

Erdőtalan szerves-anyag mennyiségének változása avarmanipulációs kísérletek hatására (Síkfőkút Project)

Kotroczó Zsolt¹ – L. Halász Judit¹ – Krakomperger Zsolt² – Fekete István³ – D. Tóth Márta¹ – Vincze György¹ – Varga Csaba⁴ – Balázs Sándor¹ – Tóth János Attila²

¹Nyíregyházi Főiskola, Biológia Intézet, ²Debreceni Egyetem, Ökológiai Tanszék, ³Nyíregyházi Főiskola, Környezettudományi Intézet, ⁴Nyíregyházi Főiskola, Tájgazdálkodási és Vidékfejlesztési Tanszék
E-mail: kotroczo@kotroczo-zsolt.hu

Összefoglalás

A Szöllőskei Természetvédelmi Terület cseres-tölgyes erdőjében (*Quercetum petraeae-cerris*) 1972 óta folynak ökológiai kutatások. A kutatásokra kijelölt alaphektár és környéke 95 év körüli sarj eredetű erdőrészlet, amely évtizedek óta mentes az erdészeti beavatkozástól. Az elmúlt három évtized folyamán az erdő melegebbé és szárazabbá vált. Korábbi vizsgálataink szerint a klímaváltozás hatására az erdő struktúrája jelentős mértékben megváltozott (nagyarányú fapusztulás, el-cseresedés és az el-juharosodás). Megváltozott az avarprodukciónak a minőségi és mennyiségi összetétele is. Ennek alapján feltételezhető, hogy a klímaváltozás, az avarprodukciónak a változása, hatással lesz a talaj enzimaktivitás intenzitására, a talaj szerves anyagainak bomlás sebességére, és így a C:N arányra is. Azt vizsgáltuk, hogy a megváltozó különféle avar inputok hogyan hatnak ezekre a folyamatokra. Vizsgálatainkat az USA által koordinált ILTER (International Long Term Ecological Research) DIRT (Detritus Input and Removal Treatments) projekt keretében végezzük. Vizsgálataink szerint, elsősorban az avarprodukciónak a mesterséges csökkentése az a tényező, amely jelentősebb hatást gyakorol a talaj szén forgalmára, szemben azokkal a kezelésekkel, ahol az avar mennyiségét növeltük.

Summary

Ecological researches have been carried out in the oak-wood stand (*Quercetum petraeae-cerris*) of the 'Szöllőskei' Conservation Area since 1972. Together with its surroundings, the examined base hectare is an approximately 95 years old forest-section, which has been free from forester's interventions for years. During the past three decades, this forest became warmer and drier. According to our previous researches, structure of the forest changed considerably as a consequence of climatic changes. These changes include destruction of trees and increased spread of oaks and maples. Qualitative and quantitative composition of dry fallen leaves changed as well. As a consequence, climatic changes and production of fallen leaves supposedly influence the activity of soil enzymes as well as the decomposition of soil organic matters and consequently, the C/N ratio. We examined the effect of different inputs of fallen leaves on the aforementioned processes. Our researches have been carried out within the compass of ILTER DIRT project, which is coordinated by the USA. Primarily, artificial reduction of fallen leaves production is the factor, which influences

the carbon circulation in the soil, in contrast with the treatments, which increased the amount of dry fallen leaves.

Bevezetés

Számos szerző szerint a felmelegedéssel és a szárazodással járó globális klímaváltozás káros hatással lesz az erdőkre, amelyek a gyors éghajlati változáshoz aligha tudnak majd alkalmazkodni. Feltételezhető, hogy a faprodukciónak meg fog változni, az erdők kiterjedési öve északra húzódik, az őshonos fák helyét idegen fajok foglalják el, egyes alkalmazkodásra képtelen fajok akár ki is pusztulhatnak (BRIGHT, 1997; VÁRALLYAY, 2007; MÁZSA et al. 2006).

