

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Erdőtalaj szén-dioxid kibocsátása és szerves
anyag dinamikája avarmanipulációs
kísérletekben**

(Síkfőkút DIRT Project)

**Carbon-dioxide emission and organic matter
dynamics of forest soil in litter manipulation
experiments**

(Síkfőkút DIRT Project)

Kotroczó Zsolt

Témavezetők:

Dr. Tóth János Attila és Dr. Tóthmérész Béla
egyetemi docens egyetemi tanár



DEBRECENI EGYETEM
Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola
Debrecen, 2009

1. Bevezetés, célkitűzés

A jelenlegi, és relatív gyors légköri szén-dioxid emelkedés helyzete befolyásolja a szén körforgást és akkumulációt a szárazföldi ökoszisztémákban (ZAK *et al.* 2000). A felmelegedés hatással van a talaj szerves anyagainak bomlására, a talajlégzésre és ezen keresztül a bioszféra szén körforgalmára is. Várható tehát, hogy ennek hatására a talaj hőmérsékletének növekedésével tovább fokozódik a talajlégzés, a talajból történő szén-dioxid kiáramlás, ami mint legfontosabb üvegházhatású gáz, pozitív visszacsatolásban tovább fokozza a felmelegedést (KAYE & HART 1998).

A Síkfőkút Project hosszú távú meteorológiai adatsorai alapján kimutatható, hogy a síkfőkúti cseres-tölgyes klímája a kutatás 1972-es kezdete óta melegebbé és szárazabbá vált (ANTAL *et al.* 1997; TÓTH *et al.* 2007). A klímaváltozás hatására az erdő fafaj összetétele és struktúrája is jelentős mértékben megváltozott, amelyre jellemző a nagyarányú tölgypusztulás, a relatív elcseresedés és az eljuharosodás (BOWDEN *et al.* 2006; KOTROCZÓ *et al.* 2007; TÓTH *et al.* 2006). A klímaváltozás szempontjából lényeges kérdés, hogyan változik az avarprodukción – ezáltal a talajba jutó szerves anyagok mennyisége és minősége. Feltételezhető, hogy az avarprodukción a felmelegedés növeli, ugyanakkor a szárazodás csökkenti, azaz a két folyamat együttes hatása, eredője fogja meghatározni a változások irányát, tendenciáját. Kevés információval rendelkezünk arra vonatkozóan, hogyan változik a talajban található szerves anyagok mennyisége, a talaj szerves anyagainak lebomlási sebessége, a talajlégzés. A Föld talajában kb. $1,58 \times 10^{18}$ g szerves kötött szén található, amely 2-3-szor nagyobb a vegetáció szén tartalmánál (REINERS 1968; SCHLESINGER 1990). A talaj szerves anyagainak bomlásakor, a talajlégzés folyamán jelentős mennyiségű szén-dioxid áramlik ki a talajból és jut az atmoszférába, ami kb. 10-szer nagyobb a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó CO₂ mennyiségnél (SCHLESINGER 1977). Ezért azok a változások, amelyek a talaj szén forgalmát érintik, számottevően befolyásolják a globális szén-ciklust is. A talajlégzés növekedésének egyik káros következménye, hogy hosszabb távon a talaj szerves anyag tartalmának csökkenését eredményezheti, ami a termőhely leromlásához vezethet.

Az értekezés célja annak feltárása, hogyan változik az avarprodukción, továbbá hogy az avar input szabadföldi avarmanipulációs kísérlet keretében történő mesterséges megváltoztatása milyen módon befolyásolja a talaj legfontosabb abiotikus paramétereit, a talaj-hőmérsékletét, nedvességtartalmát, a talajban lévő szerves anyagok mennyiségét, a talaj C- és N- dinamikáját, valamint a talajlégzést.

Vizsgálatainkat a Síkfőkút DIRT Project keretében végeztük, amely része az USA ILTER (*International Long-Term Ecological Research*) DIRT (*Detritus Input and Removal Treatment*) Projectnek. A nemzetközi hálózatban jelenleg négy amerikai kutatóhely (Harvard Forest, Bousson Forest, H. J. Andrews Forest, Michigan Biological

Station), és Európából két kutatóhely (Bayreuth Forest, Síkfőkút Project) vesz részt. A DIRT Projectet hosszú távú, több évtizedre kiterjedő vizsgálatra tervezték, az avar input és a talaj szerves anyag képződés bonyolult biológiai és kémiai összefüggéseinek a vizsgálatára és feltárására. A projekt célja annak feltárása, hogy a növényi avar input minőségi és mennyiségi összetételének a hosszú távú megváltoztatása különböző klimatikus viszonyok között, hogyan hat a talaj szerves anyag akkumulációjára, dinamikájára (NADELHOFFER 2004). A Síkfőkút DIRT Projectben kapott eredmények önmagukban is értékelhetők, az ILTER DIRT projectben való részvételünk azonban kutatásaink hatékonyságát jelentősen megnöveli. Az azonos módszerekkel kapott eredmények összehasonlítása alapján szélesebb érvényű általános összefüggések feltárására nyílik lehetőségünk.

A disszertáció – kapcsolódva a Síkfőkút DIRT Project illetve az ILTER DIRT Project általános célkitűzéseihez, annak résztémájaként konkrétan az alábbi kérdéseket vizsgálja:

1. A klímaváltozás hatására hogyan változik a Síkfőkúti cseres-tölgyes avarprodukciónak minőségi és mennyiségi összetétele, a korábbi több évtizeddel ezelőtt mért adatokhoz viszonyítva?
2. Az avarinput mesterséges megváltoztatása hogyan hat a talaj hőmérsékletére és nedvességtartalmára?
3. Az avarkezelések hatására hogyan változik a talaj szerves anyag tartalma?
4. Az avarmanipulációs (DIRT) kezelések hogyan befolyásolják a talajból kiáramló CO₂ mennyiségét, a talajlégzést?
5. A klímakutatók által a század végére jósolt 2°C-os hőmérséklet-emelkedés hatására várhatóan hogyan változik a talajlégzés?
6. Milyen összefüggés mutatható ki a talaj hőmérséklete, nedvességtartalma és a talajlégzés között?
7. Eredményeink összehasonlítása más, hasonló kutatóhelyek vizsgálatainak eredményeivel.
8. Milyen további következtetések vonhatók le a többi DIRT site kutatási eredményeivel való összehasonlítása alapján?

2. Anyag és módszer

2.1. A kutatási terület bemutatása

A Síkfőkút Project interdiszciplináris hosszú távú bioszféra kutatási program az IBP (*International Biological Programme*) és a MAB (*Man and the Biosphere*) nemzetközi

programok keretében, egy hazai klímazonális cseres-tölgyes erdő (*Quercetum petrae-cerris*) komplex kutatásának céljára alapították 1972-ben (JAKUCS 1973).

A modellterület az Északi-középhegységhez tartozó Bükk déli, dombvidéki táján, Egertől 6 km távolságra északkeleti irányban található. A Síkfőkút Project földrajzi koordinátái: é.sz. 47°90'; k.h. 20°46', tengerszint feletti magasság 320-340 m. A cseres-tölgyes erdő talaja agyagbemosódásos barna erdőtalaj (STEFANOVITS 1985), míg a FAO besorolás alapján Cambisols (IUSS WRB 2006; FEKETE *et al.* 2007).

2.2. Az LTER (*Long-term Ecological Research*) és a DIRT (*Detritus Input and Removal Treatments*)

Az LTER módszertana az Egyesült Államokban alakult ki, miután felismerték, hogy a Nemzetközi Biológiai Program (IBP) keretében szervezett mintaterületeken, sok szakember bevonásával, a hosszú távon folyó vizsgálatok milyen eredményesek, és milyen további eredményeket ígérnek. A hosszú távú ökológiai kutatás nem egyszerűen csak hosszú időn keresztül végzett ökológiai vizsgálatokat jelent, hanem egy kutatási módszertant, meghatározott követelményekkel és feltételekkel (KOVÁCS-LÁNG *et al.* 2000). 1995-ben a magyarországi LTER hálózat, melynek a Síkfőkút Project is tagja, csatlakozott több nemzetközi hálózathoz is, így a GTOS-hoz (*Global Terrestrial Observing System*) és az ILTER hálózathoz.

Új lendületet adott a kutatásoknak a DIRT Project, vagyis az avarmanipulációs kísérletek megindítása. A DIRT koncepciót a Wisconsin Egyetemen dolgozták ki az ottani füves területek és erdő ökoszisztémák hosszú távú tanulmányozására (NEILSON & HOLE 1963). A hosszú távú, több évtizedre tervezett avarmanipulációs szabadföldi kísérlet azt vizsgálja, hogy a klímaváltozás hatására hogyan változik az avarprodukción, továbbá hogy az avar input mesterséges megváltoztatása, milyen módon befolyásolja a talajban lejátszódó biológiai és kémiai folyamatokat. A Bükk hegységben található kutatóterületen 2000 novemberében 18 db 7 × 7 m-es modellparcellát állítottuk be. A hosszú távú, több évtizedre tervezett avarmanipulációs szabadföldi kísérletben, hatféle kezelést alkalmaztunk: Kontroll (normál avar input, K), Nincs Avar (a talaj feletti avar inputot folyamatosan eltávolítjuk, NA), Dupla Avar (a talaj feletti avar megduplázzuk, DA), Dupla Fa (a talajfeletti fa-avar inputot megduplázzuk, DF), Nincs Gyökér (a gyökerek növekedését a talajban és a talaj felett is kizárjuk, NGY), Nincs Input (a föld feletti avar inputot valamint a földalatti és feletti gyökéravart kizárjuk, NI). A parcellák kialakítása az USA DIRT Projektben alkalmazott módszerek szerint történt. Kezelésenként 3-3 párhuzamos parcellát alakítottunk ki.

