonságaira.
In: LIX. Georgikon Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia 2017. szeptember 28-29., PE Georgikon Kar, Keszthely. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 65-71, 2017. ISBN: 9789639639898
14. Balla, D. Z., Mester, T., **Botos, Á.**, Bodroginé Zichar, M., Szabó, G., Novák, T.: Kertként hasznosított területek kiterjedése és változásai Magyarországon felszínborítási adatok alapján.
In: Interdiszciplináris táj kutatás a XXI. században : a VII. Magyar Tájökológiai Konferencia tanulmányai. Szerk.: Blanka Viktória, Ladányi Zsuzsanna, Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézet, Szeged, 47-52, 2017. ISBN: 9789633065426





15. Mester, T., Balla, D. Z., **Botos, Á.**, Karancsi, G., Szabó, G.: Lakossági szennyvízknákból kiáramló szennyvíz talajvízre gyakorolt hatásának vizsgálata.
In: LIX. Georgikon Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia 2017. szeptember 28-29., PE Georgikon Kar, Keszthely. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 343-349, 2017. ISBN: 9789639639898
16. **Botos, Á.**, Tóth, C. A., Balla, D. Z., Mester, T., Novák, T.: Művelésből kivont tisztántúli kunhalmok talajának változásai.
In: Interdiszciplináris táj kutatás a XXI. században : a VII. Magyar Tájökológiai Konferencia tanulmányai. Szerk.: Blanka Viktória, Ladányi Zsuzsanna, Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézet, Szeged, 61-69, 2017. ISBN: 9789633065426
17. Balla, D. Z., Makai, K., Karancsi, G., Mester, T., **Botos, Á.**, Bodroginé Zichar, M., Novák, T.: Talajszelvények modellezése és WRB szerinti értékelése egy alföldi mintaterületen.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII.: Térinformatikai konferencia és szakkiallítás. Szerk.: Balázs Boglárka, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 21-28, 2017. ISBN: 9789633186381
18. **Botos, Á.**, Fehér, S., Babai, D., Novák, T.: A szántóföldi művelésből kivont boda-halom talajtani és növényzeti változásainak vizsgálata.
In: A táj változásai a Kárpát-medencében : tájgazdálkodás, tájtermelés, hungarikumok és helyi értékek a mezőgazdaság területén : tájtörténeti áttekintés : XI. tájtörténeti konferencia kiadványa. Szerk.: Füleky György, Környezetkímélő Agrokémiáért Alapítvány, Gödöllő, 87-92, 2016. ISBN: 9789630622141

Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

19. Balla, D. Z., Mester, T., **Botos, Á.**, Novák, T., Bodroginé Zichar, M., Rásó, J., Karika, A.: Possibilities of spatial data visualization with web technologies for cognitive interpretation.
In: 8th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications: CogInfoCom 2017 : Proceedings : September 11-14, 2017 Debrecen, Hungary, IEEE Computer Society, Piscataway, 17-20, 2017. ISBN: 9781538612644

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (5)

20. Mester, T., Balla, D. Z., **Botos, Á.**, Karancsi, G., Szabó, G.: Egy lakossági szennyvízknákból kiáramló szennyvíz talajvízre gyakorolt hatásának vizsgálata.
In: LIX. Georgikon Napok : Kivonat-kötet. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 122, 2017. ISBN: 9789639639881
21. **Botos, Á.**, Mester, T., Balla, D. Z., Novák, T.: Erdőtelepítések hatása talajok egyes tulajdonságaira.
In: LIX. Georgikon Napok : Kivonat-kötet. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 62, 2017. ISBN: 9789639639881





22. Tóth, C. A., **Botos, Á.**, Novák, T.: A halmok tájvédelmének időszerű kérdései.
In: Magyar Földrajzi Napok 2016 : absztraktkötet. Szerk.: Pajtókné Tari Ilona, Tóth Antal,
Magyar Földrajzi Társaság, Budapest, 89-90, 2016. ISBN: 9786158030717
23. Mester, T., Sándor, G., **Botos, Á.**, Balla, D. Z., Szabó, G., Novák, T.: Az antropogén hatások
mértékének és jelentőségének értékelése WRB irányelvek alapján tiszántúli kertek talajaiban.
In: Talajtani Vándorgyűlés: Az előadások és a poszterek összefoglalója / kész. Sándor Zsolt,
Szász Gizella, Magyar Talajtani Társaság, Debrecen, 26, 2016.
24. Balla, D. Z., Rásó, J., **Botos, Á.**, Mester, T., Novák, T.: Az ERTI Püspökládányi állomás
talajainak taxonómiai helyzete WRB szerint.
In: Talajtani Vándorgyűlés : Az előadások és a poszterek összefoglalója / kész. Sándor Zsolt,
Szász Gizella, Magyar Talajtani Társaság, Debrecen, 25, 2016.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 2,417

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapján szolgáló közleményekre):
2,417**

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

Debrecen, 2023.06.06.



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

**Impact of Land Cover Changes on Selected Soil
Properties in Great Hungarian Plain Sample Areas**

Ágnes Botos

Supervisor: Dr. Tibor József Novák



UNIVERSITY OF DEBRECEN
Doctoral School of Earth Sciences
Debrecen, 2023.

1. INTRODUCTION

Landscape changes can be of natural or anthropogenic origin, however, the latter is more common. In contrast to natural processes, society can lead to intensive landscape changes even in a short period of time (*Kerényi, 2007*).

In landscape changes even the smaller modifications can be considered changes (*Csorba, 2008*), however the change itself can only be interpreted realistically if we examine its extent between determined timepoints (*Lóczy, 2002*). Changes can be diverse, but the most apparent perhaps the change of the land cover (*Lambin et. al, 2006*), however, we may not be able to describe the alteration of the given landscape in a holistic manner (*Agarwal et. al, 2002*). In terms of land cover changes, the hidden changes, such as the ones taking place in the soil, are more important than the obvious changes (*Meyer&Turner, 1994*). During the investigation of land cover changes, the changes occurring in the soils and the changes of soil status are especially important (*Kertész et. al, 1997*), since soil status is suitable to describe and monitor the extent of anthropogenic alterations.

2. OBJECTIVES

The aim of my thesis is to determine the changes and regenerating processes occurring in the soil of various areas with altered land cover which are affected by moderate societal impact (uncultivated, previously used as cropland/grassland). In my investigation I included sample areas (primarily on the areas of Hortobágy and Nyírség) which had been under intensive agricultural use, then after uncultivation they were utilized as grassland or they were afforested, that is they became moderately impacted, or managed as conservation areas.

In my thesis I have set the following specific objectives:

1. The investigation of the impact of the intensive-extensive changes on soil processes in areas with altered land cover (uncultivated, used as cropland/grassland for a long time).
2. The investigation of soil regeneration processes followed by two different types land cover alteration, with regards to multiple, fundamental characteristics of the soil in a multi-year survey.
3. Based on the soil samples collected from soil surfaces and horizons, the monitoring of the soil physics and soil chemistry changes following a land cover alteration.

