

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

**Avarinput hatása a talaj elemtartalmára és a talaj  
enzimek aktivitására**

(Síkfőkút DIRT Project)

**Effect of litter input on soil element content  
and enzyme activity**

(Síkfőkút DIRT Project)

**Krakomperger Zsolt**

Témavezetők:

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



DEBRECENI EGYETEM  
Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola  
Debrecen, 2010



# 1. Bevezetés, célkitűzés

A Síkfőkút Project kutatási programot a MAB (Man and Biosphere) program keretében 1972-ben alapították Jakucs Pál vezetésével magyarországi klímazonális, cseres-tölgyes (*Quercetum petraeae-cerris*) kutatására (Jakucs, 1973). A globális klímaváltozást a Síkfőkút Project hosszú távú meteorológiai adatsorai is jelzik, az erdő klímája az elmúlt három évtized folyamán melegebbé és szárazabbá vált (Antal et al., 1997). A klímaváltozás hatására a Síkfőkúti cseres-tölgyes erdő fafaj összetétele és struktúrája megváltozott (Tóthmérész, 2001; Kotroczó et al., 2007), ennek következtében megváltozott az avarprodukciónak minőségi és mennyiségi összetétele is (Tóth et al., 2007), ami hatással van a talaj fizikai-kémiai tulajdonságaira, a talajéletre.

Az avarprodukciónak változásának a talajra kifejtett hatását a 2000-ben alakult ILTER (International Long-Term Ecological Research) DIRT (Detritus Input and Removal Treatment) közös magyar-amerikai, interkontinentális projekt keretében vizsgáltuk, amelynek alapkonceptióját a Wisconsin Egyetemen 1957-ben dolgozták ki az ottani füves területek és erdő ökoszisztémák hosszú távú tanulmányozására (Neilson és Hole, 1963). A DIRT projekt fő célkitűzése annak vizsgálata, hogy a növényi avarprodukciónak mennyiségi és minőségi változása hosszú távon, különböző klimatikus viszonyok között, hogyan befolyásolja a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait, a talaj szerves anyagainak akkumulációját és dinamikáját (Nadelhoffer et al., 2004). Az USA-ban jelenleg négy kutatóhelyen végeznek DIRT kutatásokat (Harvard Forest, Bousson Forest, H.J. Andrews Forest, Michigan Forest) Európában pedig a Bayreuth-i Egyetemen és a Síkfőkút DIRT Projecten.

A Síkfőkúti cseres-tölgyesben olyan szabadföldi avarmanipulációs kísérletet állítottunk be, ahol a kísérleti parcellákban a talajba kerülő avar minőségét és mennyiségét mesterségesen tartósan megváltoztatjuk (csökkentjük, illetve növeljük), így választ kaphatunk a csökkenő vagy az esetlegesen növekvő avarprodukciónak talajra kifejtett hatására is.

A Síkfőkút DIRT projektben az alábbi kérdéseket vizsgáljuk:

- Hosszú távon hogyan változik a Síkfőkúti erdő avarprodukciónak mennyisége és összetétele?
- A különböző avar inputok hatására hogyan változik:
  - a talaj hőmérséklete és nedvességtartalma?
  - a talaj elemtartalma (C, N, P, S, K, Ca, Mg) és pH-ja?
  - a talaj szerves anyag összetétele (SOM) és C:N:S aránya?
  - a baktérium- és a gombaszám, a talaj-mikroorganizmusok biomasszája?
  - a talajenzimek aktivitása?
  - a talajlégzés (CO<sub>2</sub>-kibocsátás) és a légzés részösszetevőinek az aránya?
- Milyen összefüggések figyelhetők meg a mért paraméterek között?
- Milyen következtetések vonhatók le más DIRT kutatóhelyek eredményeivel való összehasonlítás alapján?

A projekten belül a fent említett kérdések tanulmányozásának mindegyikébe részt vettem (mintavétel, mérések, eredmények kiértékelése), de ezek közül a feladatom az enzim aktivitás, az elemtartalom mérése és az avar mennyiség változása miatt kialakult talaj kémhatás változás háttérének vizsgálata volt, ezért disszertációmban ezeket a témákat fejtem ki.

## 2. Anyag és módszer

### 2.1. A kutatási terület bemutatása

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 cserestölgyes erdő talaja agyagbemosódásos barna erdőtalaj (Stefanovits, 1985), míg a FAO besorolás alapján Cambisols (IUSS WRB, 2006; Fekete et al., 2007).

### 2.2. A kísérleti parcellák létesítése és fenntartása

A Síkfőkút DIRT parcellák kialakítása és fenntartása az USA ILTER DIRT Projektben alkalmazott módszerek szerint történt. A több évtizedre tervezett, avarmanipulációs szabadföldi kísérletben hatféle kezelést alkalmazunk (1. táblázat).