A napjainkban sokat emlegetett globális felmelegedést a „Síkfőkút Project” hosszú távú meteorológiai adatai is bizonyítják (ANTAL et al., 1997). Az adatok alapján megállapítható, hogy az elmúlt évtizedek folyamán, a szabadföldi területen és az erdő belsejében is az évi középhőmérséklet növekedett, az évi csapadékösszegek pedig csökkenő tendenciájúak voltak. A hőmérséklet emelkedés valamint az évi csapadék átlagok csökkenése következtében a relatív légnedvesség és a talaj nedvességtartalma is csökkent. A mérési adatok tehát azt mutatják, hogy az erdő-klíma melegebbé és szárazabbá vált (TÓTH et al., 2007a).

Nem kétséges, hogy a felmelegedés és a szárazodás jelentős szerepet játszott az 1970-es évek végétől kezdődő ún. „új típusú” fapusztulásban (ANTAL et al., 1997). A Síkfőkút Project közel 35 éves fennállása alatt, annak 1 ha-os magterületén a 95 éves átlagéletkorú, sarj eredetű erdő *Quercus petraea* fáinak 68,4 %-a elpusztult. Ennél kisebb mértékű volt a pusztulás a *Quercus cerris* esetében (15,87 %) (KOTROCZÓ et al., 2005). Figyelemre méltó, hogy az elmúlt 35 év folyamán egyetlen tölgy- vagy cser- magonc sem tudott fává fejlődni, azaz az erdő a tölgy fajok vonatkozásában nem képes felújulni. A vizsgált periódus további jelentős változása, az eljuharosodás, azaz az *Acer campestre* tömeges megjelenése (28,17 %) és térhódítása a lombkoronaszintben (KOTROCZÓ et al., 2007). További jelentős változás az erdő lágyszárú szintjének változása (PAPP et al., 2006) is. A lágyszárú növények pusztulásuk után további anyagok bejutását jelentik a talajba, amelyek szintén hozzájárulnak annak minőségi változásához (D. TÓTH et al., 2005; D. TÓTH et al., 2008). Nyilvánvaló, hogy az erdő strukturális változása maga után vonja az avarprodukciónak minőségi és mennyiségi összetételének a változását is, ami sokoldalúan befolyásolja a talaj mineralizációs és humifikációs folyamatainak intenzitását (VARGA et al., 2004b), szerves anyagainak a változását (VARGA et al., 2008). A klímaváltozás folyamán a felmelegedés valószínűleg növelni, ugyanakkor a szárazodás csökkenteni fogja az avarprodukciónak, azaz a két folyamat együttes hatása, eredője határozza meg a változások irányát, tendenciáját. A változó avartakaró hatására meg fog változni a talaj

hőmérséklete és nedvességtartalma, a talaj szerves anyagainak bomlási sebessége, ezáltal hatást gyakorolva a talaj enzimek aktivitására (FEKETE et al. 2007; HALÁSZ et al., 2008a), ezen keresztül a talajlégzésre is (KOTROCZÓ et al., 2008). A felmelegedés várhatóan jelentős hatással lesz a talaj mikroorganizmusok aktivitására, lebontó tevékenységére (HALÁSZ et al., 2008b), és ezzel a szerves anyag lebomlására is (VARGA et al. 2004b), valamint ezen keresztül a bioszféra globális szén körforgalomára is (TÓTH et al., 2007b). A kérdés tanulmányozására szabadföldi avarmanipulációs modellkísérletet állítottunk be. Vizsgálatainkat az USA által koordinált ILTER (International Long Term Ecological Research) DIRT (Detritus Input and Removal Treatments) project keretében végezzük, melynek az Egyesült Államokban öt, Európában két tagja van. A Síkfőkút DIRT Project nemzetközi projectben való részvételünk kutatásaink hatékonyságát jelentős mértékben megnöveli, mivel mód nyílik egyéb DIRT kutatóhelyek adataival való összehasonlítására, általánosabb érvényű összefüggések feltárására is. Jelenlegi vizsgálatunkban arra kerestük a választ, hogy a fenti, komplex folyamatban, a mesterségesen megváltoztatott avarmennység milyen mértékben változtatta meg a talajban egyes enzimek aktivitását, ezáltal a szerves anyagok mennyiségét.