4. In the **first survey**, the interpretation of 5-years of results (2014-2018) for the surface of 9 kurgans in Tiszántúl, where the land cover was recently changed from cropland to grassland.
5. In the **second survey**, the monitoring of soil changes in previously selected sample areas (based on the CORINE LCC database) for 2 successive years (2017-2018) in forested areas used to be utilized as grassland or cropland.
6. As reference points for the areas with altered land cover, samples were collected in the immediate surroundings of these areas, whereas repeated surveys were performed to track short-term changes.
7. The soil properties included in the investigation were the ones which, based on the scientific literature, can reflect changes even in the short-term, as well as play a significant role in the regulation of the vegetation: volume mass of the soil, the stability of the aggregates and the essential nutrients: C, N and P contents.
8. In terms of the both sample areas, I aimed to determine the extent and rapidity, and therefore the ecological impact of the changes of soil properties in areas with moderate cultivation in contrast with the

soils located in the vicinity of these areas with unchanged cultivation.

3. MATERIALS AND METHODS

I investigated the pedological effects of landscape changes with decreasing land use intensity on two different, albeit closely located examples, characteristically occurring on the Alföld areas. The selection of survey location was primarily affected by documentation, approachability and their distance from each other.

First type: investigation of uncultivated, previously ploughed kurgans which were turned to grassland, where the tracking the changes is also important from a nature protection perspective (*Deák et. al, 2020*). In this survey, I included nine kurgans on Tiszántúl where cropping was stopped in 2011-2012. I also included two mounds with continuous grass cover in the investigation as control, as well as two mounds which had a patch of acacia on their surfaces before the rehabilitation. The mounds are located on Hortobágy, Dél-Hajdúság and Tiszafüred-Kunhegyesi-sík microregions.

The locations of the mounds were demonstrated on Figure 1, and their most important properties are included in Table 1.

Table 1: Summary Table of the Investigated Mounds

Name of mound	Settlement	Type of land cover change	Geographical coordinates (north latitude, east longitude)	Absolute elevation	Relative elevation
Boda-mound	Nádudvar	Cropland → grassland	47°23' 29'' 21°03' 07''	91.7	4.7
Hegyes-mound	Nádudvar	Cropland → grassland	47°23'42'' 21°05' 23''	94.0	4.8
Révmound	Püspökladány	Cropland → grassland	47°22' 03'' 21°03' 03''	90.1	3.0
Sebeséri-mound	Nádudvar	Cropland → grassland	47°26' 46'' 21°08' 05''	92.6	3.5
Tök-mound	Nádudvar	Cropland → grassland	47°25' 20'' 21°04' 29''	92.7	6.4
Porosállás-mound	Tiszafüred	Acacia → grassland	47°33'05'' 20°52' 49''	88.0	n.a estimated value: 4.5-5
Vajda-mound	Nádudvar	Acacia → grassland	47°30' 25'' 21°15' 39''	95.0	9.0
Két-mound	Hajdúszoboszló	grassland (control)	47°26' 57'' 21°17' 59''	99.1	9.1
Lapos-mound	Nádudvar	grassland (control)	47°23' 57'' 21°06' 39''	91.0	4.1



Figure 1: Geographical location of the kurgans included in the survey

Second type: forested, previously cropped agricultural areas. The sample areas situated on forested parcels belong to 6 settlements in total (*Figure 2*). The locations are part of Dél-Nyírség and Közép-Nyírség microregions (*Dövényi, 2010*), however, their pedological properties are more similar to the ones of Hajdúhát, Lőszös-Nyírség and Dél-Hajdúság, when they are situated in their proximity. Its fundamental pedological features are sand texture (small size), low pH and lime content, and low humus content which is characteristic of sand soils. All of the 16 forested sample areas were used be

cropland or grassland, then they were afforested between 2000 and 2012. Their average size is ~16,8 ha, and their most important properties are included in *Table 2*.

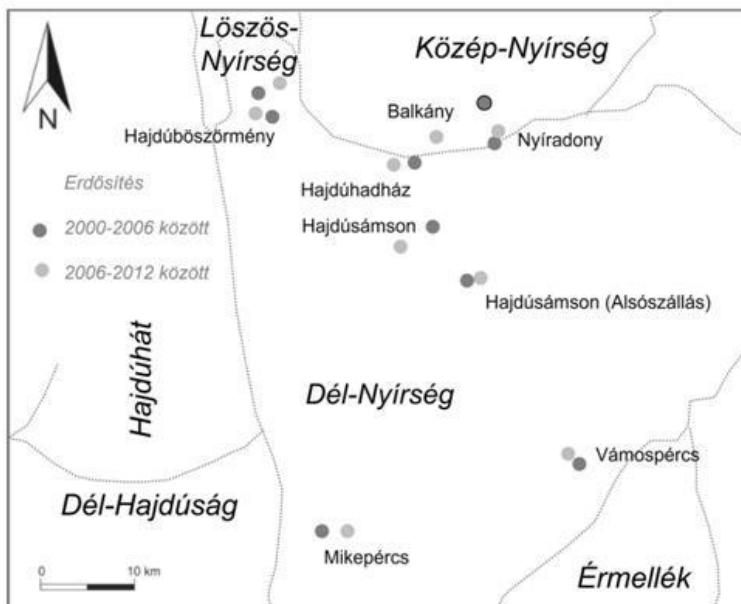


Figure 2: Geographical location of forested sample areas included in the survey

Table 2: Summary table of the investigated forest areas*(based on own data)*

Settlement	Geographical coordinates (north latitude, east longitude)	Name of microregion	Forestation type	Forestation period	Previous land cover	Area (ha)
Mikepércs	47°26' 39'' 21°40' 14''	Dél-Nyírség	hybrid poplar	2006-2012	cropland	13.4
Mikepércs	47°42' 18'' 21°36' 00''		hybrid poplar	2000-2006	grassland	12.3
Vámospércs	47°23' 19'' 21°53' 39''		hybrid poplar	2006-2012	cropland	18.3
Vámospércs	47°26' 32'' 21°38' 59''		hybrid poplar	2000-2006	cropland	12.9
Hajdúhadház (Fényestelep)	47°39' 33'' 21°44' 10''		hybrid poplar	2000-2006	cropland	16.7
Hajdúhadház (Fényestelep)	47°39' 26'' 21°43' 11''		hybrid poplar	2006-2012	grassland	21.5
Alsószállás (Hajdúsámson)	47°35' 25'' 21°47' 55''		acacia	2000-2006	grassland	8.1
Alsószállás (Hajdúsámson)	47°40' 43'' 21°01' 45''		acacia	2006-2012	cropland	7.4
Dombos (Hajdúsámson)	47°36' 30'' 21°43' 16''		acacia	2006-2012	grassland	13.6
Oncsatelep (Hajdúsámson)	47°37' 17'' 21°45' 18''		acacia	2000-2006	grassland	31.04
Hajdúböszörmény	47°41' 16'' 21°35' 12''		acacia	2006-2012	cropland	15
Hajdúböszörmény	47°41' 12'' 21°35' 34''		acacia	2000-2006	grassland	11.8
Hajdúböszörmény	47°42' 18'' 21°36' 00''		acacia	2006-2012	grassland	8.4
Hajdúböszörmény	47°41' 55'' 21°35' 19''	acacia	2000-2006	cropland	30.5	

Nyíradony (Aradványpuszta)	47°40' 35'' 21°49' 08''	Közép-Nyírség	hybrid poplar	2006- 2012	cropland	10.4
Nyíradony (Aradványpuszta)	47°40' 29'' 21°48' 59''		hybrid poplar	2000- 2006	grassland	16.8
Balkány (Déssytanya)	47°40'27'' 21°48' 24''		acacia	2006- 2012	grassland	27.7
Balkány (Déssytanya)	47°41'33'' 21°48' 24''		acacia	2000- 2006	cropland	12.3

3.1 Field Surveys

In case of the mounds, the field soil sampling necessary for soil science investigations was performed over a period of 5 years (2014-2018). I collected samples from the surface of the mounds (“mound tops”) and from the croplands located in immediate surroundings of the mounds. In the case of two mounds, I also sampled the soil of the natural or semi-natural dry grasslands located in their surroundings. From randomly selected points on the surface of the mounds, I collected an average of 10 soil samples per mound each year from the 0-9 cm layer of the underlying soil using a 100 cm³ metal cylinder. Similarly, as a control, 10 average samples were collected randomly from the agricultural areas surrounding the mounds. A total of approximately 900 soil samples were collected over the course of 5 years, which were analyzed for three times with regards to the selected soil properties.