1. táblázat. A DIRT parcellák kezelése

A kezelés elnevezése	Leírás
Kontroll (K)	Normál avar input
Nincs Avar (NA)	A föld feletti avar inputot kizárjuk a parcelláról. Az avar eltávolítása gereblyézéssel történik.
Dupla Avar (DA)	A föld feletti avar megduplázunk annak az avarnak a felhasználásával, amelyet a Nincs Avar kezelésből távolítottunk el.
Dupla Fa (DF)	A föld feletti fa inputot ágdarabok hozzáadásával megduplázunk.
Nincs Gyökér (NGY)	A föld alatti avar inputot, azaz a gyökerek növekedését kizárjuk a parcellából. A parcellát körülárkoltuk. Az árokba olyan gyökérálló műanyag lemezt helyeztünk, amelyik megakadályozza a gyökereknek a parcellába történő benövését. A parcellában növekvő növényzetet herbicides kezeléssel folyamatosan eltávolítjuk.
Nincs Input (NI)	A föld feletti és a föld alatti avar inputot is kizárjuk. A föld feletti avar input kizárása úgy történik mint a Nincs Avar kezelés esetében, a föld alatti avar eltávolítása pedig mint a Nincs Gyökér kezelés esetében.

Kezelésenként három párhuzamos parcellát, így összesen 18 db 7×7 m-es kísérleti parcellát állítottunk be 2000 novemberében.

### 2.3. Vizsgálati módszerek

A parcellák talajainak tápelemtartalmának és pH-jának a meghatározására a talajmintákat a kísérlet beállításától számított 8. évben 2008. december 9-én vettük. Minden parcellából Oakfield-típusú talajfúróval két talajmélységből (0-5 cm, 5-15 cm) kb. 100-100 g talajt gyűjtöttünk.

A talajkivonat elkészítéséhez kétféle oldószer használtunk: (a) ammónium-laktátot (AL) – az oldható és a könnyen kicserélhető tápelem-tartalom kivonására (MSZ 20135/1999); és (b) kalcium-kloridot (0,01M  $\text{CaCl}_2$ ) – a könnyen oldható tápelem-tartalom kivonására, Houba et al. (1990) módszere szerint.

A talajkivonat elkészítéséhez 5-5 g előkészített darált, szitált, légszáraz talajhoz 100 ml ammónium-laktát, illetve 50 ml kalcium-klorid oldatot adtunk, majd 2 órán keresztül a talajszuszpenziókat körforgó rázógéppel rázattuk és szűrtük.

A  $\text{Ca}^{2+}$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -tartalmat atomabszorpciós módszerrel (AAS) mértük SpectrAA-20 Plus spektrofotométerrel. A talaj P- tartalmát fotometriásan, foszfo-molibdovanadát módszerrel határoztuk meg Metertech VIS SP-850 Plus spektrofotométerrel. A N-formákat folyamatosan áramló rendszerben (CFA) fotometriásan mértük, SKALAR SA 2000 fotométerrel. A talaj C-tartalmának meghatározását szárazégetéses elven működő VARIO EL CNS elemanalizátorral végeztük. A pH-mérésére THERMO standard üveg elektródot használtunk, a meghatározást vizes és  $\text{CaCl}_2$ -os szuszpenzióból végeztük.

A Síkfőkút DIRT projektben a talajenzim aktivitás méréseket az USA ILTER DIRT Projectben alkalmazott módszerek szerint végeztük. A talaj foszfatáz,  $\beta$ -glükózidáz és proteáz aktivitását mesterséges szubsztrát lebontásán alapuló fotometriás módszerrel határoztuk meg (Sinsabaugh et al., 1999; Ladd és Butler, 1972). A foszfatáz és a  $\beta$ -glükózidáz esetében a 2001-2006-os időszakban a vegetációs periódusban, általában három havonta végeztünk talajenzim vizsgálatot, összesen 17 alkalommal, míg a proteázt 2005-2006-ban mértük 5 esetben. A talajmintákat a talaj 0-15 cm-es rétegeből vettük. Az eredmények statisztikai kiértékelése egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) és korreláció vizsgálattal történt ( $p=0,05$ ).

## 3. Új tudományos eredmények

### 3.1. Az avarkezelések hatása a talaj elemösszetételére

Méréseink alapján megállapítható, hogy az avarmegvonásnak a talaj széntartalmára nagyobb hatása van, mint az avar hozzáadásnak, mivel a talaj széntartalma az avarrelvonásos kezelések hatására mindkét talajmélységben a Kontrollhoz viszonyítva csökkent, míg az avarduplázásos kezelések hatására csak a 0-5 cm-es talajmélységben nőtt. Az alsóbb rétegekben (5-15 cm) való felhalmozódás az avarduplázás hatására az első nyolc évben még nem mutatható ki. A bekerült többlet avar csak a felső réteg széntartalmának növekedését eredményezte.

Kimutattuk, hogy a talaj szerves-N tartalma az avarmegvonásos kezelések hatására mindkét talajmélységben csökkent, az 5-15 cm-es mélységben mindhárom

avarelvonásos kezelés esetében (NI, NGY, NA) szignifikánsan. A megduplázott avarkezelések hatására a talaj 0-5 cm-es rétegében a szerves-N tartalom csak a Dupla Avar kezelés esetében nőtt, míg az 5-15 cm-es rétegben csökkenés figyelhető meg.

A kezelések hatása az összes-N tartalomra a felső 0-5 cm-es rétegben mutatható ki, de csak a Nincs Avar kezelés különbözött szignifikánsan a Kontrolltól. Az alsóbb rétegben nincs különbség a különböző kezelésű parcellák között.