2.3. Vizsgálati módszerek

A Síkfőkúton alkalmazott módszerek, az eredmények összehasonlíthatósága érdekében megegyeznek az ILTER DIRT project keretében alkalmazott módszerekkel. A módszerek kiválasztásánál az USA LTER talajtani kutatásokban alkalmazott módszerkönyvet tekintettük irányadónak (ROBERTSON *et al.* 1999).

A talajvizsgálatainkhoz a talajmintákat Oakfield[®] típusú (G-model) talajmintavevővel vettük. Egy parcelláról 4-6 almintát vettünk 15 cm-es mélységből, véletlenszerűen. Az almintákat összekevertük, homogenizáltuk, majd ezután használtuk fel az elemzésekhez. Az avarprodukció mérésére TÓTH *et al.* (1985) módszerét alkalmaztuk. A parcellák talajhőmérsékletének mérésére minden egyes parcellába 1 db ONSSET gyártmányú StowAway[®]TidbiT[®] típusú talajhőmérséklet-mérő adatgyűjtőt (*data-logger*) helyeztünk ki. Az adatgyűjtőket úgy programoztuk be, hogy a talaj hőmérsékletét óránként rögzítsék. Az adatok letöltése meghatározott időközönként, általában félévente, évente történik. A data-loggerek a parcellák közepén, 10 cm mélyen találhatók. A talaj nedvességtartalmának a meghatározását a hagyományos szárítószekrényes eljárással illetve a terepen TDR 300 (*Time Domain Reflectometer*) műszerrel mértük, a talajlégzés mérésekkel megegyező időpontokban, minden terepi kiszállás alkalmával, havonta. A talaj pH-ját vizes szuszpenzióból mértük. 5 g légszáraz talajhoz 12,5 ml desztillált vizet adtunk. Összerázás után a szuszpenziót 30 percig állni hagytuk. A pH mérésére Orion gyártmányú kombinált üvegelektrodát és Cole-Parmer digitális pH-mérőt használtunk. A minták szerves szén és nitrogén tartalmának meghatározása Elementar Vario EL C-H-N-O-S analízátorral történt NAGY (2000) módszerével a DE-AMTC Agrokémiai és Talajtani Tanszékén. A talajlégzés mérésére a nátronmész (SL = *Soda Lime*) módszert (RAICH *et al.* 1990; GROGAN 1999) alkalmaztuk. A vizsgálatokat rendszeresen, havonta végeztük, parcellánként 2-2 méréssel. A talajlégzés részeinek számítását NADELHOFFER *et al.* (2004) módszere alapján végeztük. A talajhőmérséklet és a talajlégzés közötti összefüggést, illetve az ennek segítségével számolható hőmérsékleti koefficiens (Q_2) NADELHOFFER *et al.* (2004) és BOONE *et al.* (1998) leírásai alapján végeztük, ahol a Q_2 értékek ($Q_2 = e^{b \cdot 10}$) azt mutatják meg, hogy 2°C-os átlaghőmérséklet emelkedés hatására hányszorosára növekedne a talajlégzés. Az eredmények statisztikai kiértékelése egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) és korreláció vizsgálattal történt, 5%-os szignifikancia szinten ($p=0,05$).

3. Új tudományos eredmények

3.1. Az avarprodukciónak hosszú távú változása

Az erdő fafaj összetétele és struktúrája is jelentős mértékben megváltozott, amelyre jellemző a nagyarányú tölgypusztulás, a relatív elcseresedés és az eljuharosodás (BOWDEN *et al.* 2006; KOTROCZÓ *et al.* 2007; TÓTH *et al.* 2006). Ezt a változást az erdő a lombavarprodukciónak minőségi és mennyiségi változása is jól tükrözi.

A korábbi (1972-1976 közötti) és a jelenlegi (2003-2006 közötti) időszak összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a korábbihoz képest a *Quercus petraea* lombavarprodukciónak több mint felére csökkent. Ez nyilvánvalóan annak tulajdonítható, hogy az eltelt több mint 30 év folyamán a *Quercus petraea* jelentős része, 68,4 % kipusztult. Az ezzel járó lombavarkiesést a *Quercus petraea* jelenlegi állománya nem tudta pótolni. Annak ellenére, hogy a *Quercus cerris* 15,9 %-a elpusztult, a *Q. cerris* lombavarja az 1972-76 közötti időszakhoz képest nem csökkent, hanem növekedett, vagyis a *Quercus cerris* erőteljes növekedésével nemcsak kompenzálta, hanem még túl is szárnyalta a korábbi időszakban mért avarprodukciónak. Az *Acer campestre* lombavarprodukciónak a korábbi időszakhoz képest közel hatszorosára emelkedett. Ez annak tulajdonítható, hogy az *Acer campestre* korábban még a cserje szintben fordult elő, mára pedig fává növe bekerült a faszintbe, ahol 28,2 %-os egyedszám részesedése alapján a második leggyakoribb fafajjá lépett elő. A Síkfőkút Project teljes lombavarprodukciónak a korábbi időszakhoz viszonyítva csökkenést mutatott. Ha eltekintünk a 2005. évi hernyórágás által okozott bizonytalan lombavarprodukciónak adatoktól, akkor a 2003, 2004 és a 2006-os évek átlaga $3639 \text{ kg ha}^{-1} \text{ év}^{-1}$ -től $3855 \text{ kg ha}^{-1} \text{ év}^{-1}$ -re növekszik, ami megközelíti az 1972-1976-os évek $4063 \text{ kg ha}^{-1} \text{ év}^{-1}$ -es átlagát. A teljes lombavar-produkciónak tehát csökkenés figyelhető meg. A *Quercus petraea* nagyarányú 68,4 % -os pusztulásából származó lombavar kiesését a két fafaj, a *Quercus cerris* és az *Acer campestre* részben kompenzálni tudta.

3.2. Az avarkezelés hatása a talajhőmérsékletre

A talajhőmérséklet alakulását a napi és az évszakai hőmérsékletváltozás, alapvetően a besugárzás és kisugárzás aránya határozza meg. A napi hőmérsékletváltozás folyamán nappal a besugárzás a talajt felmelegíti, ezért a talaj hőmérséklete nő. Éjjel a nappali besugárzás megszűnésével a talaj lehűl. A talajhőmérséklet alakulásában érvényesül azonban egy másik hatás is, mégpedig az évszakoknak megfelelő évszakai hőmérsékletváltozás, ami szinusz görbével jellemezhető. A talajt borító avartakaró közismerten jó hőszigetelő tulajdonságokkal rendelkezik, a tavaszi-nyári időszakban gátolja a talaj felmelegedését, a besugárzást,

télen viszont megakadályozza a talaj kihűlését, a kisugárzást, ezáltal szabályozza a talaj hőmérsékletét.

A nyári időszakban a legmagasabb talajhőmérsékleti értékeket a Nincs Input parcellák esetében kaptuk. Ez egyrészt annak tulajdonítható, hogy hiányzik a növényzet árnyékoló hatása, így a besugárzás nagyobb, másrészt az avartakaró hiányában elmarad az avartakaró besugárzást gátló, szigetelő hatása is. A Nincs Gyökér, és a Nincs Avar parcellák talajának átlagos havi hőmérséklete ugyancsak nagyobb volt a Kontroll parcellákhoz viszonyítva. A Nincs Gyökér parcelláknál a növényzet hiánya, a Nincs Avar kezeléseknél az avartakaró hiánya, eredményezte a magasabb talajhőmérsékletet. A tavaszi-nyári időszakban a Dupla Avar kezelés esetében mértük a legalacsonyabb talajhőmérsékletet, ami a dupla avarréteg fokozottabb besugárzást gátló, hőszigetelő hatásának a következménye. A téli időszakban az avartakaró gátolja a talaj kisugárzását, lehűlését. Ennek köszönhető, hogy a legmagasabb talajhőmérsékleti értékeket a dupla avarréteggel rendelkező Dupla Avar parcellákban mértük. Figyelemre méltó, hogy a Dupla Avar parcellákban a talaj hőmérséklete soha sem süllyedt fagypont alá. Avartakaró hiányában (Nincs Avar, Nincs Input) a talaj kisugárzása igen nagy volt, ami a talaj erőteljes lehűlését, gyakori átfagyását eredményezte, így ezekben a parcellákban mértük a legalacsonyabb talajhőmérsékleti értékeket. Ez azért lényeges, mert a talajhőmérséklet nagymértékben befolyásolja a talaj-mikroorganizmusok aktivitását, így a lebontó folyamatokat és a talajlégzést is.

3.3. Az avarkezelés hatása a talaj nedvességtartalmára

A Dupla Avar, Nincs Avar és a Dupla Fa parcellák talajának nedvességtartalma nem különbözött lényegesen a Kontrolltól. Ezzel szemben szignifikánsan nagyobb nedvességtartalom figyelhető meg a Nincs Gyökér és a Nincs Input parcellák esetében. Ezt a növényzet hiányának, a transpiráció elmaradásának tulajdonítjuk, de szerepet játszik a nagyobb talajnedvesség-tartalom kialakulásában a parcellák körülárkolása is. A nagyobb nedvességtartalom kedvező a talaj szerves anyag lebomlására, ennek következtében ezekben a parcellákban hosszú időn keresztül a legnagyobb mértékű volt a szerves anyag lebomlása.

3.4. Az avarkezelés hatása a talaj pH-ra

A csökkenő avarbevitel a talaj pH-ját csökkenti. Ez azzal magyarázható, hogy az avarbomlás során keletkező savas intermediereket, humuszanyagokat, a csökkenő avar input csökkenő bázikus kation tartalma nem tudja kellően pufferelni. Ezzel szemben a Dupla Avar kezelésnél a talaj pH-ja növekedett, ami a nagyobb avarbevitellel járó nagyobb bázikus kation tartalom kioldódásnak, nagyobb puffer kapacitásának köszönhető.