In the afforested areas, I also collected undisturbed surface average soil samples from the 0-9 cm layer. During the initial

sampling in spring 2017, I collected 5 soil samples from the surface 0-9 cm layer from each randomly selected 5 points within the afforested parcel (one from each corner of the forests and one from the center). At each of the 5 points, I collected 3 sub-samples and combined them to obtain the average samples. In April 2018, I collected additional surface average soil samples from the afforested parcels included in the study. I also took soil samples from the surrounding grassland and cropland areas for control purposes. To characterize the soil conditions, I performed soil profiling in two sampling areas in spring 2019. The profiling was performed down to a depth of 1.4 meters, and the soils were described following the guidelines of the IUSS WRB 2015. Samples were taken at each soil horizon and at 20-25 cm intervals, and analyzed them following the same method as the surface soil samples. A total of 150 soil samples were collected from the afforested areas and their immediate surroundings during the two investigations. Additionally, a total of 10 soil samples were taken from the two soil profiles. Hence, I had a total of 160 soil samples at my disposal for the soil science examinations, with triplicate analyses.

3.2 Laboratory Analyses

The processing of soil samples was carried out at the Geographic Laboratory of the University of Debrecen. The collected soil samples were pre-dried at 105°C for 3 days (or at 40°C for average samples) until reaching a constant weight. The dried samples were ground to powder using a mortar, and they were cleaned of any plant residues and roots.

To determine volume mass, the known volume of undisturbed samples taken with a 3x100 cm³ sampler was dried at 105°C in the laboratory until reaching a constant weight. Then, using an equation, the volume mass was calculated based on the dry weight and volume of the samples.

The pH of the soils (H₂O, KCl) was measured according to the MSZ-08 0206/2-78 standard. A 1:2.5 soil-liquid suspension was prepared, and after 24 hours of equilibration, the pH was measured using a pH meter with a glass electrode (*Félegyházi et al., 1999*).

The calcium carbonate (CaCO₃) content was determined using the Scheibler method (*Félegyházi et al., 1999*). It involved using 0.5-10 g of the prepared, air-dried sample free of plant and animal residues, and adding 20 ml of 10% hydrochloric acid.

The determination of humus content was performed using the potassium dichromate wet oxidation method, using prepared, dry samples free of plant and animal residues.

The texture of the soils was examined based on particle size distribution, determined by sedimentation analysis (*Félegyházi et al.*, 2002) (MSZ-08 0205-78). The fraction between 2 and 0.2 mm was separated by dry sieving, while the fraction below 0.2 mm was separated using the pipette method (*Pansu&Gautheyrou*, 2006). The fine fraction was classified into sand (2-0.063 mm), silt (0.063-0.002 mm), and clay (<0.002 mm) fractions.

The characterization of soil aggregate stability was done by estimating the water stability of the soil structure (aggregates) using the Sekera & Brunner qualitative estimation method, as well as the Hungarian standard MSZ-08 0205-78.

The nutrient supply status of the soils was characterized by the quantity of easily accessible phosphate and nitrate for vegetation.

The phosphate content was determined using the ammonium lactate extractable phosphate method (MSZ 20135 1999), and the nitrate content in the soil was determined according to the corresponding Hungarian standard (MSZ 20135 1999).

3.3 Statistical Analyses

The statistical analysis of soil relationships and the creation of diagrams were performed using Microsoft Office Excel and the version 3.3.3 of the R statistical software. To check the normality of the datasets, I used the Kolmogorov-Smirnov test, and for testing the relationships, I applied the two-sample t-test. After conducting the analyses, I first determined the descriptive statistical parameters from the available dataset, including the mean, median, extreme values, quartiles, and measures of dispersion.

To compare the values of individual soil properties between different land cover types (cropland-grassland, cropland-forest) within the sampled areas, I applied the Mann-Whitney test. Additionally, I used Pearson correlation to assess the relationship between the measured soil parameters for each mound surface separately, to determine how closely related they were in the first (2014) and last (2018) years of the study.

4. RESULTS

1. Thesis

I have demonstrated that the readily available nitrate and phosphate content in the soil of the kurgans matches the values of cropland soil in the year following abandonment. Subsequently, after abandonment and lack of replenishment, these values decrease to levels similar to those of the control grasslands over a few years.

Through the repeated soil sampling carried out over five years using consistent methods, I could monitor the nutrient dynamics (nitrate, phosphate) in the surface soil layer of the rehabilitated mounds. Based on these observations, I determined that significant changes occur in the underlying soil of the formerly cultivated kurgans after cultivation ceases. These changes can be crucial for later plant colonization and successional processes.

Figure 3 display the nutrient status values of the different land cover types during the five-year study period (2014-2018). In the case of nitrate content, it can be observed that the average nitrate values in cropland samples only differ by a few percentage points from the values of abandoned areas (*Figure 3*). For mound tops, in the initial year of study (2014), I measured values similar to those of cropland areas (78.8 mg/kg \pm 5.4). Over the years, the nitrate content in the soil of

rehabilitated mounds gradually decreased. By 2018, it approached the average values of the grassland areas ($49.9 \text{ mg/kg} \pm 1.8$). Throughout each year of study, the continuous grassland areas exhibited the lowest nitrate content ($37.4 \text{ mg/kg} \pm 0.3$). Regarding nitrate content, significant differences ($p \geq 0.05$) between the soil of abandoned mounds and plowed areas were not observed only during the first two years of study. However, starting from 2016, significant differences can be observed ($p \leq 0.05$).

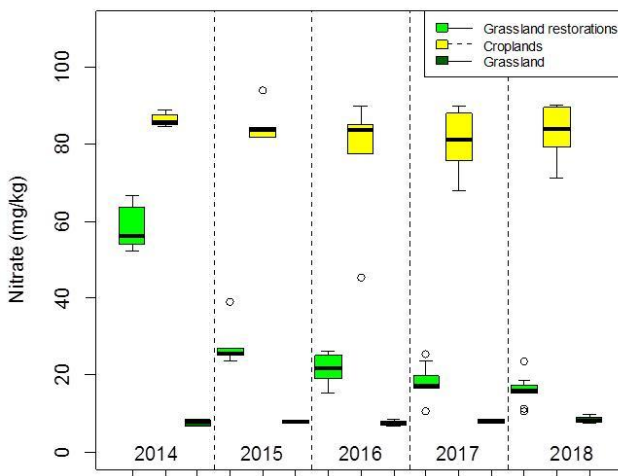


Figure 3: Average NO_3^- content of the soils of the investigated land types (mg/kg)

According to the AL-extractable phosphate content, there is a significant ($p \geq 0.05$) differentiation between cropland areas and the other two land cover types in every year of the study (*Figure 4*). The average phosphorus quantity in each land cover type can be attributed to the use or cessation of fertilizers. In the abandoned mounds where cultivation was discontinued, the phosphorus content was generally lower due to the cessation of continuous replenishment. The highest values, typical of cultivated soil, ranged from 77.1 mg/kg to 85.8 mg/kg \pm 6.4. Lower values were measured on the surface of abandoned mounds: 21.06 mg/kg to 58.34 mg/kg \pm 1.70. A continuous decrease in phosphorus content was observed in the soil of the mound surfaces following abandonment. The smallest average values were obtained for the natural, continuous grassland land cover type: 17.82 mg/kg to 19.93 mg/kg \pm 1.49.