A talaj felső 0-5 cm-es rétege kezelésektől függetlenül lényegesen nagyobb mennyiségű foszfort tartalmazott, mint az alatta lévő 5-15-cm-es talajréteg. Megállapítottuk, hogy az avarelvonásos kezelések hatására a talaj foszfortartalma mindkét talajmélységben növekedett, míg az avart megduplázó kezeléseknél nem figyelhető meg változás a Kontrollhoz viszonyítva.

A talaj  $\text{Ca}^{2+}$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -tartalma az avarelvonásos kezelések hatására a talaj mindkét vizsgált mélységben a Kontrollhoz viszonyítva csökkent, a csökkenés a 0-5 cm-es talajmélységben az avarmegvonásos kezelések esetében szignifikáns volt. A Dupla Avar kezelések hatására nőtt a talaj  $\text{Ca}^{2+}$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -tartalma a 0-5 cm-es talajmélységben, az 5-15 cm-es talajmélységben növekedés nem mutatható ki.

### **3.2. Az avarkezelések hatása a talaj kémhatására**

Méréseink alapján megállapítottuk, hogy a csökkenő levélavar bevitel (NA, NI) a talaj pH-ját csökkenti, míg a növekvő levélavar bevitel (DA) növeli. A Dupla Avar és az avarmegvonásos kezelések talajának pH-ja szignifikánsan eltér egymástól.

Bizonyítottuk, hogy az avarbomlás során keletkező savas intermediereket, humuszanyagokat, a csökkenő avarinputtal járó csökkent  $\text{Ca}^{2+}$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -bevitel nem képes pufferni. Ezzel szemben a Dupla Avar kezelésnél a talaj pH-ja növekedett, ami a nagyobb  $\text{Ca}^{2+}$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -bevitelnek, a nagyobb pufferkapacitásnak köszönhető. A talaj pH-ja és a talaj  $\text{Ca}^{2+}$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -tartalma között szoros, pozitív korrelációt mutattunk ki.

Eredményeink alapján megállapítható, hogyha a klímaváltozás hatására csökkenne az avarprodukciónak, akkor ez hosszabb távon a talaj  $\text{Ca}^{2+}$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -tartalmának a csökkenését, a talaj savanyodását eredményezné.

### **3.3. Az avarkezelések hatása a talaj enzimaktivitására**

Kimutattuk, hogy az avarkezelések jelentős hatást gyakorolnak a talaj enzimek aktivitására. A Nincs Gyökér és a Nincs Input parcellák kezdeti magasabb aktivitása feltehetően a parcellák létrehozásának a következménye volt. Ezen parcellák kialakításakor a cserjéket kivágtuk, így nagy mennyiségű gyökér maradt a talajban. A lebomló gyökerek tápanyagot szolgálnak a mikrobáknak, így azok elszaporodhatnak és nőhet az enzimkibocsátásuk. Ezen kívül a széteső gyökér- és mikorrhiza sejtekből felszabaduló enzimek is növelhetik az enzimaktivitást. Továbbá ezen parcellák körülárkolása és az evapotranspiráció megszűnése miatt nőtt a parcellák nedvességtartalma, ami fokozhatta a mikrobiális aktivitást. A gyökér és mikorrhiza maradványok lebontása után a Nincs Gyökér és Nincs Input parcellák kezdeti magas enzimaktivitása a beállítás utáni harmadik évben lecsökkent. A negyedik évtől kezdve

pedig az összes avarmegvonásos parcella (NA, NGY, NI) foszfatáz aktivitása szignifikánsan kisebb volt a Kontrolltól. Ezzel ellentétben az avarduplázásos kezelések (DA, DF) foszfatáz aktivitása általában szignifikánsan nem különbözött a Kontrolltól.

A különböző kezelésű parcellák talajának  $\beta$ -glükózidáz enzimaktivitása a kísérlet beállítását követő másfél évben egymáshoz viszonyítva nem mutatott szignifikáns eltérést. Ezt követően a cserjeirtott parcellák (NGY, NI) enzimaktivitása csökkent, mely alapján megállapítható, hogy a foszfatázhoz hasonlóan, a  $\beta$ -glükózidáz aktivitás kialakításában szintén jelentős szerepet játszanak a talajban lévő gyökerek és rizoszférájuk. A 2004-es év második felétől kezdve az avarlevonásos kezelések (NA, NGY, NI)  $\beta$ -glükózidáz szignifikánsan csökkent a Kontrollhoz és az avarduplázásos kezelésekhez viszonyítva. A Dupla Avar, a Dupla Fa és a Kontroll enzimaktivitásai nem különböznek jelentősen egymástól.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a gyökereknek és rizoszférájuknak nagy jelentősége van a foszfatáz és  $\beta$ -glükózidáz aktivitás kialakításában, és ezek kiesése hosszútávon jelentősen visszaveti aktivitásukat.