3.5. Az avarkezelés hatása a talaj szerves anyag tartalmára

A szerves anyag tartalomban a parcellák telepítése utáni, első évben a különböző kezelések között nem volt különbség. Ez abból fakadt, hogy ilyen rövid idő nem volt elegendő ahhoz, hogy a kezelések „beálljanak”. Két év elteltével azonban a kezelések közötti különbségek már kimutathatók. 2003-ban, a Nincs Gyökér és Nincs Input kezelések esetén, vagyis ahol valamilyen formában megvontuk az avar, a szerves anyag tartalomban már csökkenés tapasztalható. Azoknál a kezeléseknél viszont, ahol az avar inputot megdupláztuk, a szerves anyag tartalom növekedés még nem volt számottevő.

A 2004-es évben a fenti tendencia tovább folytatódott, és itt már megfigyelhető a Dupla Avar kezelések esetében a szerves anyag tartalom növekedés, valamint a Nincs Avar kezelések esetén a szerves anyag tartalom csökkenése. Ez utóbbi azzal magyarázható, hogy a Nincs Gyökér és Nincs Input kezelések esetén a körülárkolás, valamint a hiányzó növényzet következtében elmaradó transzspiráció miatt szignifikánsan magasabb a parcellák nedvesség tartalma. A Nincs Avar kezelések esetén a nedvesség tartalom nem olyan magas, ezért ez csökkenti a mikrobiális aktivitást, vagyis a szerves anyagok bontását. További változás az évben, hogy a Dupla Fa kezelések esetében elkezdődik egy kismértékű, de még nem szignifikáns növekedés. Ezekben a kezeléseknél a később elkezdődő szerves anyag akkumuláció azzal magyarázható, hogy a faavart alkotó anyagok (pl. lignin) a mikroorganizmusok számára nehezebben hozzáférhetőek, bomlásuk sokkal lassabb folyamat.

2005-ben vett talajminták eredményei viszont már azt mutatták, hogy a kezelések hatására a Dupla Avar és Kontroll parcellák százalékos szerves anyag tartalma közötti különbség megnőtt. Viszont azoknál a kezeléseknél, ahol megvontuk az avar, vagyis ahol nincs szerves anyag input, a csökkenés még nem szignifikáns. Ebben az évben, az ország több erdejéhez hasonlóan Síkfőkúton is egy igen jelentős tényező, a gyapjas lepke (*Lymantria dispar* L.) hernyójának rágása következtében extra szerves anyag többlet került a talajra. Ez legelőször a hernyók jelentős mennyiségű ürülékéből, majd az általuk lerágott avartörmeléből állt, amely a talaj felszínére hullott. A többlet szerves anyagból a hernyóürülék nagy mennyisége a 2005-ös mintákban megfigyelhető volt. Ez elsősorban az avar nem tartalmazó kezeléseknél volt fokozottan szembetűnő. A közvetlen talajfelszínre hullott szerves ürülék a csapadékkal gyorsan a talajba mosódva, emelte a szerves anyag tartalmat. Ezt igazolják a talajlégzés értékek is, ugyanis a 2005-ös talajlégzés értékek kezelésektől függetlenül is magasabbak voltak a többi év értékeitől.

A kutatás hatodik évében (2006-ban) kitűnt, hogy az avarinput hosszú távú megváltoztatása jelentős hatással van a talaj szerves anyag tartalmára. A többlet avar bevitellel nő a talaj szerves anyag tartalma, az avar megvonás viszont csökkenti a talaj

szerves anyag tartalmát. Az avarkezelések hatása azonban csak hosszabb távon, a 2006-os vizsgálati eredmények alapján vált egyértelművé és szignifikánssá.

A fentiek alapján megállapítottuk, hogy a növekvő avarprodukciónak csak hosszabb távon növeli a talaj szerves anyag tartalmát. Az avarprodukciónak kapcsolatos eddigi vizsgálati eredményeink viszont azt mutatják, hogy a lombavar produkció kis mértékben csökkent, ami hosszabb távon a talaj szerves anyag tartalmának a csökkenését, a talaj leromlását fogja eredményezni.

3.6. Az avarkezelés hatása a talaj szerves szén- és nitrogén tartalmára, C:N arányára

A többlet szerves anyag bevitel a Dupla Avar és a Dupla Fa parcellákban, kezdetben nem, csak később, 2-3 év elteltével növelte a talaj szerves C-tartalmát. A Kontroll, Dupla Avar és a Dupla Fa parcellákban a talaj szerves N-tartalma 4 év után sem változott.

Azoknál a kezeléseknél, ahol a talajba jutó szerves anyag mennyiségét csökkentettük (Nincs Avar, Nincs Gyökér és Nincs Input) 1-2 év után már elkezdett csökkenni a talaj szerves C- és N-tartalma és C:N aránya is. Az avarprodukciónak hosszú távú csökkenése tehát gyorsabban csökkenti a talaj szerves anyagainak C- és N-tartalmát, ami hosszú távon a termőhely leromlását eredményezheti. Ilyen szempontból tehát az avarprodukciónak csökkenése káros.

3.7. Az avarkezelések hatása a talajlégzésre

A kísérlet első 3 évében a talajlégzésben a kezelések között szignifikáns különbség nem volt kimutatható. A kísérlet második és harmadik évében, 2003-ban és 2004-ben a Nincs Gyökér és a Nincs Input kezelésű parcellák szén-dioxid kibocsátása magasabb volt a Kontroll kezeléshez viszonyítva. Ennek az az oka, hogy az alapítást követő években a parcellák talajában a megmaradó növényi gyökerek bomlásuk során folyamatos tápanyag utánpótlást biztosítva a mikroorganizmusoknak, azok szén-dioxid kibocsátását fokozták. Másrészt a Nincs Gyökér és Nincs Input parcellák körülárkolása, valamint a herbicides kezeléssel eltávolított növényzet hiányából adódó, transpiráció elmaradás magasabb nedvességtartalmat eredményez ezeknél a kezeléseknél. Ez további kedvezőbb körülményeket biztosít a lebontó mikrobák tevékenységének. Ugyanebben a két évben a Nincs Avar kezeléseknél a CO₂-kibocsátás nem haladta meg a Kontroll kezelést, valamint a Nincs Gyökér, Nincs Input kezeléseknél az értéke alatt maradt. Ezt azzal indokolhatjuk, hogy ebben a kezelésben a talajban maradt növényi maradványok lebontásához nem állt rendelkezésre elegendő nedvességtartalom a lebontó folyamatokhoz. 2005-ben változás figyelhető meg. A Nincs Gyökér, Nincs Input és a Nincs Avar kezelésű parcellák kibocsátásának aránya

csökkent a Kontroll, Dupla Avar és a Dupla Fa kezelésű parcellákhoz képest. A kezelések közötti tendenciák szépen láthatóak, ugyanakkor érdemes megfigyelni, a fentebb már említett gyapjas lepke (*Lymantria dispar*) hernyórágás hatásait is, amely a CO₂-kibocsátásban is jelentkezik. A többi évhez képest, ebben az időszakban a talajlégzés intenzitása sokkal fokozottabb a talajba jutó szerves törmelék és hernyóürülék mennyiségének következtében. Ez utóbbi a csapadékkal gyorsan a talajba mosódva a mikroorganizmusok számára könnyebben hozzáférhető, nagy mennyiségű szerves tápanyagforrás, fokozta a lebontó folyamatokat, ezáltal a talajlégzés mértékét is.

2006-ban ez a tendencia folytatódott. A parcellák létrehozása utáni időszakban tapasztalt Nincs Gyökér és Nincs Input kezelésű parcellák nagyobb arányú CO₂-kibocsátásának fokozatos csökkenése figyelhető meg, ami a talajban található több éves avar fokozatos lebomlásával magyarázható. Ezek az eredmények egyezést mutatnak CROW *et al.* (2006) vizsgálataival is, aki szerint a Nincs Input parcellák CO₂ kibocsátásának csökkenése a manipulációt követő 5-6 év után jelentkezik. Ez azzal magyarázható, hogy a különböző kezelések „beállásához” elegendő időnek kell eltelnie. Szintén ebben az évben a Dupla Avar kezeléseknél a talajlégzés értékei alul maradtak a Kontrollhoz képest. Ekkor az előző év plusz szerves törmeléke még nem jutott be a talajba olyan mértékben, mint a többi kezelés esetén, a dupla avarréteg vastagsága miatt. Másrészt a talaj hőmérséklete sokkal kiegyenlítettebb, nem érvényesülnek a légköri hőmérséklet ingadozását befolyásoló tényezők olyan mértékben. A Kontroll kezeléshez képest mért tartósan alacsonyabb hőmérséklet is csökkenti a mikrobiális aktivitást, ezáltal a talajlégzés mértékét. Ezt a megállapítást igazolták FEKETE (2009) 2006-os talajlégzés mérésének eredményei is. Laboratóriumi körülmények között, azonos hőmérsékleten, közvetlenül az avartakaró nélküli talajmintákból mért talajlégzés értékei szerint a Dupla Avar kezelés CO₂-kibocsátás értékei magasabbak a Kontroll kezelés értékeinél.

3.8. A talajlégzés részösszetevőinek megoszlása

Az egy év alatt (2005) bekerülő szén mennyisége m²-enként 264 g, amihez a több éves avarprodukciónak átlagával számoltunk. A teljes talajlégzés során 839 g C m⁻² távozik a talajból évente, aminek közel egyharmadát a föld feletti avar, míg több mint felét a föld alatti avar teszi ki. A gyökérlégzésből származó hozzájárulás csupán 11 %-a a teljes talajlégzésnek.