Considering the table provided by M  M-NAK (National Agricultural Research and Innovation Center), taking into account the obtained results, it can be concluded that in the first two years of the study, the abandoned mound surfaces still fell into the category of weak fertility (51-90 mg/kg), similar to the soil of actively cultivated cropland areas. However, after cultivation was discontinued, they shifted to

the category of very weak fertility ($50 > \text{mg/kg}$), indicating a more natural state.

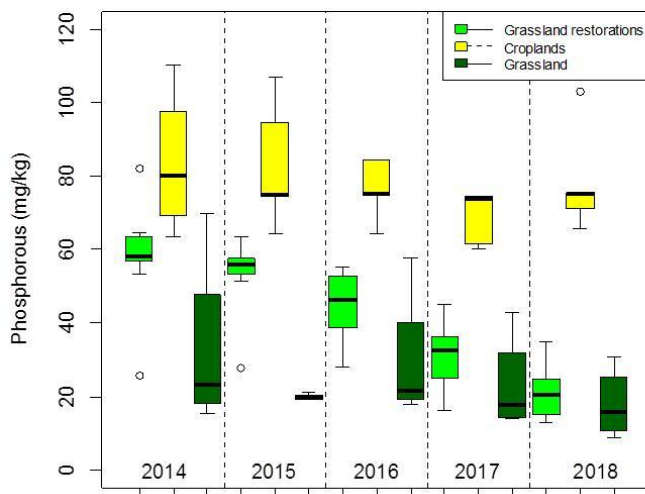


Figure 4: Average AI-extractable phosphorus content of the soils of the investigated land types (mg/kg)

The total phosphorus content (mg/kg) of the soils showed (Figure 5) the lowest average values in the undisturbed grassland areas in each year of the study ($37.92 \text{ mg/kg} \pm 4.13$). Similar to nitrate content, at the beginning of the study, the average phosphorus content on the mound surfaces was similar to that of the cropland areas ($143.54 \text{ mg/kg} \pm 5.37$), but

a decrease was observed in the final year compared to the initial state ($90.58 \text{ mg/kg} \pm 2.54$). A significant difference between the abandoned and cultivated soils was observed in the 2016 and 2017 study years ($p \geq 0.05$).

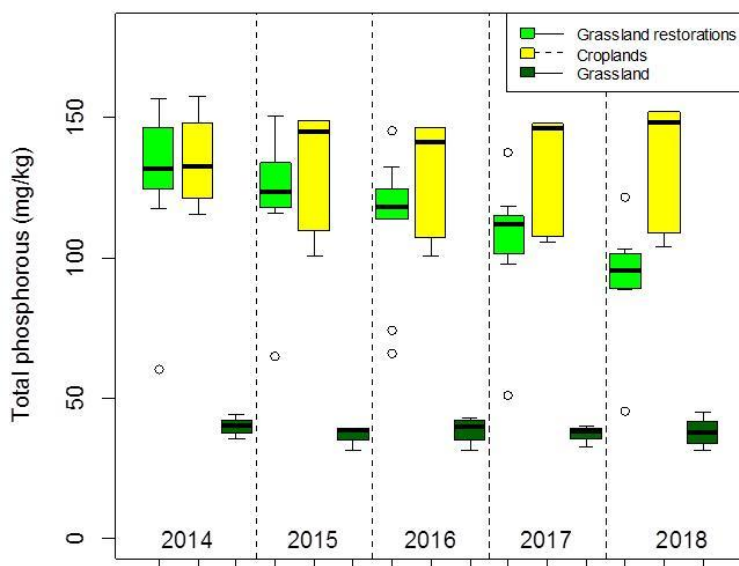


Figure 5: Average P_2O_5 content of the soils of the investigated land types (mg/kg)

2. Thesis

I demonstrated that similar to the changes in nutrient content following the discontinuation of cultivation, there was also a correlated change (decrease) in volume mass in the mound soils. This change was different among the different land cover types and significantly varied in the abandoned soils during the time series study.

The absence of mechanized cultivation after abandonment initially increases volume mass due to initial settling, but the loosening effect of the root mass of the rapidly established dense vegetation results in a decrease in volume mass. The average values of volume mass (g/cm^3) were not presented on an annual basis because these characteristics did not show a distinct annual trend, and the temporal changes were less characteristic. Instead, the differences between the different land cover types were more prominent. Therefore, the results of the five years were presented in a combined and averaged manner. Therefore, the results of the 5-year period were averaged and presented collectively.

As a result of continuous cultivation, the highest average value in each of the study years (*Figure 6*) was observed in the cultivated control fields: $1.63 \text{ g}/\text{cm}^3 \pm 0.04$, while the lowest values were obtained in undisturbed, anthropogenically unaffected grassland areas:

1.07 g/cm³ ±0.09, which can be attributed to the loosening effect of the densely interwoven root system in the subsoil. In the soil of the heap surfaces, the average value of soil volume mass decreased year by year following abandonment. At the beginning of the study, in 2014, the typical value on the surface of the mounds was 1.36 g/cm³ ±0.03, while in the last year of the study, it was 1.27 g/cm³ ±0.15.

Further decrease in the volume mass of the abandoned soil can be expected in the future due to the loosening effect of the root system and increased pore volume resulting from higher biological activity (*Piché & Kelting, 2015*).

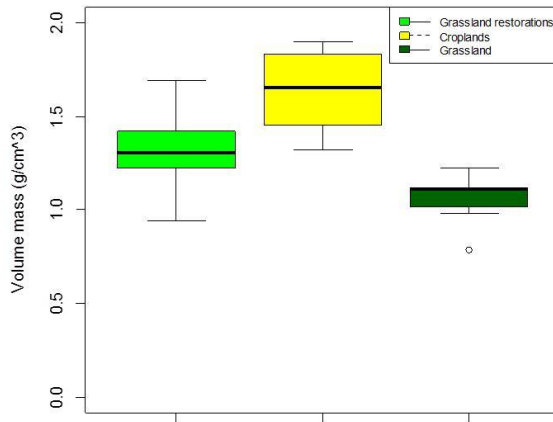


Figure 6.: Mean values of the average volume mass of the investigated land types

3. Thesis

The increase in organic matter content can be observed in the soil of abandoned cultivated mounds in terms of carbon turnover. After a few years, the value approached the organic matter content of the reference mound with continuous grass cover in certain mound surfaces.

The organic matter content (*Figure 7*) was highest in the natural loess grassland in all three study years ($6.56\% \pm 0.44\%$). The currently cultivated agricultural areas had lower average organic matter content ($4.19\% \pm 0.30\%$) due to continuous plowing, which mixes the upper, humus-rich layer with deeper, humus-poor layers. In addition, increased aeration also leads to a decrease in organic matter content, as better soil aeration promotes enhanced decomposition of organic compounds (*Kátai, 2011*). On the abandoned mound surfaces, I observed increasing organic matter content year by year, and in 2018 ($5.6\% \pm 0.4\%$), it approached the value of natural loess grassland.