Anyag és módszer

A terület bemutatása

A Síkfőkút LTER Projectet 1972-ben alapítottuk egy cseres-tölgyes erdő hosszú-távú ökológiai kutatására (JAKUCS, 1973). A 64 hektáros terület az Északi-középhegység bükkhegységi tagjának déli, dombvidéki táján, Egertől 6 km távolságra ÉK-i irányban található. Földrajzi koordinátái: északi szélesség 47°90'; keleti hosszúság 20°46', a tengerszint feletti magasság 320-340 m. A területet a hosszú-távú kutatások zavartalanságának biztosítása érdekében 1976-tól kutatási célú természetvédelmi területté nyilvánították. Ma már az erdőt természetközeli állapotúnak tekinthetjük, mivel a kutatási területen erdőművelési tevékenységet évtizedek óta nem végeznek, ugyanakkor a terület a cseres-tölgyesek zónájának megfelelő faji összetétellel rendelkezik.

A kísérleti parcellák létesítése és fenntartása

A síkfőkúti DIRT parcellák kialakítása az USA DIRT Projectben alkalmazott módszerek (NADELHOFFER et al., 2004; NEILSON et al., 1963) szerint történt 2000 novemberében. A hatféle kezelést (1. táblázat) háromszoros ismétlésben alkalmazzuk, így összesen 18 db modell parcellát állítottunk be. A parcellák mérete: 7 m x 7 m.

A Nincs Gyökér illetve a Nincs Input kezelések esetében a parcellákat 1 m mélyen körbeárkoltuk. A kiásott árokba gyökérálló Delta MS 500 típusú, 0,6 mm vastagságú, nagysűrűségű polietilén fóliát helyeztünk, a gyökerek kívülről történő benövésének megakadályozására. Ezeknél a parcelláknál, a gyökerek

növekedésének megakadályozására a cserjeszintet is teljesen eltávolítottuk, valamint a folyamatosan megjelenő, növényzetet is rendszeresen eltávolítjuk. Mivel a talaj legfelső, 50 cm-es rétegében a legnagyobb a mikrobiális aktivitás, és a talajminta-vételek is innét történnek, az 1 m-nél mélyebben található gyökereket nem tekintjük befolyásoló tényezőnek.

1. táblázat. A DIRT Projectben alkalmazott kezelések

Kezelés	Leírás
Kontroll (K)	Normál avar input
Nincs Avar (NA)	A talaj feletti avar inputot folyamatosan eltávolítjuk a parcelláról. Az avar eltávolítása gereblyézéssel történik.
Dupla Avar (DA)	A talaj feletti avar megduplázzuk annak az avarnak a felhasználásával, amelyet a Nincs Avar parcellákról távolítottunk el.
Dupla Fa (DF)	A talajfeletti fa inputot szét tört fadarabok hozzáadásával megduplázzuk.
Nincs Gyökér (NGY)	A gyökerek növekedését kizárjuk a parcellából.
Nincs Input (NI)	A föld feletti avar inputot kizárjuk, mint a Nincs Avar kezelés esetében, ill. a földalatti gyökéravart kizárjuk, mint a Nincs Gyökér parcellák esetében.

A parcellák karbantartását rendszeresen végezzük. Évente körülbelül 160 kg levélavart viszünk át a NA parcellákról a DA parcellákra, ugyanakkor a DF parcellák avarához 17 kg faavart adunk (JAKUCS, 1973). A NGY és a NI kezelésű parcellákról a növényzetet herbicides kezeléssel rendszeresen eltávolítjuk.