A többi DIRT területen is történtek vizsgálatok a talajlégzés összetevőinek becslésére. BOWDEN *et al.* (1993) az USA keleti partján fekvő két lombhullató erdőben (Bousson- és Harvard Forest) végzett kutatási eredményei alapján kimutatta, hogy a produktívabb Bousson site-nál, a relatív gyökér légzésből származó hozzájárulás (14%) kevesebb, mint fele a Harvard Forest területén (33%). Ezzel szemben a föld alatti avar hozzájárulása a Bousson-nál 56% volt, azaz közel duplája a Harvard Forest-en mért

értéknek (30%). Ezek az eredmények megegyeznek HENDRICKS *et al.* (1993) hipotézisével, mely szerint a N hozzáférhetőség, amely gyakran limitálja a produktivitást a mérsékelt övezeti ökoszisztémákban, szabályozza az arányt a standing biomassza és a gyökér turnover rátája között. Ha a 2005. év adatait tekintjük, a Síkfőkúton kapott eredmények a Bousson site-hoz hasonló arányokat mutatnak. Vagyis a talajlégzés részeinek megoszlását vizsgálva az tapasztalható, hogy Síkfőkúton a Bousson site-hoz hasonlóan a föld alatti avar hozzájárulás nagyobb arányban vesz részt a talajlégzésben, feltehetően a magasabb N-input következtében.

3.9. A talajnedvesség és a talajhőmérséklet hatása a talajlégzésre

A kutatási hipotézisünk az volt, hogy a nedvességtartalom növekedésével a talaj CO₂ kibocsátása emelkedik. Megállapítottuk, hogy a nedvességtartalom növekedésével a talajlégzés intenzitása fokozódott. Az általunk vizsgált periódusban, a talajlégzés és a talajnedvesség között szignifikáns pozitív korrelációs kapcsolat figyelhető meg. A talajlégzés és a talajnedvesség közötti korrelációt vizsgálva a 2006. év adataival bezárólag azt találtuk, hogy a két változó között szignifikáns kapcsolat figyelhető meg. Tehát több éves mérések alapján a talajnedvesség kis mértékben befolyásolja a talaj szén-dioxid kibocsátását. Ezt igazolják az USA Maine államában végzett vizsgálat is; méréseik alapján megállapították, hogy a szárazabb években átlagosan alacsonyabb volt a kibocsátás, mint a nedvesebb évben.

A kutatási hipotézisünk az volt, hogy a hőmérséklet növekedésével a talaj CO₂ kibocsátása is emelkedik. Megállapítottuk, hogy a talaj hőmérsékletének növekedésével a CO₂ efflux minden kezelés esetében növekvő tendenciát mutat. Annak eldöntésére, hogy a tapasztalt kapcsolat szignifikáns-e, kezelésenkénti korrelációanalízist alkalmaztunk. Azt tapasztaltuk, hogy a talajból történő CO₂ kiáramlás és a talajhőmérséklet közötti kapcsolat az összes parcella esetében szignifikáns. A Nincs Gyökér és Nincs Input kezelésű parcellák között figyelhető meg leginkább ez a szignifikancia.

3.10. A klímaváltozás várható hatása a talajlégzésre (Q₂)

A talajhőmérséklet növekedésével a talaj CO₂-C kibocsátása minden kezelés esetében exponenciálisan emelkedett. A Q₂ azt mutatja meg, hogy a század végére várható 2°C-os átlaghőmérséklet emelkedés hatására milyen mértékben növekedne a talajlégzés. Vizsgálati eredményeinkből kiszámítottuk, hogy Síkfőkúton 2°C-os talajhőmérséklet emelkedés hatására kb. 20 %-os talajlégzés növekedés várható, míg a nedvesebb és hűvösebb klímájú Harvard Forest esetében ennél valamivel nagyobb (23 %-os) talajlégzés növekedés következne be.

Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a hőmérséklet emelkedése sem fokozhatja a korlátlanul a talajlégzést. A CO₂-nak a légkörbe távozásával ugyanis a talajnak csökken a szerves anyag tartalma is, ami ezáltal limitálja a táplálékforrást a lebontó folyamatokhoz, visszafogva a talajlégzésből származó kibocsátást. Látható tehát, hogy ez igen összetett, ugyanakkor jól szabályozott folyamat.

3.11.DIRT site-ok fontosabb adatainak összehasonlítása az eddigi vizsgálati eredmények alapján

Összehasonlítottuk néhány, az USA-ban található DIRT site fontosabb szén- és nitrogénforgalmi adatait a síkfőkúti adatokkal. Az USA keleti partján fekvő, lombhullató erdő, a Boussan Forest esetében a talaj feletti avar széntartalma (2110 kg ha⁻¹év⁻¹) hasonló az igen alacsony (550 mm év⁻¹) csapadékú síkfőkúti avar széntartalmához (2180 kg ha⁻¹év⁻¹), viszont az avar N-tartalma (31,1 kg ha⁻¹év⁻¹) Síkfőkúton jóval magasabb, amely a közel kétszeres N-depozíció (16 kg ha⁻¹) következménye. Ugyanakkor a termékenyebb talajú Boussan Forest talajának kimagasló a széntartalma (51257 kg ha⁻¹év⁻¹) és a nitrogén tartalma (3539 kg ha⁻¹év⁻¹) is, ami alacsonyabb C:N arányt (14) eredményez. Az Andrew site egy nedvesebb klímán tenyésző fenyőerdő terület, ahol sokkal kisebb a N-depozíció (2), és sokkal nagyobb a durva ág input (2600 kg ha⁻¹év⁻¹) a többi helyekhez viszonyítva. Itt kifejezetten magas az avar N-tartalma (146 kg ha⁻¹év⁻¹), de ebből kevés mennyiség jut a talajba a fenyő tűlevelek lassú bomlásának következtében. Ugyanakkor a talaj relatív magas széntartalma (25600 kg ha⁻¹év⁻¹) a fentebb említett nagymennyiségű, durva ágavar produkció eredménye. A Síkfőkúti területhez fafaj-összetételében legjobban hasonlító Harvard Forest site, ami egy keleti lombhullató tölgyerdő, alacsonyabb évi hőmérséklettel (6 °C), kétszeres évi csapadékmennyiséggel (1120 mm év⁻¹) jellemezhető, a talajlégzéssel felszabaduló szén mennyisége (3710 kg ha⁻¹év⁻¹ CO₂-C) mégis alacsonyabb a Síkfőkúti (5019 kg ha⁻¹év⁻¹ CO₂-C) területhez képest. Amint eredményeink is igazolták, a magasabb hőmérséklet fokozza a talaj mikrobiális aktivitását, ezáltal a talajlégzést. Mivel Síkfőkúton az évi átlaghőmérséklet magasabb (10 °C) a Harvard Forest-hez (6 °C) képest, az intenzívebb talajlégzést Síkfőkúton ez okozza. Megállapítottuk, hogy a talajlégzés intenzitásának emelkedése a csapadék mennyiségével nem növekszik párhuzamosan. Ugyanis a Síkfőkútinál jelentősebb csapadékú Harvard Forest, Andrew Forest és Boussan Forest területek talajlégzése lényegesen nem különbözik a Síkfőkúton mért értékektől. A Michigani „kiugró” értéket (10930 kg ha⁻¹év⁻¹ CO₂-C) azzal magyarázhatjuk, hogy a site-ot 2004-ben alapították, és a közölt értékek a 2005-ös eredményeket mutatják, vagyis a többi terület több éves adataival ellentétben itt csak egy év adatai láthatók.

Forest soil carbon-dioxide emission and organic matter dynamics in litter manipulation experiments

(Síkfőkút DIRT Project)

1. Introduction

During the last few decades the long-term meteorological data of Síkfőkút Forest (Hungary) indicates the global climate change. The forest climate became dryer and warmer (ANTAL *et al.* 1997). Due to the climate change the forest's structure and species composition have been changing dramatically. From 1972 till now the 68 % of *Quercus petraea* and 15 % of *Q. cerris* tree individuals died and in the gaps new tree species (*Acer campestre*, *A. tataricum*) grow up from the shrub layer into the canopy level (TÓTH *et al.* 2006).

The climate change also affects the soil organic matter (SOM). The SOM is a critical component of ecosystems, it provides cation exchange and water holding capacity, and it acts as a major control on soil pH. SOM also strongly promotes soil aggregation, and retains water for use by plants. Soil C accumulation and turnover are important global processes: soils contain about 1.5×10^{18} g C, which is 2-3 times bigger than the total amount of C in vegetation (SCHLESINGER 1990). The C flux between soils and the atmosphere is huge, with soil respiration representing about 10 times the C flux due to fossil fuel combustion (WATSON *et al.* 1990). Thus, any change in rates of soil C turnover has a remarkable effect to the global C cycle. The litter input quantity and quality are taken into account under most scenarios of global climate change, but the resulting effects on SOM stability and turnover cannot now be predicted accurately. The level of SOM is influenced by litter production and added soluble organic material as input, and decomposition and leaching as output. The climate change affects on the input and output too. The goal of the DIRT project is to assess how rates and sources of plant litter inputs control the accumulation and dynamics of organic matter and nutrients in forest soils over decadal time scales.

Within the scope of 'Síkfőkút' DIRT Project and ILTER DIRT Project and according to the general aims of those, the dissertation deals with the following questions:

1. What sort of modifications have been caused by climatic changes in qualitative and quantitative composition of the leaf-litter production of 'Síkfőkút' *Quercetum petraeae-cerris* forest?
2. How are soil humidity and temperature effected by the artificial modifications in litter input?
3. How the organic material content of soil is influenced by litter treatments?

4. How the soil respiration and soil CO₂ efflux are influenced by litter manipulation treatment (DIRT)?
5. How the increasing temperature caused by the global warming influence the soil respiration? (According to climate researchers, the average temperature will rise to 2 degrees Celsius for the end of the century.)
6. What connections can be found among soil temperature, humidity and soil respiration?
7. What kind of conclusions can be drawn, if we comparing our findings with the results of other DIRT sites?