A proteáz esetében a kísérlet beállítása utáni ötödik évre lecsökkent az avarmegvonásos kezelések aktivitása, az enzimaktivitás növekvő sorrendben a következő volt: NA<NI<NGY. Ez alapján megállapítható, hogy a gyökerek kizárásának nem volt olyan jelentős szerepe, mint az avar megvonásnak, szemben a másik két enzimmel, hiszen nem a gyökértelenített parcellák aktivitása volt a legalacsonyabb. A Kontroll, Dupla Avar és Dupla Fa proteáz aktivitása szignifikánsan nem különbözik egymástól. A három kezelés közül a Dupla Avarnak volt a legnagyobb az aktivitása, mely az avar jelentősebb szerepére hívja fel a figyelmet. A három enzim vizsgálata alapján kijelenthető, hogy a lomb- és faavar mennyiségének csökkentése jelentősebb hatást gyakorol a talajra, mint ezek hozzáadása.

Korreláció vizsgálattal kimutattuk, hogy a Síkfőkúti erdő viszonyai között nincs szignifikáns kapcsolat az általunk mért enzimek aktivitása a talajhőmérséklet, a talajnedvesség, a talajlégzés és a talaj baktérium száma között. Ezzel ellentétben pozitív korrelációt mutattunk ki az enzimek aktivitása és a mikrobiális biomasza széntartalma, a talaj pH-ja, a talaj szervesanyag-tartalma és a talaj széntartalma között. Ezek közül a széntartalommal mutatták a legerősebb kapcsolatot, tehát alapvetően ez a tényező, mely legjobban befolyásolja az enzimek aktivitását.

Kiegészítve az enzim aktivitás vizsgálatainkat a DIRT Project további eredményeivel megállapíthatjuk, hogy ha a klímaváltozás hatására csökken az erdő avarprodukcója, romlik a talaj hőháztartása, mivel nő a talaj hőingása. A talaj felszínére jutó csökkent avarinputból kevesebb  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  kerül a talajba, aminek hatására a talaj kémhatása savasabb irányba tolódik. Továbbá csökken a talaj szén-, nitrogén- és szervesanyag-tartalma, ami limitálja a mikroorganizmusok anyagcseréjét, ennek következtében lecsökken a talajlégzés és az enzimek (foszfatáz,  $\beta$ -glükózidáz, proteáz) aktivitása.

# Effect of litter input on soil element content and enzyme activity

(Síkfőkút DIRT Project)

## 4. Introduction

### 4.1. Introduction

'Síkfőkút Project' was established by Pál Jakucs, in 1972, within the scope of Man and Biosphere programme. The aim of the project is to study of a typical climazonal Turkey oak-forest (*Quercetum petraeae-cerris*) of Hungary (Jakucs, 1973). Climate of the forest become warmer and dryer in the last three decades (Antal et al., 1997). There are significant changes in the species composition and structure of the Turkey oak forest (Tóthmérész, 2001; Kotroczó et al., 2007). This led to modified qualitative and quantitative composition of leaf litter production (Tóth et al., 2007) which also influences the physical, chemical and biological properties of the soil.

Effects of changing leaf litter production on the soil are examined as a part of ILTER (International Long-Term Ecological Research) DIRT (Detritus Input and Removal Treatment) intercontinental project. This is a research cooperation between the USA and Hungary, established in 2000. Basic concept of the project was developed in the Wisconsin University in 1957 to study their local grass-covered areas and forest ecosystems in the long term (Neilson & Hole, 1963). The main purpose of DIRT Project is to examine the long-term effects of qualitative and quantitative changes of litter production on the physical and chemical properties, as well as on dynamics and accumulation of organic matters in the soil under different climatic conditions (Nadelhoffer et al., 2004). Presently, there are four American (Harvard Forest, Bousson Forest, H.J. Andrews Forest, Michigan Forest) and two European (University of Bayreuth, Síkfőkút DIRT Project) DIRT research sites.

During the field experiments in the Turkey oak forest of Síkfőkút, there were litter manipulation through permanent artificial modifications (increasing or decreasing) of the quality and quantity of litter in the soil of experimental parcels. These processes consequently indicate the effects of decreasing or increasing litter production on the soil.

Síkfőkút DIRT project deals with the following questions:

- What changes can be observed in the quality and composition of litter production in Síkfőkút forest, considering long-term researches?
- How does different litter inputs modify
  - humidity and temperature of the soil?
  - element content (C, N, P, S, K, Ca and Mg) and pH value of the soil?
  - organic matter composition (SOM) and C:N:S ratio of the soil?
  - number of bacteria and fungi and biomass of soil-microorganisms?
  - activity of soil enzymes?
  - the ratio of soil respiration (CO<sub>2</sub>-emission) and components of respiration?
- What sort of relations can be observed among the measured parameters?

During the researches of the DIRT project my topic was the long-term examination of element content, pH value of the soil and enzyme activities. My dissertation deals with these subject matters.

## 5. Materials and Methods

### 5.1. Site description

The model area is north-eastwards from Eger, about 6 km away from the town, in the southern, hilly part of the Bükk mountain, which belongs to the Northern Hungarian Mountain Range (In Hungarian: Északi-középhegység). Geographic coordinates of Síkfőkút Project are 47°90' North Latitude and 20°46' East Longitude. Height above the sea level is 320-340 metres. Soil type of the Turkey oak stand is brown forest soil with clay (Stefanovits, 1985), while according to FAO soil classification system it is classified as Cambisol (IUSS WRB, 2006; Fekete et al., 2007).