In terms of average organic matter content, no significant difference ($p \geq 0.05$) was observed between the abandoned mound surfaces and the currently cultivated agricultural areas in the first three study years (2014-2016). However, in the 2017 and 2018 study years, the agricultural areas under

cultivation were significantly distinct from the abandoned mound surfaces ($p \leq 0.05$).

Regarding the results between the first and last study years for the Boda-mound and Sebeséri-mound (*Figure 8*), there is a significant difference ($p \leq 0.05$).

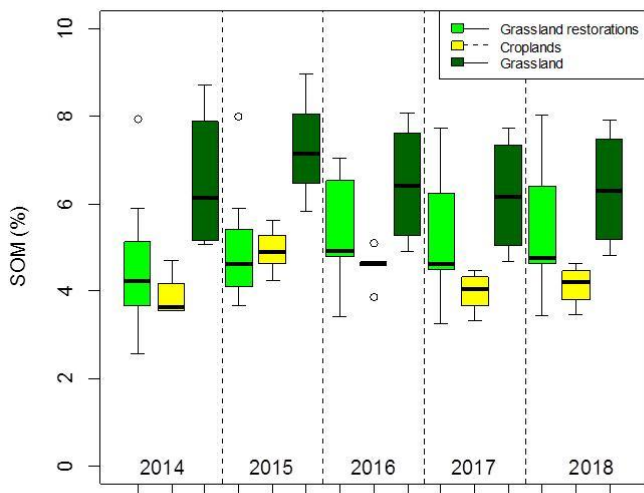


Figure 7: Average humus content of the soils of the investigated land types (%)

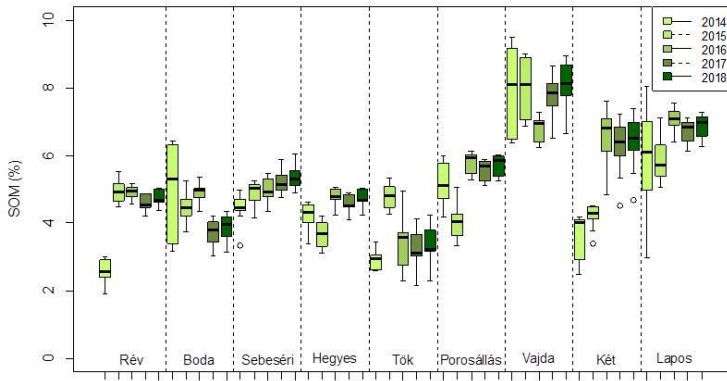


Figure 8: Average humus content (%) of the mound surfaces included in the study between 2014 and 2018

4. Thesis

I have found that the impact of afforestation on loose-textured areas (sand, loamy sand) is primarily manifested in the changes of average aggregate stability.

Comparing the aggregate stability of the soil in the planted forests and the currently cultivated cropland areas, the values of aggregate stability (*Figure 9*) were higher (indicating weaker stability) in the tilled soils on both periods within the afforested areas. In the tilled soils, I measured aggregate stability values characteristic of "degraded (4)" or "moderately

degraded (3)" soil structural conditions (3.73 ± 0.88). In the afforested areas, the values of aggregate stability were indicative of better water retention and structure, closer to the "adequate (2)" category, with values of 2 ± 0.85 .

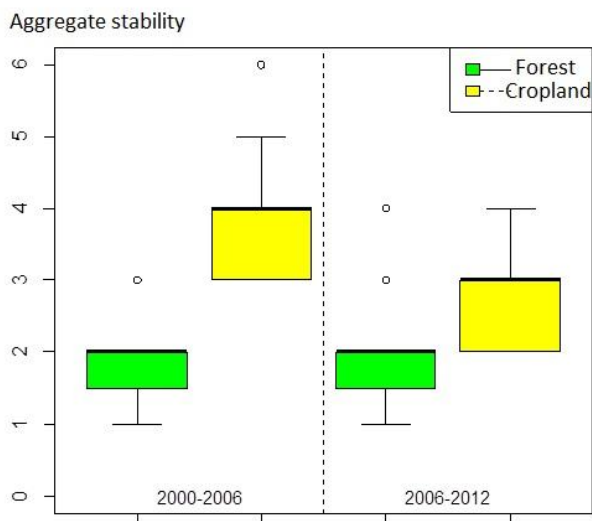


Figure 9: *Aggregate stability values of the soils of afforested areas*

The aggregate stability showed differences based on the tree species used for afforestation (*Figure 10*). For the acacia plantations established between 2000 and 2006, average values of 2.10 ± 0.74 were characteristic, while for the acacia plantations established between 2006 and 2012, average

values of 2.10 ± 0.99 were obtained. In the hybrid poplar plantations, the average values were 1.60 ± 0.55 for the stands established between 2000 and 2006, and 1.80 ± 0.45 for those established between 2006 and 2012. The reason for this is presumably the different site conditions: based on the results, acacia was predominantly planted in sandy areas, while poplar was planted on soils containing more fine fractions.

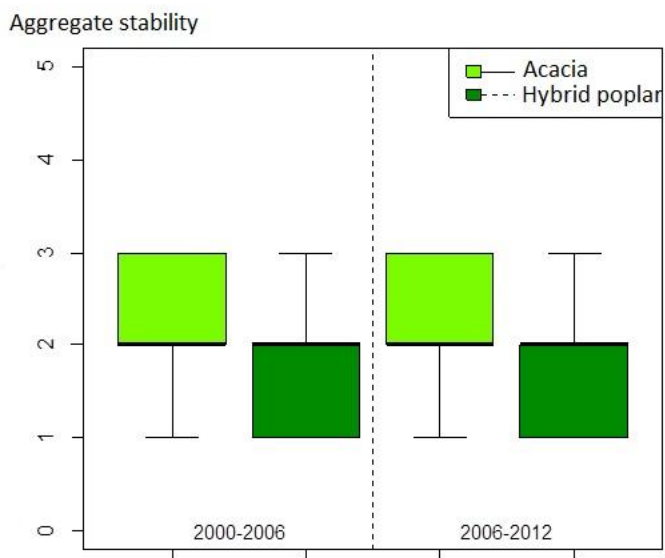


Figure 10: Average values of aggregate stability in the areas of acacia and hybrid poplar.

5. Thesis

I have found that the humus content significantly increased in the soil of 6-24-year-old afforestation areas established on poor, loose soil compared to the control croplands. The increase in humus content was slightly greater in previously afforested areas. There was no significant difference in the magnitude of the increase based on the tree species used for afforestation (hybrid poplar or acacia).

Based on the average values of humus content (*Figure 11*), it can be observed that the cropland area forms a significantly distinct group from the forested areas in both study periods ($p < 0.05$). The average values indicate low humus content typical of tilled sandy soils ($1.26\% \pm 0.02$). In the afforested areas, there is a slight difference in soil humus content between the two periods. While in the first period (2000-2006), the afforested areas approached an average value of around 3%, in the period between 2006 and 2012, the average humus content was lower, around 2%.