2. Material and methods

2.1. The research area

The Síkfőkút ILTER site was established in 1972 (JAKUCS 1973). The long-term research connected to the IBP (*International Biological Programme*) and the MAB (*Man and the Biosphere*) international programs and concentrated on the structure, production and function of the ecosystem. The experimental site of 64 ha is located in the south part of the Bükk Mountains in North Hungary at 320-340 m altitude. GPS coordinates: N 47°90' E 20°46'. This forest has belonged to the Bükk National Park since 1976, which protects this territory from anthropogenic influence. The site has brown forest soils with clay illuviation (STEFANOVITS 1985) and the type of the soil according to the FAO Soil Classification is Cambisols (IUSS WRB 2006; FEKETE *et al.* 2007). The site has *Quercetum petraeae-cerris* community.

2.2. The LTER (*Long-term Ecological Research*) and the DIRT (*Detritus Input and Removal Treatments*)

The effect of climate change on the SOM level and soil processes was studied in framework of ILTER DIRT (International Long-Term Ecological Research, Detritus Input and Removal Treatments) project. The ILTER network was developed by American and Hungarian scientists in 2000 (KOVÁCS-LÁNG *et al.* 2000). The ILTER DIRT now includes six temperate forest sites including an oak forest at the Harvard Forest (MA), a black cherry/sugar maple-dominated forest in the Bousson Experimental Forest (PA), an old growth coniferous forest at the H.J. Andrews Experimental Forest (OR), an oak forest at the Michigan Biological Station, (MI), a pinewood forest in Bayreuth Forest (Germany) and an oak forest in Síkfőkút Forest (Hungary).

The original DIRT treatments, designed by Dr. Francis Hole at the University of Wisconsin Arboretum (NEILSON & HOLE 1963), consist of chronically altering plant inputs to forest soils by regularly removing surface litter from permanent plots and

adding it to others. With the DIRT method can be studied how rates and sources of plant inputs control accumulation and dynamics of soil organic matter (SOM) and nutrients in forest soils, so this method is very applicable tool to study the effect of climate change on the SOM and soil processes. Plant litter inputs have been manipulated at the DIRT plots. Six different treatments applied in this project. The Control (C) plots were covered with the normal quantity of litter. Litter was totally cleared from the No Litter (NL) plots. On the Double Litter (DL) plots the litter quantity was doubled. The Double Wood (DW) plots were covered by normal quantity of leaf litter and quantity of wood debris doubled. With regard to the No Roots (NR) plots the roots were excluded by inserting impenetrable barriers in backfilled trenches to the top of the horizon C. In the case of No Inputs (NI) plots the aboveground inputs were excluded and the belowground inputs were provided as in No Roots plots. Each plot is 7m × 7m, and every treatment was repeated in three times.

2.3. Methods

The main standard for selection of the methods was the method book (ROBERTSON *et al.* 1999) what use in all LTER sites too. The soil samples were taken randomly, from the top 15 cm layer, using an Oakfield soil sampler (G model). The measure of litter production was applied same methods as in 1972-76 for details see TÓTH *et al.* (1985). The soil temperature was measured hourly in each 18 plots by Onset StowAway®TidbiT® temperature loggers in 10 cm soil dept. Data presented are the average of hourly temperature readings for each day of the year. The soil moisture was measured monthly by conventional oven dry method at 105°C and TDR (*Time Domain Reflectometer*) instrument on the field. The soil pH was measured quarterly by Cole-Parmer pH meter. To determine the carbon, nitrogen content and C/N ratio elemental analyzer as Elementar Vario EL C-H-N-O-S was applied (NAGY 2000). The soil respiration was measured monthly by Soda Lime method (RAICH *et al.* 1990, GROGAN 1998) simultaneously in all 18 plots on each collection date. The effects of treatments were statistically evaluated with analysis of variance (ANOVA).

3. Results and discussion

3.1. Long-term changes of the litter production

The long-term change of the litter production reflects the change of tree species composition (TÓTH *et al.* 2006). We examined long-term changes in vegetation composition and litter production in a sessile oak-turkey oak forest at the Síkfőkút ILTER in northeast Hungary. Since the early 1970s, widespread oak deterioration occurred; long-term data show warmer, drier conditions from 1973-2000. The leaf litter

production of *Q. petraea* considerable decreased the *Q. cerris* and *Acer campestre* increased. The total leaf litter production slightly decreased. The quantity of total litter production was no change in, but can be observed change in litter quality. The big debris fraction and the smallest leaf litter production is consequence of the huge *Lymantria dispar* (L) gradation in 2005.

3.2. The effect of litter manipulation on soil temperature

The litter on the soil surface acts as a heat insulation layer. Therefore, the litter treatments influence on the soil temperature. This effect can be seen on soil temperature curve as amplitude change. The size of amplitude is in decreasing order: NI>NL>NR>C>DW>DL. The biggest amplitude characterizes an extreme soil temperature and the smallest amplitude relatively constant soil temperature. In the spring and summer months the soil temperature was higher in exclusion treatment (NI>NR>NL) as in the Control. In these treatments the heat insulation litter layer (NI, NL) was missed and/or the shade effect of plant was also missed (NI, NR), so the soil warm up was quicker than in other treatments. The highest temperature was measured in NI and the lowest in DL.

This situation was opposite to the winter months. In exclusion treatments (NI, NL), where the heat insulation litter layer was missed, the soil cooled down very fast, the temperature decreased below zero. In the winter months the lowest temperature was measured in NI and the highest in DL. In DL treatment the temperature never fell below zero due to double heat insulation litter layer. This is essential because the soil temperature in a large measure influence the activity of soil microorganisms so the degradation process and the soil respiration too.

3.3. The effect of litter manipulation on soil moisture

The soil moisture content both in w/w % and in v/v % was similar to each other. The soil moisture of Double Litter, No Litter and Double Wood treatments were no differ from Control plots. At the same time, significant differences can be seen in soil moisture content at NR and NI treatment. In these plots, the biggest soil moisture content is a consequence of the missing plant transpiration and trench of plots. The higher moisture content is favorable to degradation of soil organic matter so in these plots the degradation of SOM was fast.

3.4. The effect of litter manipulation on soil pH

The soil pH decreased in the exclusion (NL, NR, NI) treatments and increased in DL, DW treatments. The soil pH decrease due to that in the NL, NR, NI treatment with decreasing litter input decreases the cation input too. The decreased soil cation content decreases the soil buffer capacities which is unable neutralize the acidic substances developed by litter decomposition. In the DL and DW treatment with the increasing litter input increase the cation input too, which result higher soil buffer capacity and pH.

3.5. The effect of litter manipulation on organic matter content

Changes of organic material content do not show significant differences among treatments in the first year after the creation of parcels. This can be explained by the short investigational period, which was not enough for treatments to have the required effect.

However, the differences between the treatments have become apparent for the end of the second year. In 2003, organic material content decreased in case of 'No Root' and 'No Input' treatments, which implied litter withdrawal. Doubling of litter input has not significantly increased the organic material content yet.

The same tendency could be observed in 2004, when 'Double Litter' treatment has already increased the organic material content, while 'No Litter' treatment has decreased the organic matter content. In the latter case, decreasing concentrations of organic matters can be explained by the fact that in case of 'No Root' and 'No Input' treatments, humidity of parcels is significantly higher as a consequence of the surrounding of parcels with a ditch and the absence of vegetation, which caused the lack of transpiration. In case of 'No Litter' treatments, humidity is moderately high. This decreases the microbial activity and consequently, the decomposition of organic matters. An additional change could be observed in that year as well. In case of 'Double Wood' treatments, slight increase can be shown; however, it has not been significant yet. In these treatments, later accumulation of organic matters can be explained by the fact that components of litter (e.g. lignin) are less available for microorganisms and consequently, their decomposition is a more slowly process.

As a consequence of treatments, the results of soil samples showed increasing difference between the percentile organic material content of 'Control' parcel and that of 'Double Litter' parcel in 2005. However, the decrease was not significant in case of litter withdrawals for lack of organic material input. In this year, extra amount of organic matters felt to the soil as a result of gypsy moth caterpillars' (*Lymantria dispar* L.) chewing activity. This phenomenon could be observed in 'Síkfőkút' forest as well as in other forests of the country. Primary, the large amount of organic material consisted of the caterpillars' faeces while later it comprised large amounts of leaf-litter, which felt

down to the soil surface as a consequence of caterpillars' chewing activity. In 2005, additional organic material content of samples comprised large amounts of caterpillars' faeces, which was primarily apparent in case of 'No Litter' treatments. Organic material content of the soil was increased by the organic faeces which fell down directly to the soil surface and was washed in quickly by precipitation. This statement is supported by the results of soil respiration, since apart from treatments these results were higher in 2005 than in the other years.

In the 6th year of the researches (2006), the effect of long-term changes of litter input on the organic material content of soil became evident. Additional litter input increases the organic material content of soil, while organic material content of soil decreases as a consequence of litter withdrawal. However, significant and definite effects of litter treatments were proved only by the results of 2006, after a long-term treatment.

As we can establish on the basis of the previous facts, it is only long-term growing of litter production, which increases the organic material content of the soil. However, our results show slight decrease in case of litter production, which will lead to decreasing organic material content and deterioration of the soil after a long time.

3.6. The effect of litter manipulation on soil organic carbon and nitrogen content and C:N ratio

In 'Double Litter' and 'Double Wood' parcels, additional organic material input did not increase the organic carbon content of soil at first. Increasing organic carbon content was observed only later, after 2 or 3 years. In 'Control', 'Double Litter' and 'Double Wood' parcels, organic nitrogen content of the soil remained practically constant during 4 years.