Vizsgálati módszerek

A talaj szén- és nitrogéntartalmának, valamint C:N arányának analízishez Vario EL C-H-N-O-S elementáris analizátort használtunk. A teljes szerves anyag tartalmat 2 órás 550 °C-os izzításos eljárással határoztuk meg. A foszfatáz aktivitást a p-nitrofenil-foszfátból, a β -glükózidáz aktivitást a p-nitrofenil- β -D-glukopiranosidból, felszabaduló p-nitrofenol mennyisége alapján mértük CALDWELL et. al. (1999) módszere szerint. A mintavételek során minden vizsgálat esetében ugyanazokat a talajmintákat használtuk. Minden parcellából 15 cm-es mélységből 6-6 furatot vettünk, majd a mintákat homogenizáltuk. Kezelésenként háromszoros ismétléssel dolgoztunk.

Alkalmazott statisztikai módszerek

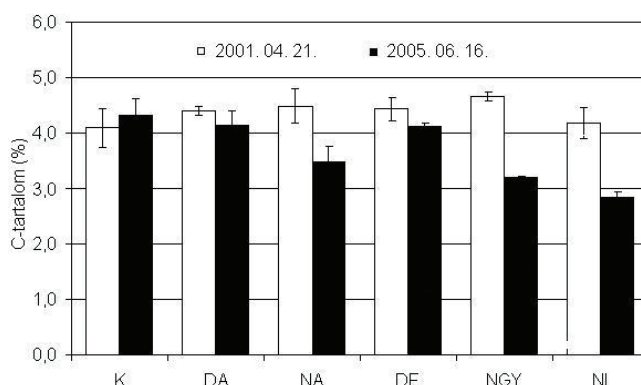
Az eredmények értékeléséhez varianciaanalízist használtunk (ANOVA). Szignifikancia szintként az 5 %-ot választottuk ($p=0,05$), tehát az egyes időpontokban, a parcellák eredményeinek az átlaga akkor egyezik meg

egymással, ha a variancia analízissel kapott p-érték nagyobb vagy egyenlő, mint 0,05. A talaj enzim aktivitása és a talaj C-tartalma közötti kapcsolat vizsgálatához korrelációanalízist alkalmaztunk, mellyel megállapítható, hogy két változó között van-e szignifikáns kapcsolat (PRÉCSÉNYI, 2000).

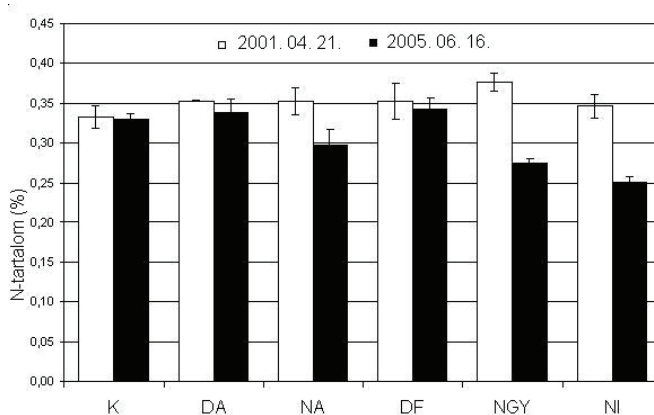
Eredmények és értékelésük

Talaj szerves szén- és nitrogéntartalom valamint szén – nitrogén arány (C:N)

A Kontroll, a Dupla Fa és a Dupla Avar kezeléseknél a talaj C és N-tartalma (1. és 2. ábra), valamint C:N aránya 5 év után lényegében nem változott, ugyanakkor a Nincs Avar, Nincs Gyökér és Nincs Input kezeléseknél csökkent. A plusz szerves anyag bevitel a Dupla Avar kezelés esetében nem növelte a talaj szerves C és N-tartalmát és a C:N arányát sem.