### 5.2. Experimental plots

Síkfőkút DIRT parcels was constructed according to the research protocol of USA ILTER DIRT Project. There are six types of treatments in the open field experiments of litter manipulation, which have been planned to continue for decades (Table 1).

Table 1. Treatments of DIRT parcels

Name of treatment	Description
Control (C)	Normal litter input
No Litter (NL)	Aboveground leaf litter input is eliminated from the parcel. Removal of leaf litter is carried out by raking.
Double Litter (DL)	Aboveground leaf litter is doubled with the amount of leaf litter which was eliminated through 'No Litter' treatment.
Double Wood (DW)	Aboveground wood input is doubled by addition of branch fragments.
No Roots (NR)	Belowground litter input (i.e. growth of roots) is eliminated from the parcel. The parcel was surrounded with a ditch. In the ditch a 'root-resistant' plastic lamella was put which prevent the roots from growing into the parcel. Vegetation of the parcel is continuously eliminated by herbicide treatment.
No Input (NI)	Aboveground and belowground litter input are eliminated as well. Elimination of the aboveground leaf litter input is carried out as in case of 'No Litter' treatment, while removal of belowground litter is carried out according to 'No Roots' treatment.

In November 2000, three collateral parcels were established for each treatment. Thus 18 parcels were constructed, the size of which were 7×7 m.

### 5.3. Laboratory Methods

To measure pH, and nutrient element contents of the soil of parcels, samples were collected on 9 December 2008, eight years after the beginning of the experiment. On each parcels, approximately 100-100 grams of soil were collected from two soil depth (0-5 cm and 5-15 cm) with Oakfield Soil Sampling Tools.

For the preparation of soil extract two dissolvent were used: (i) ammonium lactate (AL) – for extraction of soluble and easily replaceable nutrient element content (MSZ 20135/1999); and (ii) calcium chloride (0.01 CaCl<sub>2</sub>) – for extraction of easily soluble nutrient element content (Houba et al., 1990). For the preparation of soil extract, 100 ml of ammonium lactate and 50 ml of calcium chloride were added to 5 g of the prepared (milled, sifted and air-dried) soil samples. After it, soil

suspensions were shaken with rotating shaking machines for 2 hours and then the samples were filtered.

Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> contents were measured with atomic absorption method (AAS), by SpectrAA-20 Plus spectrophotometer. Phosphorous content of the soil was measured photometrically with phospho molibdovanadate method, using Metertech VIS SP-850 Plus spectro-photometer. Nitrogen forms were measured photometrically in continuous flow analyzer (CFA) using SKALAR SA 2000 photometer. Carbon content of the soil was determined with dry burning method, using VARIO EL CNS element analyzer. Measurement of pH value was carried out with THERMO standard glass electrode from diluted soil suspension and from soil suspensions containing calcium chloride.

During Síkfökút DIRT Project, measurements of soil enzyme activities were carried out according to the methods of USA ILTER DIRT Project. Phosphatase,  $\beta$ -glucosidase and protease activities of the soil were determined by photometric method which was based on artificial decomposition of substrates (Sinsabaugh et al., 1999; Ladd & Butler, 1972). In case of phosphatase and  $\beta$ -glucosidase, soil enzyme examinations were carried out generally in every third month in the vegetation periods from 2001 to 2006. (This means totally 17 examinations.) Protease was measured in 5 cases between 2005 and 2006. Soil samples were taken from the upper 0-15 cm thick layer of the soil.

One-way analysis of variance (ANOVA) and correlation analysis were used during the statistical analyses.

## **6. Results**

### **6.1. Effects of litter treatments on the element composition of soil**

The effect of litter withdrawal on the carbon content of soil was larger than the effects of double litter input. In comparison with the control sample, carbon content of the soil decreased by leaf litter withdrawal in both two soil depths while 'Double Litter' treatments caused increased carbon content only in the depth of 0-5 cm. In the deeper soil layers (5-15 cm) 'Double Litter' treatment not caused carbon accumulation during the first 8 years of study. Only the carbon content of the upper soil layer increased by the surplus litter input.

We pointed out that organic nitrogen content of the soil decreased in both soil depths under the influence of litter withdrawal. In case of the depth of 5-15 cm, all three litter withdrawal treatments (NI, NR, NL) caused significant decrease in N content. Under the influence of doubled litter treatments, only 'Double Litter' treatment increased the organic N content of the upper 0-5 cm thick soil layer, while decreasing concentrations could be detected in the depth of 5-15 cm.

The effects of treatments on the total nitrogen content could be detected only in the upper 0-5 cm thick soil layer, however only the 'No Litter' treatment was significantly different from the control sample. Considering the lower soil layers, there are not significant differences among the parcels, which had been under various treatments.

Independently from the treatments, the upper 0-5 cm thick soil layer contained significantly larger amounts of phosphorous than the lower layer at depth of 5-15 cm. Phosphorous content of the soil increased in both soil depths under the influence of litter withdrawal, while treatments with double amount of litter did not cause differences compared to the control sample.

$\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  content of the soil was lower than that of control samples in case of litter withdrawal both in 0-5 cm and 5-15 cm soil depths,. In case of litter withdrawals, significant decrease could be observed in the depth of 0-5 cm. 'Double Litter' treatments increased the  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  content of the soil in the depth of 0-5cm while there is no increase in the depth of 5-15 cm.