In case of 'No Litter', 'No Root' and 'No Input' treatments, we decreased the amount of organic materials which were added to the soil. As a consequence, organic carbon- and nitrogen content and C:N ratio of the soil have begun to decrease as early as in the 1st and 2nd years. Accordingly, long-term declining of litter production quickly decreases the C- and N- content of soil organic materials, which will possibly deteriorate the soil after a long time. From this point of view, decreasing litter production has a harmful effect on the soil.

3.7. The effect of litter manipulation on soil respiration

In the 2nd and 3rd years of the experiment (2003 and 2004), CO₂ emission of 'No Root' and 'No Input' parcels was higher than that of 'Control' parcel. This can be explained by the fact that in the first years after the creation, the remained roots in the soil served as food supplies for microorganisms and consequently, enhanced their CO₂

emission. On the other hand, surrounding the 'No Root' and 'No Input' parcels with ditches as well as the absence of plant transpiration (after herbicide treatment of vegetation) led to higher soil humidity of these parcels. This provides further advantageous circumstances for the activity of decomposing microbes. In the same years, neither the CO₂ emission of 'Control' treatment nor that of 'No Root' and 'No Input' treatments was exceeded by the results of 'No Litter' parcels. This can be explained by the humidity values which are not enough for microorganisms to decompose the plant remains in the soil. CO₂ emission changed in 2005. Emission rate of 'No Root', 'No Input' and 'No Litter' parcels decreased in proportion to the rates of 'Control', 'Double Wood' and 'Double Litter' treatments. At the same time, effects of gypsy moth (*Lymantria dispar*) caterpillars' chewing activity can be shown in CO₂ emission as well. As a consequence of organic fragments and caterpillar faeces, intensity of soil respiration shows larger increase in this period than in other years. Caterpillar faeces were quickly washed into the soil by precipitation. It formed large and easily available organic food supply for microorganisms. Therefore, through the enhancement of decomposition processes, it increased the soil respiration as well.

The tendency was the same in 2006. Namely, in the period after the establishment of parcels the considerable CO₂ emission of 'No Root' and 'No Input' parcels gradually decreased as a consequence of the decomposition of litter which has been in the soil for years. These results are in agreement with CROW *et al.* (2006). According to them, decrease of CO₂ emission in 'No Input' parcels can be observed 5 or 6 years after the manipulation. This can be explained by the fact that treatments need a given time to be effectual. In the same year, soil respiration values of 'Double Litter' treatment did not exceed the results of 'Control' treatment. These points to the fact that additional organic fragments of the previous year (i.e. the leaf-fragments, which fell down to the soil as a consequence of caterpillar chewing activity) have not got into the soil in such quantities as in case of the other treatments (as a consequence of the thick double layer of leaf-litter). Additionally, soil temperature is more equable since influencing factors of air temperature are less effective. Temperature, which is steadily lower than in the 'Control' parcel, also decreases microbial activity and consequently, the rate of soil respiration. This statement is supported by the results of FEKETE (2009), who measured the soil respiration in 2006. According to the soil respiration results, which were measured directly from soil samples without litter cover, at the same temperature and on laboratory scale, 'Double Litter' treatment resulted in higher CO₂ emission than 'Control' treatment.

3.8. Distribution of soil respiration component

In 2005, C-input was 264g per m² per year, for which we used the average value of litter production of the years. During the total soil respiration, C-output is 839 g per

m² per year, one third of which comprises the aboveground litter, while half of it comprises the belowground litter. Root respiration forms only 11 per cent of total soil respiration.

Estimation of the components of soil respiration was carried out on the other DIRT sites as well. As BOWDEN *et al.* (1993) proved in two deciduous forests (Bousson- and Harvard Forest) on the East Coast of the United States, relative portion of root respiration on the more productive Bousson-site (14%) is less than a half, than that of Harvard Forest (33%). In contrast, contribution of belowground litter was 56% in case of Bousson Forest, which is twice as much as in the Harvard Forest (30%). These results are in agreement with HENDRICKS *et al.*'s (1993) hypothesis according to which the ratio between the rates of standing biomass and root turnover is regulated by the availability of nitrogen that often limits productivity in ecosystems of the temperate zone. In 2005, a result of Síkfökút shows similar proportions as on the Bousson-site. The belowground litter in total soil respiration is larger than the aboveground litter respiration, proportion of explained by the higher N-input.

3.9. Connection between soil respiration with soil moisture and soil temperature

Macro and microclimatic changes and seasonality strongly influence temperature and moisture content of the soil, that affect on soil microbial processes proved. We found that increasing soil moisture the soil respiration also increasing. The assay of two factor connection (soil respiration and soil moisture) we used correlation analyses. This analyzes show that in the measured period (2001-2006) between the soil respiration and soil temperature there is positive correlation in all treatments. Our results shows that soil moisture influence to the soil carbon-dioxide efflux to a lesser degree than soil temperature.

The seasonal changes of soil respiration correspond with the seasonal changes of soil temperature well. With increasing soil temperature, the soil respiration is exponentially rising too. Soil respiration response to soil temperature was strongly and significantly influenced by treatment, and treatment effects increased with time. The assay of two factor connection (soil respiration and soil temperature) we used correlation analyses. This analyzes show that in the measured period (2001-2006) between the soil respiration and soil temperature there is positive correlation ($t_s > t_{0,05[29]}$) among in all treatments. This significant connection is most strong between No Root and No Inputs plots.

3.10. The effect of climate change on soil respiration (Q_2)

The seasonal changes of soil respiration correspond with the seasonal changes of soil temperature well. With increasing soil temperature, the soil respiration is exponentially rising too. Soil respiration response to soil temperature was strongly and significantly influenced by treatment, and treatment effects increased with time. The Q_2 shows how many times the soil respiration will raise if the yearly average soil temperature increases with 2°C . We compare Q_2 values of Síkfökút site to Harvard Forest site. If the yearly average soil temperature grew by 2°C at the dry SIK site, the soil respiration would increase by 20 % (see at C). The increase would be higher (23 %) at the wet HFR site (see at C). The increasing soil respiration could accelerate the global warming by positive feedback mechanism.

We have to emphasize that increase of temperature can not enhance the soil respiration endlessly, because CO_2 emission decrease the organic material content of the soil, which limits the food supply for decomposing microorganisms and simultaneously, inhibits the emission of soil respiration. On the whole, this is a complex but well regulated process.

3.11. Compare of the main data of US and European DIRT sites

Some important data of nitrogen- and carbon circulation of some US DIRT sites were compared with those of Síkfökút-site.

In case of Boussan Forest, which is a deciduous forest on the East Coast of the US, carbon content of the aboveground litter ($2110 \text{ kg ha}^{-1}\text{year}^{-1}$) is similar to the carbon content of Síkfökút ($2180 \text{ kg ha}^{-1}\text{year}^{-1}$), where the precipitation is as less as 550 mm year^{-1} . However, N-content of litter ($31,1 \text{ kg ha}^{-1}\text{year}^{-1}$) is much higher in Síkfökút. Presumably, this can be explained by the fact that N-deposition is nearly twice as much (16 kg ha^{-1}) as in Boussan Forest. At the same time, outstanding nitrogen- ($3539 \text{ kg ha}^{-1}\text{year}^{-1}$) and carbon ($51257 \text{ kg ha}^{-1}\text{year}^{-1}$) content of the rich soil in Boussan Forest leads to lower C:N ratio (14). Andrew-site is a more humid pine-forest, where N-deposition (2) is lower and the input of rough branches ($2600 \text{ kg ha}^{-1}\text{year}^{-1}$) is larger than on the other sites. On this site, N-content of litter is significantly high ($146 \text{ kg ha}^{-1}\text{year}^{-1}$), but only a small part of it gets into the soil because of the slow decomposition of pine-needles. However, relatively high carbon content of the soil ($25600 \text{ kg ha}^{-1}\text{year}^{-1}$) can be explained by the aforementioned large quantities of rough branch production. Regarding the species composition, Harvard Forest site is the most similar to Síkfökút site. Harvard Forest site is an eastern deciduous oak-forest, with lower yearly average temperature (6°C), where precipitation is twice as much ($1120 \text{ mm year}^{-1}$) as on Síkfökút site. Nevertheless, smaller quantities of carbon are released during respiration ($3710 \text{ kg ha}^{-1}\text{year}^{-1} \text{ CO}_2\text{-C}$) than on Síkfökút-site ($5019 \text{ kg ha}^{-1}\text{year}^{-1} \text{ CO}_2\text{-C}$). As it is

supported by our results, higher temperatures enhance the microbial activity of soils and consequently the soil respiration. The yearly average temperature is higher on Síkfőkút (10 °C) than on Harvard Forest-site (6°C), which probably leads to more intensive soil respiration. Contrary, we can also prove that increasing amount of precipitation is not essentially followed by growing intensity of soil respiration. Namely, there are not significant differences between the soil respiration results of more humid areas (Harvard Forest, Andrew Forest, Boussan Forest) and Síkfőkút-site. The outstanding values of 'Michigan' (10930 kg ha⁻¹year⁻¹ CO₂-C) can be explained by the fact that the site was established in 2004, while the values shows the results of 2005 i.e. it contains data only from one year in contrast with the other sites where measurements lasted for years.