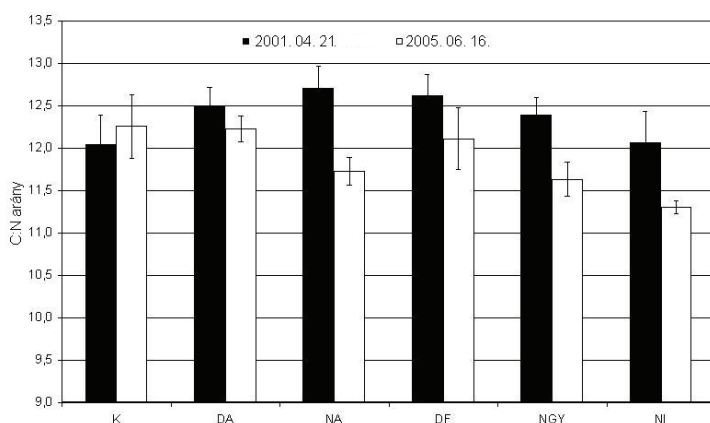


1. ábra. A talaj szerves széntartalma 0-10 cm-es talajmélységben



2. ábra. A talaj szerves nitrogéntartalma 0-10 cm-es talajmélységben

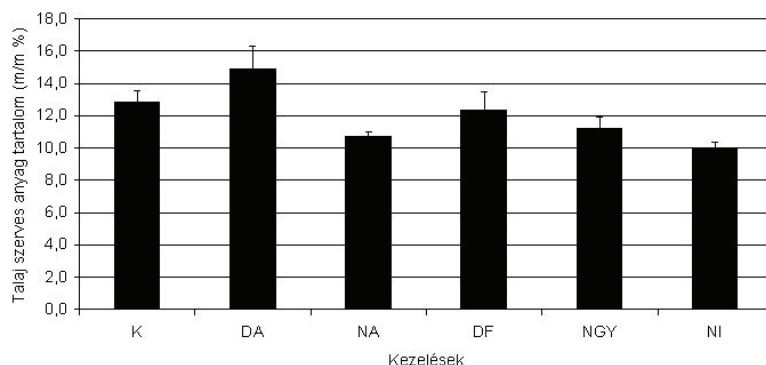
Hasonlóan az enzimaktivitáshoz a Dupla Avar kezeléseknél a talaj szén-tartalma sem különbözik a Kontrolltól. Azoknál a kezeléseknél viszont, ahol a talajba jutó szerves anyag mennyiségét megvontuk, csökkent a talaj szerves C és N-tartalma és C:N aránya is. Ebben az esetben mintavételenként és kezelésenként 15-15 minta átlagával számoltunk.



3. ábra. A talaj szén-nitrogén arányának (C:N) változása

Talaj szervesanyag-tartalom

A szervesanyag-tartalom változásában látszik, hogy a NI, NGY és NA kezeléseknél, ahol megvontuk az avar, a szerves anyag csökkent, és szignifikáns a különbség (4. ábra). Ezzel ellentétben ahol többlet avar bevétel volt, szignifikánsan nem növekedett a talaj szerves anyag tartalma.



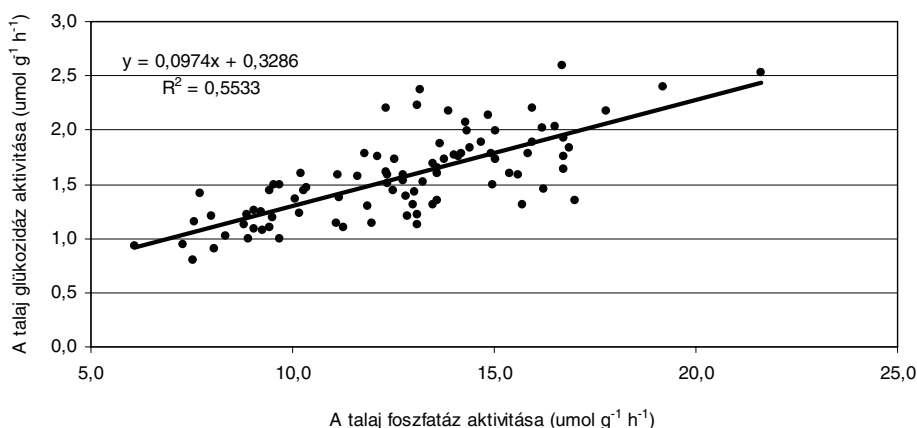
4. ábra. A talaj teljes szervesanyag-tartalmának alakulása (2001-2005. évek átlaga (kezelésenként 15 minta átlaga))