## **6.2. Effects of litter treatments on the pH of the soil**

According to our measurements, declining litter inputs (NL, NI) decrease the pH of the soil, while increasing leaf litter input (DL) had the opposite effect. The pH of the soils of 'Double Litter' treatment and litter withdrawals were significantly different from each other.

We demonstrated that decreased  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  input was not able to buffer the acidic intermediates and humic substances which derive from the decomposition of litter. Contrary, 'Double Litter' treatment increased the pH value of the soil as a consequence of higher  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  input and higher buffer capacity. Strong positive correlation was found between the pH value and the  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  content of the soil.

Our results suggest that if the leaf litter production decreased under the influence of climatic changes, the  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  content of the soil would increase and the soil would become more acidic in a long-term period.

## **6.3. Effects of litter treatments on the enzyme activity of the soil**

We found that litter treatments significantly influence the activity of soil enzymes. The initially higher activities of 'No Roots' and 'No Input' parcels were presumably a consequence of the construction of parcels. During the parcel construction shrubs were removed and large amount of roots remained in the soil. Degradation of roots serves as nutrient source for microbes, so microorganisms can propagate and their enzyme emission can increase. Besides, enzyme activity can be also increased by those enzymes which are released from disintegrating cells of roots and micorrhiza. In addition, humidity of parcels increased as evapotranspiration stopped and parcels were surrounded by ditches which could increase microbial activity. After the decomposition of the remaining parts of roots and micorrhiza, the initial high enzyme activity of 'No Roots' and 'No Input' parcels decreased in three years after the construction. From the fourth year, significantly decreased phosphatase activities could be observed in case of all parcels which had been under litter withdrawal treatment (NL, NR, NI) as compared to the control sample. Contrary, there were not significant differences between phosphatase activities of doubled leaf litter treatments (DL, DW) and control samples.

Under the influence of different treatments,  $\beta$ -glucosidase enzyme activities in the soil of parcels were not significantly different from each other after the first one and a half year of the examination. Thereafter, enzyme activity decreased on the parcels from which shrubs had been removed (NR, NI). Similarly to phosphatase,  $\beta$ -glucosidase activity was also influenced by roots and their rhyzospheres in the soil. From the second half of 2004, litter withdrawal (NL, NR, NI) significantly decreased the  $\beta$ -glucosidase activity in comparison with the control sample and with the doubled litter inputs. Enzyme activities of 'Double Litter', 'Double Wood' and Control were not significantly different from each other. Roots and their rhyzospheres play significant roles in the development of phosphatase and  $\beta$ -glucosidase activities; and elimination of these factors significantly hinder the activity of these enzymes in a long-term period.

In case of protease, litter withdrawal led to decreased activities in the fifth year of examination and enzyme activity followed forthcoming tendency: NA<NI<NGY. This leads to the consequence that root elimination had lower impact than litter withdrawal, in contradiction to the two other enzymes, since activity was the lowest on those parcels from which roots had not been removed. Protease activities of Control, 'Double Litter' and 'Double Wood' treatments were not significantly differ from each other. The activity was the highest for the 'Double Litter' treatment, which calls our attention to the importance of litter.

Correlation analysis did not show significant differences between the activities of the studied enzymes and the temperature, humidity and number of bacteria in the soil under the circumstances of 'Síkfőkút' forest. Contrary, there was positive correlation between the enzyme activities and the carbon content of microbial biomass, pH value, organic matter content and carbon content of the soil. From these, carbon content showed the strongest correlation. Thus, this factor has the most influence on enzyme activities. Our result suggest that the examination of the three enzymes that reducing of the amount of litter has larger effects on the soil than the increased litter input.

We found that decreased leaf litter production of the forest under the influence of climatic changes leads to worsen the soil heat balance and increasing fluctuations in temperature in the soil. As a consequence of the decreased amount of leaf litter, fewer Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> get to the soil which leads to acidification of soil pH. In addition, carbon, nitrogen and organic matter content of the soil also decrease which limits the metabolism of microorganisms and consequently, leads to decreased activities of soil respiration and soil enzymes (phosphatase,  $\beta$ -glucosidase and protease).

## Irodalom / References

- Antal E., Berki I., Justyák J., Kiss Gy., Tarr K., Vig P. (1997): A síkfőkúti erdőtársulás hő- és vízháztartási viszonyainak vizsgálata az erdőpusztulás és az éghajlatváltozás tükrében. Debrecen, 83 p.
- 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**: 381-385.
- Houba, V. J. G., Novozamsky, L., Lexmond, T. M., Van der Lee, J. J. (1990): Applicability of 0,01 M CaCl<sub>2</sub> as a single extraction solution for the assessment of the nutrient status of soils and other diagnostic purposes. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **21**: 2281-2290.
- 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 bioszféra-program keretén belül. *MTA Biol. Oszt. Közl.* **16**: 11-25.
- 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. *Természetvédelmi Közlemények* **13**: 93-100.
- Ladd, J.N., Butler, J.H.A., (1972): Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. *Soil Biology & Biochemistry* **4**: 19-30.
- 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.
- 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.
- Stefanovits, P. (1985): Soil contions of the forest. *In: Jakucs, P. (ed.) Ecology of an Oak Forest in Hungary*. Results of „Síkfőkút Project” I. Akadémiai Kiadó, Budapest, 50-57.