Irodalom / References

- Antal E., Berki I., Justyák J., Kiss Gy., Tarr K. és Vig P. (1997): a síkfőkúti erdőtársulás hő- és vízháztartási viszonyainak vizsgálata az erdőpusztulás és az éghajlatváltozás tükrében. Debrecen, 83 p.
- Boone, R. D., Nadelhoffer, K. J., Canary J. D., Kaye, J. P. (1998): Roots exert a strong influence on the temperature sensitivity of soil respiration. *Nature* **396**: 570-572.
- Bowden, R.D., Nadelhoffer, K.J., Boone, R.D., Melillo, J.M., and Garrison, J.B. (1993): Contributions of aboveground litter, belowground litter, and root respiration to total soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. *Can. J. For. Res.* **23**: 1402-1407.
- Bowden, R.D., Nagel, L., Kotrocó Zs., Krakomperger Zs., Papp M. and Tóth J.A. (2006): Long-term change in vegetation composition and biomass in a Central European oak forest at the Síkfőkút International Long-Term Ecological Research (ILTER) Site, Hungary. Mid-Atlantic Ecology Conference. Ecology in the Field. New Jersey School of Conservation. Branchville, New Jersey, April 8-9 2006. Mid-Atlantic Chapter of the Ecological Society of America (MAESA) 2-3 pp.
- Crow, S.E., Sulzman, E.W., Rugh, W.D., Bowden, R.D., Lajtha, K. (2006): Isotopic analysis of respired CO₂ during decomposition of separated soil organic matter pools. *Soil Biology & Biochemistry*. **38**: 3279-3291.
- Fekete, I., Varga, Cs., Kotrocó, Zs., Krakomperger, Zs., Tóth, J. A. (2007): The effect of temperature and moisture on enzyme activity in Síkfőkút Site. *Cereal Research Communications Volume* **35**, Issue 2: 381-385.
- Fekete I. (2009): Avarkezelések hatása a síkfőkúti DIRT parcellák talajainak mikrobiális aktivitására és szerves anyag tartalmára. Doktori értekezés (*Kézirat*). Debreceni Egyetem, Természettudományi Kar.
- Grogan, P (1998): CO₂ flux measurement using soda lime: correction for water formed during CO₂ adsorption. *Ecology*. **79**: 1467-1468.
- Hendricks J.J., Nadelhoffer K.J. and Aber J. (1993): Assessing the role of fine roots in carbon and nutrient cycling. *TREE* **8** (5): 174-178.
- IUSS Working Group WRB. (2006): World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. World Soil Resources Reports No. **103**. FAO, Rome.
- Jakucs P., (1973): „Síkfőkút Project”. Egy tölgyes ökoszisztéma környezetbiológiai kutatása a bioszféraprogram keretén belül. MTA Biol. Oszt. Közl. 16:11-25. [SP No. 1.]
- Kaye, J.P. and Hart, S.C. (1998): Restoration and canopy-type effects soil respiration in a Ponderosa Pine – Bunchgrass ecosystem. *Soil Science Society Am. J.* **62**: 1062-1072.
- Kotrocó Zs., Krakomperger Zs., Koncz G., Papp M., R.D. Bowden, Tóth J.A. (2007): A Síkfőkúti cseres-tölgyes fafaj összetételének és struktúrájának hosszú-távú változása. *Természetvédelmi Közlemények* **13**. pp. 93-100.

- Kovács-Láng, E., Herodek, S., Tóth, J. A., (2000): Long Term Ecological Research in Hungary. *In: The International Long Term Ecological Research Network. Perspectives from Participating Networks.* Compiled by the US LTER Network Office Albuquerque New Mexico, 38-40
- Nadelhoffer, K., Boone, R., Bowden, R. D., Canary, J., Kaye, J., Micks, P., Ricca, A., McDowell, W., Aitkenhead, J. (2004): The DIRT experiment. *In: Foster, D. R., Aber, D. J. (eds) Forests in Time.* Yale Univ. Press, Michigan.
- Nagy P. T. (2000): Égetéses elven működő elemanalizátor alkalmazhatósága talaj- és növényvizsgálatokban. *Agrokémia és Talajtan* **49**. No. 3-4.
- Neilson, G. A., and Hole, F. D. (1963): A study of the natural processes of incorporation of organic matter into soil in the University of Wisconsin Arboretum. *Wisc. Acad. Rev.* **52**: 231-227.
- Raich, J. W., R. D. Bowden, and P. A. Steudler. (1990): Comparison of two static chamber techniques for determining carbon dioxide efflux from forest soils. *Soil Science Society of America Journal* **54**: 1754-1757.
- Reiners, W. A. (1968): Carbon dioxide evolution from the floor of three Minnesota forests. *Ecology*, **49**: 471-483
- Robertson G.P., Bledsoe C.S, Coleman D.C. and Sollins P. (eds.) (1999): *Standard Soil Methods for Long Term Ecological Research.* Oxford University Press, New York.
- Schlesinger, W.H. (1977): Carbon balance in terrestrial detritus. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **8**: 51-81.
- Schlesinger, W.H. (1990): Evidence from chronosequence studies for low carbon-storage potential of soils. *Nature* **348**: 232-234.
- Stefanovits, P. (1985): Soil contents of the forest. *In: Jakucs, P. (ed.) Ecology of an Oak Forest in Hungary. Results of „Sikfőkút Project” I.* Akadémiai Kiadó, Budapest, 50-57.
- Tóth J. A., Papp B.L., Jakucs P. (1985): Litter production of the forest. - *In: Jakucs (ed.): Ecology of an oak forest in Hungary. Results of „Sikfőkút Project” I.* - Akadémiai Kiadó, Budapest, 211-225 pp.
- Tóth J. A., Papp M., Krakomperger Zs., Kotroczó Zs. (2006): A klímaváltozás hatása egy cseres-tölgyes erdő struktúrájára (Sikfőkút Project). A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. KvVM – MTA „VAHAVA” project zárókonferenciája. Időjárás és éghajlat: hatások és intézkedések. Poszter. Budapest, 2006. március 9.
- Tóth, J. A., K. Lajtha, Zs. Kotroczó, Zs. Krakomperger, B. Caldwell, R. D. Bowden, M. Papp (2007): The effect of climate change on soil organic matter decomposition. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* Vol. **3**, pp. 75-85.
- Watson, R. T., Rodhe, H., Oeschinger, H., and Siegenthaler, U. (1990): Greenhouse gases and aerosols. *In: Climate Change: IPCC scientific assessment.* Edited by J. T. Houghton, G. J. Jenkins, and J. J. Ephraïm. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 1-40.

Tudományos tevékenység jegyzéke

A témában elhangzott előadások, poszterek

- Tóth J.A.; Fekete I.; Krakomperger Zs.; Lukács J.; Kotroczó Zs. (2001): A Sikfőkút DIRT Project keretében alkalmazott talajmikrobiológiai módszerek. XVI. Mikrobiológiai Tudományos Ülés, Nyíregyháza.
- Tóth J.A., Krakomperger Zs., Kotroczó Zs., K. Lajtha, K. V., B. Caldwell, R.D. Bowden (2004): A Sikfőkút DIRT Project kutatási eredményei. A Magyar Tudományos Akadémia Sz-Sz-B Megyei Tudományos Testületének és a Magyar Professzorok Világtanácsának 13. évi Tudományos Ülése, Nyíregyháza.
- Tóth J.A., Zs. Kotroczó Zs., Krakomperger, J. Lukács, M. Papp, K. Lajtha, R.D. Bowden, B. Caldwell, K. Vanderbilt (2004): Sikfőkút ILTER DIRT Project (Hungary) Előadás, Vácrátót
- Kotroczó Zs., Z. Krakomperger, M. Papp, R.D. Bowden and J.A. Tóth (2005): Thirty-one years of change in vegetation composition of a Central European oak forest at the Sikfokut ILTER. INTECOL ESA Joint Meeting in Montreal, Quebec, Canada

- Tóth J.A., Krakomperger Zs., Kotroczó Zs., Lukács J., Fekete I. (2005): A klímaváltozás várható hatása a talaj szerves anyagainak bomlására (Síkfőkút DIRT Project). A MTA Sz-Sz-B Megyei Tudományos Testületének és a Magyar Professzorok Világtanácsának XIV. évi Tudományos Ülése, Nyíregyháza.
- Fekete, I., Varga, Cs., Kotroczó, Zs., Krakomperger, Zs., Tóth, J.A., Simon, L. (2005): Effect of Litter on Polyphenol-Oxidase Activity on Forest Soil in the Frame of Síkfőkút Dirt Project. Proceedings of the International Scientific Conference, Innovation and Utility in the Visegrad Fours. Vol. 1. Environmental Management and Environmental Protection, Nyíregyháza, Hungary
- Fekete, I., Varga, Cs., Kotroczó, Zs., Krakomperger, Zs., Tóth, J. A. (2005): The effect of litter on microbial enzyme activity in the frame of Síkfőkút long-term project. ELLS Summer University, Soil – Plant – Microbe Interactions Fundamentals and Applications, Uppsala, Sweden.
- Tóth J.A., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs. (2006): A talaj szerves anyag bomlási sebességének alakulása a klímaváltozás hatására (Síkfőkút DIRT Project). Globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. KvVM-MTA Zárókonferenciája, Budapest 2006. márc. 9.
- Bowden, R. D., L. Nagel, Zs. Kotroczó, Zs. Krakomperger, M. Papp, and J.A. Tóth (2006): Long-term change in vegetation composition and biomass in a Central European oak forest at the Síkfőkút International Long-Term Ecological Research (ILTER) Site, Hungary. Mid-Atlantic Ecology Conference. „Ecology in the Field” April 8-9, 2006. New Jersey, MAESA
- Tóth J. A., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Lukács J., Fekete I., Papp M., Koncz G. (2006): Interkontinentális hosszú-távú avarmanipulációs terepkísérlet a talaj szerves anyag bomlási vizsgálatára. 7. Magyar Ökológus Kongresszus, Budapest 2006. szept. 4.-6. 207. p.
- Krakomperger Zs., Kotroczó Zs., Fekete I., Veres Zs., Koncz G., Papp M., Tóth J. A. (2006): Talajenzimaktivitás mérési eredmények a Síkfőkút DIRT Project keretében. 7. Magyar Ökológus Kongresszus, Budapest 2006. szept. 4.-6. 123. p.
- Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Lukács J., Veres Zs., Koncz G. Papp M., Fekete I., Tóth J. A. (2006): Erdőtalaj szerves széntartalmának dinamikája különböző avarinputok hatására. 7. Magyar Ökológus Kongresszus, Budapest 2006. szept. 4.-6. 111. p.
- Fekete I., Varga Cs., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Tóth J. A., (2006): Litter affected changes in soil microbial activity in Síkfőkút site. X. Congress of Croatian Society of Soil Science. Soils functions in the environment, Šibenik, Croatia.
- Tóth J. A., Krakomperger Zs., Kotroczó Zs., Koncz G., Veres Zs., Papp M., (2008): A klímaváltozás hatása a Síkfőkúti cseres-tölgyes avarprodukcijára és talajdinamikai folyamataira. Talajtani Vándorgyűlés. Nyíregyháza, 2008. május 28-29. p. 27.
- Kotroczó Zs., L. Halász J., Krakomperger Zs., Fekete I., D. Tóth M., Varga Cs., Balázs S., Tóth J. A. (2008): Erdőtalaj szerves-anyag mennyiségének változása avarmanipulációs kísérletek hatására (Síkfőkút Project). Talajtani Vándorgyűlés. Nyíregyháza, 2008. május 28-29. p. 22.
- Vasenszki, T., Zs. Veres, Zs. Kotroczó, G. Koncz, Zs. Krakomperger, S. Balázs, J. A. Tóth. (2008): The effect of different litter input on soil respiration in an oak forest. MMT Nagygyűlése. 2008. október 15. - 17., Keszthely
- Kotroczó, Zs., G. Koncz, J. L. Halász, I. Fekete, Zs. Krakomperger, M. D. Tóth, S. Balázs, J. A. Tóth. (2008): Litter decomposition intensity and soil organic matter accumulation in Síkfőkút DIRT site. MMT Nagygyűlése. 2008. október 15. - 17., Keszthely
- Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Veres Zs., Vasenszki T., L. Halász J., Koncz G., Papp M., Tóthmérész B., Tóth J.A. (2008): Talajlégzés vizsgálatok hosszú-távú avarmanipulációs modellkísérletekben. Magyar Term.véd. Biol. Konf. 2008. november 6.-9., Nyíregyháza