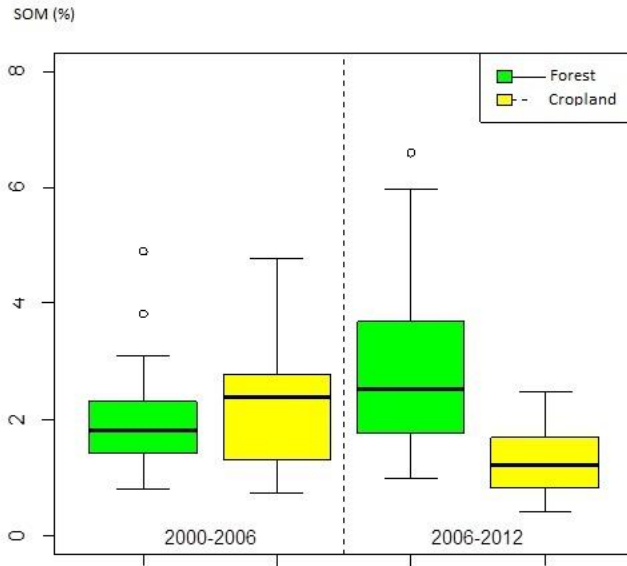


Figure 11: Average values of soil humus content (%) in the afforested areas.

Figure 12 shows how the average humus content values varied according to the composition of tree species in the two different forest stands with different land covers. In the soil of hybrid poplar stands, the average values of humus content were as follows: for the land cover change between 2000 and 2006, it was $3.40\% \pm 0.10$, and for the land cover change between 2006 and 2012, it was $3.74\% \pm 0.02$. In the case of

sandy soil, a 3% humus content is generally considered high, although this only characterizes the top 10 cm layer of the soil. In the soil of acacia stands, during the first period of land cover change (2000-2006), the average characteristic humus content value was $3.79\% \pm 0.09$, while during the period of surface cover change between 2006 and 2012, slightly lower values were observed ($3.67\% \pm 0.18$). No significant difference was observed between the two periods of land cover change ($p \leq 0.05$).

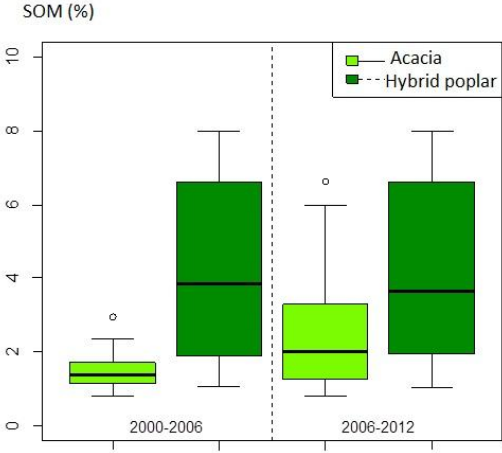


Figure 12: Average values of soil humus content (%) for acacia and hybrid poplar areas.

6. Thesis

I have demonstrated that in nutrient-poor, loose soils, the readily soluble nitrate and phosphate content in the soil of afforested forests was significantly lower compared to control croplands, which can be attributed to the significant utilization of biomass and the cessation of nutrient replenishment.

Regarding nutrient supply values, we can observe low and negligible average values in the soil of afforested plots, which is also a consequence of the characteristics of sandy soils (*Figure 13*). Based on the average nitrogen values observed in the topsoil, it can be concluded that during the first period of land cover change (2000-2006), the afforested soils had higher nitrate (mg/kg) content ($15.56 \text{ mg/kg} \pm 3.14$), which can be partly explained by the nitrogen fixation of acacia trees and partly by the mobilization from the produced higher biomass. The highest values were measured in the soil of croplands, which are clearly characteristic of cultivated soils ($16.26 \text{ mg/kg} \pm 4.61$).

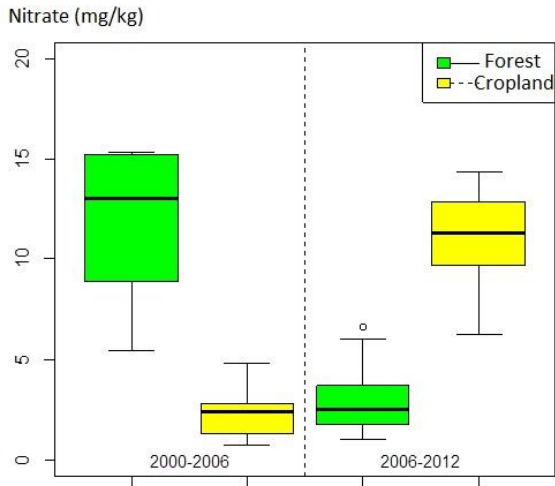


Figure 13: Average values of nitrate (NO_3^-) content (mg/kg) in the soil of afforested areas for each land type

According to the results of the study based on the tree species, the nitrate content in the soil of acacia stands was slightly higher (Figure 14). Due to the adaptation of acacia root rhizobia (*Rhizobium leguminosarum*), they are capable of independent nitrogen fixation, thus relatively rapidly altering the nutrient conditions of the site. The foliage of acacia contains high amounts of nitrogen compounds, resulting in

rapid decomposition of the litter, leading to nitrogen excess in the upper layer of the soil.

Both stands had similar average values in their soil. In the acacia stands, the nitrate content ranged from (17.34 mg/kg \pm 10.67) between 2000-2006, to (17.64 mg/kg \pm 8.83) between 2006-2012. In the hybrid poplar stands, slightly lower values were observed: (15.23 mg/kg \pm 2.44) between 2000-2006, and (16.70 mg/kg \pm 6.00) between 2006-2012.

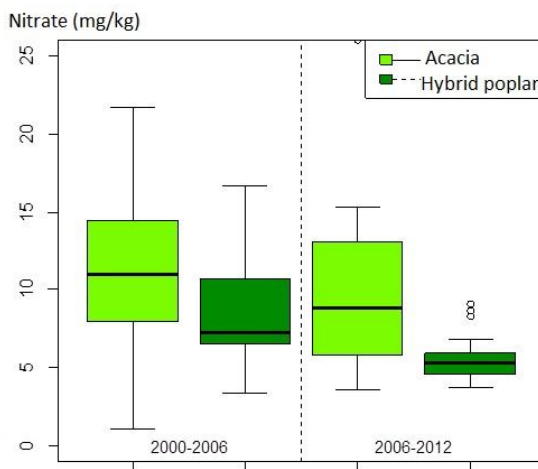


Figure 14: Average nitrate (NO_3^-) content values (mg/kg) for acacia and hybrid poplar areas.

The available phosphate content (*Figure 15*) significantly differed ($p \leq 0.05$) between the cropland and afforestation

soils. In the cropland soil, the value was lower in the first period of land cover change (2000-2006): $10.38 \text{ mg/kg} \pm 4.18$, compared to the second period (2006-2012): $26.14 \text{ mg/kg} \pm 7.01$. Regarding the afforested areas, lower average values were observed in the first period (2000-2006): $2.76 \text{ mg/kg} \pm 1.36$, while higher values were found in the second period (2006-2012): $5.42 \text{ mg/kg} \pm 1.14$.