- Sinsabaugh, R. L., Klug, M. J., Collins, H. P., Yeager P. E., Petersen, S. O., 1999: Characterizing Soil Microbial Communities. In: 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.
- 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* **3**: 75-85.
- Tóthmérész B. (2001): A síkfőkúti erdő fapusztlási dinamikájának monitoringja. In: *Ökológia az ezredfordulón I.* (Szerk: Borhidi Attila és Botta-Dukát Zoltán), MTA, Budapest, 211-212.

## Tudományos tevékenység jegyzéke

### A témában megjelent szakcikkek

- 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* **35**: 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* **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: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk): *Erdő és Klíma V.* 307-322.
- Krakomperger Zs., Tóth J.A., Varga Cs., Tóthmérész B. (2008): The effect of litter input on soil enzyme activity in an oak forest. *Cereal Research Communications* **36**: 323-326.
- Varga, Cs., I., Fekete, Zs., Kotroczó, Zs., Krakomperger, Gy., Vincze (2008): The effect of litter on soil organic matter (SOM) turnover in Síkfőkút site. *Cereal Research Communications* **36**: 547-550.
- Fekete I., Halász J., Krakomperger Zs., Krausz E. (2008): Study of litter decomposition intensity in litter manipulative trials in Síkfőkút Cambisols. *Cereal Research Communications* **36**: 1779-1782.
- 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*: 543-554.
- Kotroczó Zs., L. Halász J., Krakomperger Zs., Fekete I., D. Tóth M., Vincze Gy., Varga Cs., Balázs S., Tóth J.A. (2008): Erdőtálat szerves-anyag mennyiségének változása avarmanipulációs kísérletek hatására (Síkfőkút Project). *Talajvédelem Különszám*: 431-440.
- Tóth, J.A., K. Lajtha, Zs. Kotroczó, Zs. Krakomperger, B. Caldwell, R. D. Bowden, M. Papp (2009): A klímaváltozás hatása az elhalt szerves anyag lebontási folyamataira. „Klíma-21” Füzetek. *Klímaváltozás – Hatások – Válaszok*. **56**: 66-75.
- Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Veres Zs., Vasenszki T., L. Halász J., Koncz G., Papp M., Tóth J.A. (2009): Talajlélegzés vizsgálatok tartamhatású avarmanipulációs modellkísérletben. *Természetvédelmi Közlemények* **15**: 328-337.

### A témában elhangzott előadások, posztterek

- Tóth J.A.; Fekete I.; Krakomperger Zs.; Lukács J.; Kotroczó Zs. (2001): A Síkfőkút DIRT Project keretében alkalmazott talajmikrobiológiai módszerek. XVI. Mikrobiológiai Tudományos Ülés, Nyíregyháza.
- Tóth J. A.; Lajtha, K.; Krakomperger Zs.; Vanderbilt, K.; Papp M.; Fekete I.; Caldwell, B. (2002): Effect of the litter layer on the temperature of the soil in an oak forest (Síkfőkút DIRT Project, Hungary). *International Long-Term Ecological Research CEE Regional Meeting, Zvolen*.
- Tóth J. A.; Papp M.; Fekete I.; Krakomperger Zs.; Lukács J. (2002): 30 years of ecological research from the Síkfőkút LTER Project (Hungary). *International Long-Term Ecological Research CEE Regional Meeting, Zvolen*.
- Tóth J.A., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., K. Lajtha, K. Vanderbilt, B. Caldwell, R.D. Bowden (2004): DITR Project Létesítése a síkfőkúti LTER kutatási területen. *A Magyar Tudományos Akadémia Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének és a Magyar Professzorok Világtanácsának 13. évi Tudományos Ülése, Nyíregyháza*.
- Tóth J.A., Krakomperger Zs., Kotroczó Zs., K. Lajtha, K. V., B. Caldwell, R.D. Bowden (2004): A Síkfőkút DIRT Project kutatási eredményei. *A Magyar Tudományos Akadémia Szabolcs-Szatmár-Bereg 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): Síkfőkút ILTER DIRT Project (Hungary) Előadás, Vácrátót.