A témában megjelent szakkikkek

- Fekete, I., Varga, Cs., Kotroczó, Zs., Krakomperger, Zs., Tóth, J. A. (2007): The effect of temperature and moisture on enzyme activity in Síkfőkút Site. Cereal Research Communications Volume 35, Issue 2, 381-385.
- Tóth, J. A., K. Lajtha, Zs. Kotroczó, Zs. Krakomperger, B. Caldwell, R. D. Bowden, M. Papp (2007): The effect of climate change on soil organic matter decomposition. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica Vol. 3: 75-86.

- Tóth J. A., K., Lajtha, Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., B., Caldwell, R. D., Bowden, Papp M. (2007): A klímaváltozás hatása az elhalt szerves anyag lebontási folyamataira. In: Erdő és Klíma V. NyME, Sopron. pp. 307-322.
- Varga, Cs., I., Fekete, Zs., Kotroczó Zs., Krakomperger (2008): The Effect of litter on soil organic matter (SOM) turnover in Síkfőkút site. Cereal Research Communications Volume 36. Suppl., 547-550.
- Kotroczó Zs., I., Fekete, J. A., Tóth, B., Tóthmérész, S., Balázs (2008): Effect of leaf- and root-litter manipulation for carbon-dioxide efflux in forest soil. Cereal Research Communications Volume 36. Suppl., 663-666.
- Tóth J. A., Krakomperger Zs., Kotroczó Zs., Koncz G., Veres Zs., Papp M., (2008): A klímaváltozás hatása a Síkfőkúti cseres-tölgyes avarprodukcijára és talajdinamikai folyamataira. Talajvédelem Különszám, pp. 543-554.
- Kotroczó Zs., L. Halász J., Krakomperger Zs., Fekete I., D. Tóth M., Varga Cs., Balázs S., Tóth J. A. (2008): Erdőtalaj szerves-anyag mennyiségének változása avarmanipulációs kísérletek hatására (Síkfőkút Project). Talajvédelem Különszám, pp. 431-440.

Egyéb előadások, posztterek

- Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Koncz G., Papp M., R.D. Bowden, Tóth J.A. (2005): Egy cseres-tölgyes erdő fafaj összetételének és struktúrájának hosszú-távú változása (Síkfőkút Project). III. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia (MTBK) "Az élőhelyek védelmében" Eger, 2005. nov. 3-6.
- Mázsa, K., Zs. Kotroczó, R. Aszalós, R.D. Bowden, J. Bölöni, F. Horváth, G. Kovács, Zs. Krakomperger, M. Papp, J.A. Tóth. (2005): Forest dynamical processes: decline and regeneration in sessile oak forests in the Bükk mts., Hungary. International Conference "Bridging The Gap - policies and science as tools in implementing Sustainable Forest Management", Alnarp, South Sweden
- Papp M., Koncz G., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Matus G., Tóth J.A. (2006): Cseres-tölgyes erdő légyszárú szintjének hosszútávú vizsgálata. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében VII., Debrecen, Kataibelia 11. (1) 71 p.
- Tóth J.A., Papp M., Krakomperger Zs., Kotroczó Zs. (2006): A klímaváltozás hatása egy cseres-tölgyes erdő struktúrájára (Síkfőkút Project). Globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. KvVM-MTA Zárókonferenciája, Budapest 2006. márc. 9.
- Koncz G., Papp M., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Matus G., Tóth J.A. (2006): A légyszárú magkészség szerepe cseres-tölgyes erdőben. 7. Magyar Ökológus Kongresszus, Budapest 2006. szept. 4.-6. 109. p.
- Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Koncz G., Papp M., R.D. Bowden, Tóth J.A. (2007): A Síkfőkúti cseres-tölgyes fafaj összetételének és struktúrájának hosszú-távú változása. Term.véd. Közl. 13 pp. 93-100.
- Mázsa K., Kotroczó Zs., Horváth F., Aszalós R., R. D. Bowden, Bölöni J., Krakomperger Zs., Papp M. és Tóth J. A. (2007): A tölgypusztulás hosszútávú következményei a Síkfőkút Projekt és a Vár-hegy erdőrezervátum faállomány-szerkezetében in Lakatos F.-Varga D. (szerk.) Erd. Tud. Konferencia pp. 25.
- Halász, L. J., Kotroczó Zs., D. Tóth M., N. Boyko, Balázs S. (2008): Hulladéklerakók talaj mikroorganizmus közösségeinek és enzim aktivitásának vizsgálata a Felső-Tisza árterein. Talajtani Vándorgyűlés. Nyíregyháza, 2008. május 28-29. p. 41.
- Tóth, D. M., L. Halász J., Kotroczó Zs., Simon L., Balázs S. (2008): A talaj fémzennyezésének hatása a parlagfű (*Ambrosia elatior* L.) fémtartalmára tenyészedényes kísérletben. Talajtani Vándorgyűlés. Nyíregyháza, 2008. május 28-29. p. 38.
- Tóth, D. M., J. L. Halász, Zs. Kotroczó, L. Simon, S. Balázs. (2008): Examining the connections between metal contamination of soil and microbial colonies of ragweed (*Ambrosia elatior* L.) through pot experiments. MMT. Nagygyűlése. 2008. október 15. - 17., Keszthely
- Halász, L. J., M. Szathmáry, M. D. Tóth, Zs. Kotroczó, Z. Dinya, S. Balázs. (2008): Changes in the fatty acid composition of bacillus strains in contaminated soils. MMT. Nagygyűlése. 2008. október 15. - 17., Keszthely

- Krakomperger Zs., Kotroczó Zs., Koncz G., Papp M., Veres Zs., Tóthmérész B., Tóth J.A. (2008): Egy cseres-tölgyes erdő fa-megújulási dinamikájának vizsgálata. Magyar Term.véd. Biol. Konf. 2008. november 6.-9., Nyíregyháza
- Papp M., Koncz G., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Tóth J.A. (2008): Egy cseres-tölgyes lágyszárú növényzetének válasza avarmanipulációra. Magyar Term.véd. Biol. Konf. 2008. nov. 6.-9., Nyíregyháza
- Rácz B., Vallner J., Kotroczó Zs., Dobi L. (2008): A BISEL program alkalmazása a középiskolában a természet védelméért. Magyar Term.véd. Biol. Konf. 2008. november 6.-9., Nyíregyháza
- Koncz G., Papp M., Matus G., Török Péter., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., és Tóthmérész B. (2008): Milyen egy cseres-tölgyes erdő "emlékezete": magkészlet vizsgálatok a Síkfőkút Projektben. Magyar Term.véd. Biol. Konf. 2008. november 6.-9., Nyíregyháza

Egyéb szakcikk

- Tóth, D. M., J., L. Halász, Zs., Kotroczó, L., Simon (2008): Effect of cadmium, nickel, copper and zinc on metal uptake of ragweed (*Ambrosia elatior* L.) in pot experiments. Cereal Research Communications Volume 36. Suppl., 619-622.
- Halász, L. J., Kotroczó Zs., D. Tóth M., Boyko, Balázs S. (2008): Hulladéklerakók talaj mikroorganizmus közösségeinek és enzim aktivitásának vizsgálata a Felső-Tisza árterein. Talajvédelem Különszám, pp. 281-290.
- Tóth, D. M., L. Halász J., Kotroczó Zs., Simon L., Balázs S. (2008): A talaj fémszennyezésének hatása a parlagfű (*Ambrosia elatior* L.) fémtartalmára tenyészedényes kísérletben. Talajvédelem Különszám, pp. 227-236.