Ennek az lehet a magyarázata, hogy a plusz avar bevittel nem változik a lebomló avar mennyisége, a fölösleges avar az A_0 szintben felhalmozódik, azaz

a talajon lévő avarréteg vastagsága évről évre növekszik. Az avar bomlása valójában a fermentációs rétegben történik, ahol a vízaktivitás állandóan 1 közelében van, míg a felsőbb avarrétegben nem áll elegendő nedvességtartalom a mikroorganizmusok lebontó tevékenysége számára. Az ökoszisztéma évente csak bizonyos mennyiségű avar lebontására képes, úgy tűnik, ennek van egy maximális felső határa. Ennél több avar lebontására az ökoszisztéma nem képes, az avar a felső szinten felhalmozódik.

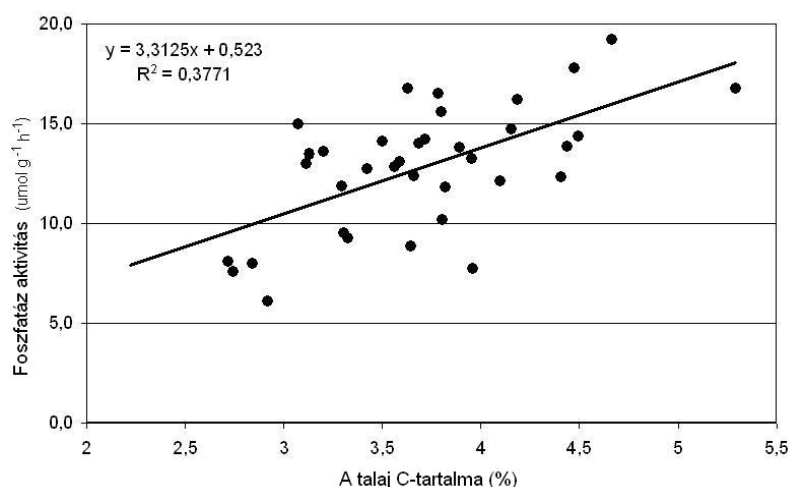
Talaj enzim-aktivitás

A talaj foszfatáz aktivitásának növekedésével párhuzamosan nő a talajban a glükózidáz aktivitása is (5. ábra). Az általunk tanulmányozott enzimek az eddigi vizsgálati periódusban (2001-2005) hasonló módon reagáltak a környezeti tényezők változására. Ezt KRAKOMPERGER et al. (2008) és FEKETE et al. (2008) eredményei is alátámasztották.

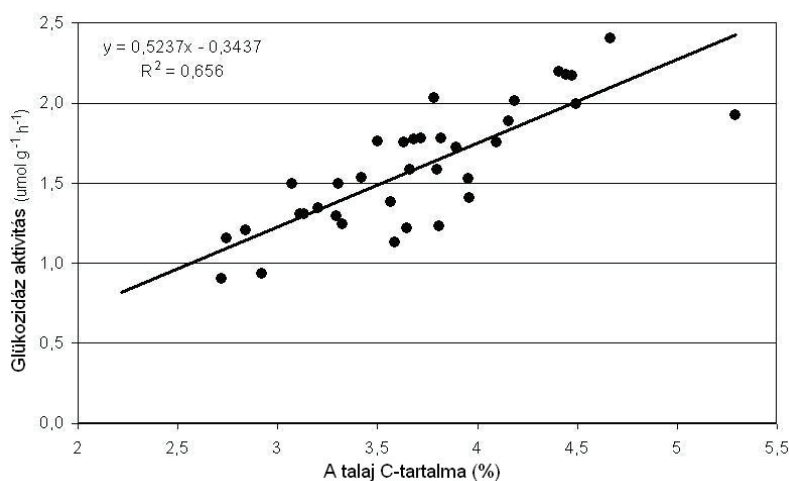


5. ábra. A talaj foszfatáz enzim aktivitás és β -glükózidáz enzim aktivitás kapcsolata (kezelésenként 45 minta átlaga)