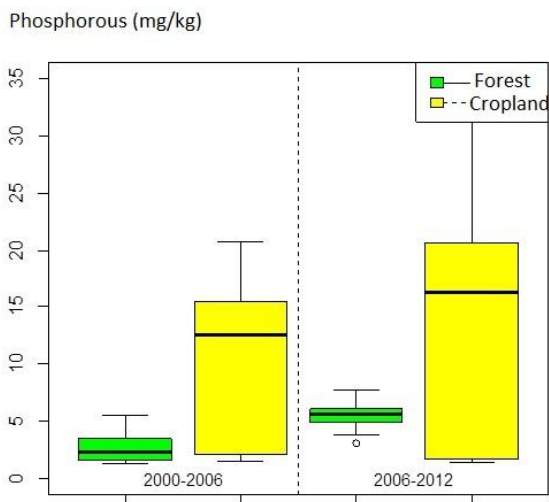


Figure 15: Average values of phosphate content (mg/kg) in the soil of afforested areas for each land type

In the acacia areas (*Figure 16*), during the period of land cover change between 2000-2006, the average phosphate

content was $16.60 \text{ mg/kg} \pm 6.93$. In the period between 2006-2012, it was $17.03 \text{ mg/kg} \pm 9.49$. In the hybrid poplar stands, the average phosphate content was $21.74 \text{ mg/kg} \pm 5.01$ between 2000-2006, and $17.03 \text{ mg/kg} \pm 0.70$ between 2006-2012.

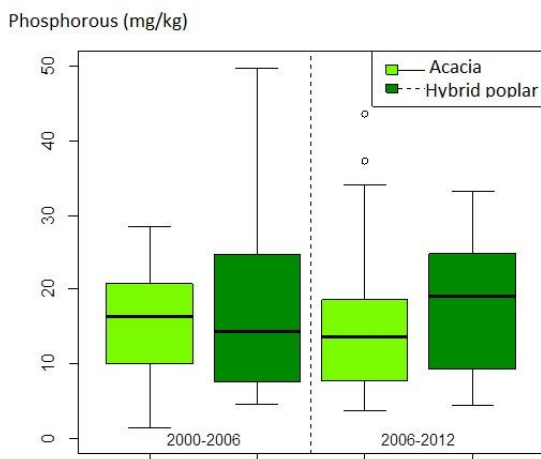


Figure 16: Average phosphate content values (mg/kg) for the acacia and hybrid poplar areas

REFERENCES

Agarwal, C., Green, G. M., Grove, J. M., Evans, T. P. & Schweik, C. M. 2002. A review and assessment of land-use change models: dynamics of space, time, and human choice. (U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. Newton Square, PA. (General Technical Report NE—297).

Csorba, P. 2008. Tájhatárok és foltgrádiensek. In. Csima P. - Dubliszky-Boda B. (szerk). Tájökológiai kutatások. Budapesti Corvinus Egyetem. Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszék. Budapest. 83-89.

Deák, B., Valkó, O., Tóth, Cs. A., Botos, Á., Novák, T. J. 2020. Legacies of past land use challenge grassland recovery – An example from dry grasslands on ancient burial mounds. *Nature Conservation* 39: 113-132. doi.org/10.3897/natureconservation.39.52798

Dövényi, Z. 2010. Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet. Budapest. 876 p.

Dr. Borsy, Z. 1961. A Nyírség természeti földrajza. Budapest. Akadémiai Kiadó. pp. 138-141.

Félegyházi, E., Kiss, T., Szabó, J. 2009. Természetföldrajzi gyakorlatok különös tekintettel a geomorfológiai vizsgálatokra: földrajz tanárszakos és geográfus hallgatók számára. Debrecen Kossuth Egy. K., 2009.

Geist, H.J. and Lambin, E.F. 2002. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *BioScience*. 52. pp. 143-150.

Kátai, J. 2011. Talajökológia. Debreceni Egyetem. Debrecen. TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt. 99 p.

Kerényi, A., 2007. Tájvédelem. Pedellus Tankönyvkiadó. Debrecen. 184 p.

Kertész, Á., Márkus, B., Tózsza, I. 1997. Land use change analysis by GIS. In: Land Use and Soil Management. Agricultural University of Debrecen, Debrecen. 265-283.

Lóczy, D.. 2002. Tájértékelés, földértékelés. Dialóg Campus Kiadó. Budapest - Pécs. 307 p. PRATOT. 2005: Modeling ecological impacts of landscape change. *Environmental Modelling & Software* 20. 1359-1363.

Meyer, W. & Turner, II, B. (eds.) 1994. Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective. Global Change Institute. Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge. 410 p.

Novák, T. J., Incze, J., 2018. Antropogén hatások becslése hazai talajokban felszínborítási adatok és WRB diagnosztika alapján. *Agrokémia és Talajtan* 67 (2). Budapest. pp. 179-195.

Pansu, M., Gautheyrou, J. 2006. Hand book of soil analysis. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Berlin. pp. 1-993.

Piché, N., Kelting, D. L. 2015. Recovery of soil productivity with forest succession on abandoned agricultural land. *Restoration Ecology* 23 (5). pp. 645–654. pp. 72-75.

Standards

MSZ 20135:1999 – Determination of the soluble nutrient content in soil.

MSZ-08 0205-78 – Examination of soil physical and water management properties.

MSZ-08-0206-2:1978 – Examination of certain chemical properties of soil. Laboratory tests.



Registry number: DEENK/212/2023.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Ágnes Botos
Doctoral School: Doctoral School of Earth Sciences

List of publications related to the dissertation

Hungarian scientific articles in Hungarian journals (1)

1. **Botos, Á.**, Tóth, C. A., Novák, T.: Tiszántúli kunhalmok talajának változásai művelés felhagyását követően.
Tájékozl. Lapok. 17 (1), 23-31, 2019. ISSN: 1589-4673.

Hungarian scientific articles in international journals (1)

2. **Botos, Á.**, Balla, D. Z., Novák, T.: Fásítások hatásainak vizsgálata korábbi szántók és gyepek talajára = Effects of Afforestation on Soil from Agricultural Cultivation to Lawn.
Acta Scientiarum Transylvanica.Chimica. 25-27 (1), 83-89, 2019. ISSN: 1842-5070.

Foreign language scientific articles in international journals (1)

3. Deák, B., Valkó, O., Tóth, C. A., **Botos, Á.**, Novák, T.: Legacies of past land use challenge grassland recovery: An example from dry grasslands on ancient burial mounds.
Nat. Conserv.-Bulgaria. 2020 (39), 113-132, 2020. ISSN: 1314-6947.
DOI: <https://doi.org/10.3897/natureconservation.39.52798>
IF: 2.417

List of other publications

Hungarian book chapters (2)

4. Tóth, C. A., Prónay, Z., Pethe, M., **Botos, Á.**, Molnár, M.: Hortobágyi kurgánok geoarcheológiai vizsgálata = Geoarcheological investigation of kurgans in the Hortobágy.
In: A Hortobágyi Természetvédelmi Kutatótábor 45 éve. Szerk.: Tóth Albert, Tóth Csaba, Albert, Alföldkutatásért Alapítvány, Kisújszállás, 350-367, 2019. ISBN: 9786158131704
5. **Botos, Á.**, Novák, T., Tóth, C. A.: Művelésből kivont tiszántúli halmok feltalaj változásának vizsgálata = Studying the changes of the topsoil of not cultivated mounds in the Tiszántúli region.
In: A Hortobágyi Természetvédelmi Kutatótábor 45 éve. Szerk.: Tóth Albert, Tóth Csaba, Albert, Alföldkutatásért Alapítvány, Kisújszállás, 336-349, 2019. ISBN: 9786158131704





Hungarian scientific articles in Hungarian journals (5)