- Kotroczó, Zs., Zs. 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 Síkfökút 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 (Síkfökút DIRT Project). A Magyar Tudományos Akadémia Szabolcs-Szatmár-Bereg 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 Síkfökút 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 Síkfökút 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 (Síkfökút 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 Síkfökút 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 hosszútávú avarmanipulációs terepkísérlet a talaj szerves anyag bomlás 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): Talajenzim-aktivitás mérési eredmények a Síkfökút 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): Erdőtálaj 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 Síkfökút site. X. Congress of Croatia Society of Soil Science. Soils functions in the environment, Sibenik, Croatia.
- Tóth J. A., Krakomperger Zs., Kotroczó Zs., Koncz G., Veres Zs., Papp M., (2008): A klímaváltozás hatása a Síkfökúti cseres-tölgyes avarprodukcijára és talajdinamikai folyamataira. Talajtani Vándorgyűlés. Nyíregyháza, 2008. május 28-29. 27. p.
- Kotroczó Zs., L. Halász J., Krakomperger Zs., Fekete I., D. Tóth M., Vincze Gy., Varga Cs., Balázsy S., Tóth J. A. (2008): Erdőtálaj szerves-anyag mennyiségének változása avarmanipulációs kísérletek hatására (Síkfökút Project). Talajtani Vándorgyűlés. Nyíregyháza, 2008. május 28-29. 22. p.
- Vasenszki, T., Zs. Veres, Zs. Kotroczó, G. Koncz, Zs. Krakomperger, S. Balázsy, J. A. Tóth. (2008): The effect of different litter input on soil respiration in an oak forest. Magyar Mikrobiológiai Társaság Nagygyűlése. 2008. október 15. - 17., Keszthely.
- Kotroczó, Zs., G. Koncz, J. L. Halász, I. Fekete, Zs. Krakomperger, M. D. Tóth, S. Balázsy, J. A. Tóth. (2008): Litter decomposition intensity and soil organic matter accumulation in Síkfökút DIRT site. Magyar Mikrobiológiai Társaság Nagygyűlése. 2008. október 15. - 17., Keszthely.
- Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Veres Zs., Vasenszki T., L. Halász J., Koncz G., Papp M., Tóthmérés B., Tóth J.A. (2008): Talajlélegzés vizsgálatok hosszútávú avarmanipulációs modellkísérletekben. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia. 2008. november 6.-9., Nyíregyháza.
- Kotroczó, Zs., G. Koncz, J. L. Halász, I. Fekete, Zs. Krakomperger, M. D. Tóth, S. Balázsy, J. A. Tóth (2009): Litter decomposition intensity and soil organic matter accumulation in síkfökút dirt site. Acta Microbiol. Immunol. Hun. **56**: 53-54.
- Vasenszki, T., Zs. Veres, Zs. Kotroczó, G. Koncz, Zs. Krakomperger, S. Balázsy, J. A. Tóth (2009): The effect of different litter input on soil respiration in an oak forest. Acta Microbiol. Immunol. Hun. **56**: 107.
- Tóth J. A., Nagy P. T., Krakomperger Zs., Kincses S-né., Fekete I., Papp M., Kotroczó Zs. (2009): Elemtartalomvizsgálatok a Síkfökút DIRT project keretében. VI. Erdő és Klíma Konferencia. Nagyatád, 2009. október 8-9-10.
- Vasenszki T., Kotroczó Zs., Veres Zs., Koncz G., Krakomperger Zs., Papp M., Tóth J. A. (2009): A talaj szerves anyag vizsgálatok tartamhatású avarmanipulációs modellkísérletekben. 8. Magyar Ökológus Kongresszus, Szeged 2009. aug. 26.-28. 232. p.

## Egyéb előadások, poszterek

- 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. november 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**: 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 magkészlet szerepe cseres-tölgyes erdőben. 7. Magyar Ökológus Kongresszus, Budapest 2006. szept. 4.-6. 109. p.
- 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.: Erdészeti Tud. Konferencia 2007. december 11. Sopron – a szekcióülések előadásainak és posztereinek kivonata. 25. p.
- 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 Természetvédelmi Biológiai Konferencia. 2008. november 6.-9., Nyíregyháza.
- Papp M., Koncz G., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Tóth J.A. (2008): Egy cseres-tölgyes légyszárú növényzetének válasza avarmanipulációra. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia. 2008. november 6.-9., Nyíregyháza.
- Koncz G., Papp M., Matus G., Török P., Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., és Tóthmérész B. (2008): Milyen egy cseres-tölgyes erdő "emlékezet": magkészlet vizsgálatok a Síkfőkút Projektben. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia. 2008. november 6.-9., Nyíregyháza.
- B. Tóth B., Kata E., Nagy P.T., Krakomperger Zs., Tóth J.A (2008) Az avar minőségének és mennyiségének hatása az ektomikorrhizas gombák és őshonos fák magoncainak kapcsolatára a talajadottságok figyelembevételével. 4. Magyar Mikológiai Konferencia. Debrecen, május 29-31.
- B. Tóth B., Kata E., Nagy P.T., Krakomperger Zs., Tóth J.A (2008) Az avar minőségének és mennyiségének hatása az ektomikorrhizas gombák és őshonos fák magoncainak kapcsolatára a talajadottságok figyelembevételével. „Molekuláktól a globális folyamatokig” V. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia , Nyíregyháza, 2008. november 6-9. 71. p.
- B. Tóth B., Kata E., Nagy P.T., Krakomperger Zs., Tóth J.A (2008):The effect of litter quality and quantity on the interaction between ectomycorrhizal fungi and native tree seedlings, modulated by the soil environment. 21st New Phytologist Symposium The ecology of ectomycorrhizal fungi. Centre for Evolutionary &Functional Ecology (CEFE-CNRS) Montpellier, France, 10-12 December, 70. p.
- Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Papp M., Koncz G., Veres Zs., Fekete I., Vasenszki T., Tóth J.A. (2009): A klímaváltozás hatása a síkfőkúti cseres-tölgyes avarprodukciónak és faállományának felújulására. VI. Erdő és Klíma Konferencia. Nagyatád, 2009. október 8-9-10.

## Egyéb szakcikkek

- 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. Természetvédelmi Közlemények **13**: 93-100.