A talajra jutó avarinput mennyiségének növelése szignifikánsan nem változtatta meg az enzimek aktivitását. A foszfatáz enzim esetében a Kontroll parcellák átlagos aktivitása 13,07 umol/g/h, a Dupla Avar parcellák átlagos aktivitása 13,59 umol/g/h. A glükózidáz esetében a Kontroll kezelések átlagos aktivitása 1,71 umol/g/h, a Dupla Avarnál 1,73 umol/g/h. Azon kezeléseknél viszont, ahol az avar mennyiségét csökkentettük, az idő függvényében az enzim aktivitás csökkent (a foszfatáz esetében 17-28 %-kal, a glükózidáz esetében 21-41 %-kal). Az enzimek aktivitása jól korrelál a talaj szerves szén-tartalmával (6. és 7. ábra).



6. ábra. A talaj foszfátáz enzim aktivitás és széntartalom kapcsolata (kezelésenként 15 minta átlaga)



7. ábra. A talaj glükózidáz enzim aktivitás és széntartalom kapcsolata, (kezelésenként 15 minta átlaga)

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki Erdei Irma főmunkatársnak a terepi vizsgálatok és a laboratóriumi mérések során végzett nélkülözhetetlen munkájáért. Továbbá köszönetünket fejezzük ki Kovács Zsófia Eszter, Koncz Gábor, Veres Zsuzsa Ph.D hallgatónak, Agócs József és Nánásy Tibor egyetemi hallgatónak a terepi mérések során nyújtott segítségükért.

Irodalomjegyzék

- 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, p.83.
- BRIGHT, C., (1997): Az éghajlatváltozás ökológiai következményei. In: A világ helyzete 1997. Föld Napja Alapítvány, pp. 86-104.
- CALDWELL, B.A., R.P. GRIFFITHS AND P. SOLLINS. (1999): Soil enzyme response to vegetation disturbance in two lowland Costa Rican soils. *Soil Biol. Biochem.* **31**. 1603-1608.
- D. TÓTH M., BALÁZSY S., ROHR, R. (2005): A parlagfű (*Ambrosia elatior* L.) kadmium-, réz-, nikkel- és cinktartalma ruderaliákon. *Agrokémia és Talajtan* **54**. 403-416.
- D. TÓTH M., J., L. HALÁSZ, ZS., KOTROCZÓ, GY., VINCZE, L., SIMON. (2008): Effect of cadmium, nickel, copper and zinc on metal uptake of ragweed (*Ambrosia elatior* L.) in pot experiments *Cereal Research Communications* **36**. 619-623.
- FEKETE, I., CS., VARGA, ZS., KOTROCZÓ, ZS., KRAKOMPERGER, J. A., TÓTH, (2007): The effect of temperature and moisture on enzyme activity in Síkfőkút Site. *Cereal Research Communications* **35**:2. 381-385.
- FEKETE, I., J., HALÁSZ, ZS., KRAKOMPERGER, E., KRAUSZ, (2008): Study of litter decomposition intensity in litter manipulative trials in Síkfőkút Cambisols. *Cereal Research Communications*. **36**. Suppl. 1779-1782.
- HALÁSZ, J., L., I. CHONKA, M. D. TÓTH, N. BOYKO, S. BALÁZSY (2008a): Microorganisms and enzyme activities in soil on the landfill sites in Bereg county. *Archives of Agronomy and Soil Science*. (in press)
- HALÁSZ, J., L., M. SZATHMÁRY, M. D. TÓTH, Z. DINYA, S. BALÁZSY. (2008b): Effect of pollution in the fatty acid composition of soil *Bacillus* strains. *Cereal Research Communications*. **36** Suppl. 1827-1831.
- JAKUCS P., (1973): „Síkfőkút Project”. Egy tölgyes ökoszisztéma környezetbiológiai kutatása a bioszféra-program keretén belül (Environmental-biological research of an oak forest ecosystem within the framework of the biosphere program). *MTA Biol. Oszt. Közl.*, **16**. 11-25.
- 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 Síkfőkút ILTER. *INTECOL ESA Joint Meeting in Montreal, Quebec, Canada*, p.348.
- 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.
- KOTROCZÓ, ZS., I., FEKETE, J. A., TÓTH, B., TÓTHMÉRÉSZ, S., BALÁZSY (2008): Effect of leaf- and root-litter manipulation for carbon-dioxide efflux in forest soil. *Cereal Research Communications* **36**. 663-666.
- KRAKOMPERGER, ZS., J. A., TÓTH, CS., VARGA, B., TÓTHMÉRÉSZ, (2008): The effect of litter input on soil enzyme activity in an oak forest. *Cereal Research Communications* **36**. Suppl., 323-326.
- MÁZSA K., HORVÁTH F., ASZALÓS R., & KOVÁCS G., (2006): A hazai erdőrezervátum-hálózat kialakulásának időszaka és aktuális kutatások a Vár-hegy Erdőrezervátum