6. Novák, T., Balla, D. Z., **Botos, Á.**: Egy eltűnt szőlőskert nyomában: avagy a hagyományos határhasználat nyomai a talajokban és a tájban.
Honismeret. 48 (4), 106-110, 2020. ISSN: 0324-7627.
7. **Botos, Á.**, Tóth, C. A., Novák, T.: A talajművelés felhagyásának hatásai a talaj és a növényzet egyes tulajdonságaira a Boda-halom példáján.
Gyepgazdálk. Köz. 17 (1), 3-10, 2019. ISSN: 1785-2498.
DOI: <http://dx.doi.org/10.55725/gygk/2019/17/1/9444>
8. Novák, T., Balla, D. Z., Rásó, J., **Botos, Á.**, Mester, T.: A NAIK ERTI Püspökladányi Állomás talajainak taxonómiai helyzete WRB 2015 szerint.
Talajvédelem. Kisz., 189-197, 2017. ISSN: 1216-9560.
9. Mester, T., Balla, D. Z., **Botos, Á.**, Szabó, G., Sándor, G., Novák, T.: Az antropogén hatások mértékének és jelentőségének értékelése WRB irányelvek alapján tisztántúli kertek talajaiban.
Talajvédelem. Kisz., 179-187, 2017. ISSN: 1216-9560.
10. **Botos, Á.**, Boda, P., Márta, L., Novák, T.: Történeti talajművelés talajra gyakorolt hatásainak vizsgálata középhegységi cseres-kocsánytalan tölgyes erdő talajában.
Economica. 4 (2), 241-246, 2015. ISSN: 1585-6216.

Foreign language scientific articles in Hungarian journals (1)

11. **Botos, Á.**, Okrös, V., Tóth, C. A.: Soil aggregate stability, organic carbon and plant available nutrient contents (N,P) in soils of prehistoric mounds after abandonment of cultivation.
Acta geogr. Debr., Landsc. environ. ser. 9 (1), 42-50, 2015. ISSN: 1789-4921.

Foreign language scientific articles in international journals (1)

12. Balla, D. Z., Mester, T., Márta, L., Molnár, D., Barkóczy, N., Bodroginé Zichar, M., **Botos, Á.**, Novák, T.: Effects of land use changes on soil properties based on reambulated soil profiles.
Acta Univ. Sapientiae. Agric. Environ. 9 (1), 70-81, 2017. ISSN: 2065-748X.

Hungarian conference proceedings (6)

13. **Botos, Á.**, Mester, T., Balla, D. Z., Novák, T.: Erdőtelepítések hatása talajok egyes tulajdonságaira.
In: LIX. Georgikon Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia 2017. szeptember 28-29., PE Georgikon Kar, Keszthely. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 65-71, 2017. ISBN: 9789639639898
14. Balla, D. Z., Mester, T., **Botos, Á.**, Bodroginé Zichar, M., Szabó, G., Novák, T.: Kertként hasznosított területek kiterjedése és változásai Magyarországon felszínborítási adatok alapján.
In: Interdiszciplináris tájkutatás a XXI. században : a VII. Magyar Tájökológiai Konferencia tanulmányai. Szerk.: Blanka Viktória, Ladányi Zsuzsanna, Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézet, Szeged, 47-52, 2017. ISBN: 9789633065426





15. Mester, T., Balla, D. Z., **Botos, Á.**, Karancsi, G., Szabó, G.: Lakossági szennyvízakknákból kiáramló szennyvíz talajvízre gyakorolt hatásának vizsgálata.
In: LIX. Georgikon Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia 2017. szeptember 28-29., PE Georgikon Kar, Keszthely. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 343-349, 2017. ISBN: 9789639639898
16. **Botos, Á.**, Tóth, C. A., Balla, D. Z., Mester, T., Novák, T.: Művelésből kivont tisztántúli kunhalmok talajának változásai.
In: Interdiszciplináris táj kutatás a XXI. században : a VII. Magyar Tájökológiai Konferencia tanulmányai. Szerk.: Blanka Viktória, Ladányi Zsuzsanna, Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézet, Szeged, 61-69, 2017. ISBN: 9789633065426
17. Balla, D. Z., Makai, K., Karancsi, G., Mester, T., **Botos, Á.**, Bodroginé Zichar, M., Novák, T.: Talajszelvények modellezése és WRB szerinti értékelése egy alföldi mintaterületen.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII.: Térinformatikai konferencia és szakkiallítás. Szerk.: Balázs Boglárka, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 21-28, 2017. ISBN: 9789633186381
18. **Botos, Á.**, Fehér, S., Babai, D., Novák, T.: A szántóföldi művelésből kivont boda-halom talajtani és növényzeti változásainak vizsgálata.
In: A táj változásai a Kárpát-medencében : tájgazdálkodás, tájtermelés, hungarikumok és helyi értékek a mezőgazdaság területén : tájtörténeti áttekintés : XI. tájtörténeti konferencia kiadványa. Szerk.: Füleky György, Környezetkímélő Agrokémiáért Alapítvány, Gödöllő, 87-92, 2016. ISBN: 9789630622141

Foreign language conference proceedings (1)

19. Balla, D. Z., Mester, T., **Botos, Á.**, Novák, T., Bodroginé Zichar, M., Rásó, J., Karika, A.: Possibilities of spatial data visualization with web technologies for cognitive interpretation.
In: 8th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications: CogInfoCom 2017 : Proceedings : September 11-14, 2017 Debrecen, Hungary, IEEE Computer Society, Piscataway, 17-20, 2017. ISBN: 9781538612644

Hungarian abstracts (5)

20. Mester, T., Balla, D. Z., **Botos, Á.**, Karancsi, G., Szabó, G.: Egy lakossági szennyvízakknákból kiáramló szennyvíz talajvízre gyakorolt hatásának vizsgálata.
In: LIX. Georgikon Napok : Kivonat-kötet. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, 122, 2017. ISBN: 9789639639881
21. **Botos, Á.**, Mester, T., Balla, D. Z., Novák, T.: Erdőteleplések hatása talajok egyes tulajdonságaira.
In: LIX. Georgikon Napok : Kivonat-kötet. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, 62, 2017. ISBN: 9789639639881





22. Tóth, C. A., **Botos, Á.**, Novák, T.: A halmok tájvédelmének időszerű kérdései.
In: Magyar Földrajzi Napok 2016 : absztraktkötet. Szerk.: Pajtókné Tari Ilona, Tóth Antal,
Magyar Földrajzi Társaság, Budapest, 89-90, 2016. ISBN: 9786158030717
23. Mester, T., Sándor, G., **Botos, Á.**, Balla, D. Z., Szabó, G., Novák, T.: Az antropogén hatások
mértékének és jelentőségének értékelése WRB irányelvek alapján tisztántúli kertek talajaiban.
In: Talajtani Vándorgyűlés: Az előadások és a poszterek összefoglalója / kész. Sándor Zsolt,
Szász Gizella, Magyar Talajtani Társaság, Debrecen, 26, 2016.
24. Balla, D. Z., Rásó, J., **Botos, Á.**, Mester, T., Novák, T.: Az ERTI Püspökladányi állomás
talajainak taxonómiai helyzete WRB szerint.
In: Talajtani Vándorgyűlés : Az előadások és a poszterek összefoglalója / kész. Sándor Zsolt,
Szász Gizella, Magyar Talajtani Társaság, Debrecen, 25, 2016.

Total IF of journals (all publications): 2,417

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 2,417

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

06 June, 2023