- területén. In: Jelez a flóra és a vegetáció. (Szerk: Kalapos T.). 129-138. Scientia Kiadó, Budapest.
- Nadelhoffer, K., Boone, R., Bowden, R. D., Canary, J., Kaye, J., Micks, P., Ricca, A., McDowell, W., Aitkenhead, J., (2004): The DIRT experiment. In: Forests in Time. (Eds. Foster, D. R., Aber, D. J.). Yale Univ. Press, Michigan.
- NEILSON, G. A. AND F. D. HOLE, (1963): A study of the natural processes of incorporation of organic matter into soil in the University of Wisconsin Arboretum. Wisconsin Academic Review **52**, 231-227.
- PAPP M., KONCZ G., KOTROCZÓ ZS., KRAKOMPERGER ZS., MATUS G., TÓTH J.A. (2006): Cseres-tölgyes erdő lágyszárú szintjének hosszú távú vizsgálata. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében VII., Debrecen, Kitaibela **11**. 1. 71.
- PRÉCSÉNYI I., BARTA Z., KARSAI I. ÉS SZÉKELY T., (2000): Alapvető kutatástervezési, statisztikai és projektértékelési módszerek a szupraindividuális biológiában. Debreceni Egyetem Kossuth Egyetemi Kiadója, Debrecen.
- TÓTH J. A., K., LAJTHA, KOTROCZÓ ZS., KRAKOMPERGER ZS., B., CALDWEL, R. D., BOWDEN, PAPP M., (2007a): A klímaváltozás hatása az elhalt szerves anyag lebontási folyamataira. In: Erdő és Klíma **5**. NyME, Sopron. pp. 307-322.
- TÓTH, J. A., K. LAJTHA, ZS. KOTROCZÓ, ZS. KRAKOMPERGER, B. CALDWEL, R. D. BOWDEN, M. PAPP (2007b): The effect of climate change on soil organic matter decomposition. Acta Silvatica et Ligniaria Hungarica **3**. 75-85.
- VARGA, CS., BUBÁN, T., PISKOLCZI, M., (2004a): Effect of organic mulches on the quantity of microorganisms in soil of apple plantation. Workshop on „Orchard Management in Sustainable Fruit Production”. Poland, Skierniewice. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research **12**. 143-151.
- VARGA CS., HELMECZI B.: (2004b): A talajtakarás hatása néhány enzim aktivitására integrált gyümölcsös talajában. Agrártudományi Közlemények. **14**. 20-29.
- 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**. Suppl. 547-550.
- VÁRALLYAY, G.: 2007. LÁNG I., CSETE L., JOLÁNKAI M. (szerk): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok (A VAHAVA Jelentés). Agrokémia és Talajtan **56**. 1. 199-202.