

TELEPÍTETT KOCSÁNYTALAN TÖLGY ÉS AKÁC FIATALOSOK HATÁSA A TALAJ SZÉNKÉSZLETÉRE NÉHÁNY DUNÁNTÚLI ERDŐTELEPÍTÉS PÉLDÁJÁN

Bidló András¹, Szűcs Péter¹, Horváth Adrienn¹, Király Éva¹, Németh Eszter¹
és Somogyi Zoltán²

¹Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

²NAIK Erdészeti Tudományos Intézet, Erdőművelési és Ökológiai Osztály

Kivonat

Az erdei ökoszisztémák a szárazföldi vegetációk közül a legfontosabb széntárolók közé tartoznak, és nagy kiterjedésük miatt jelentős szerepet játszanak a globális szénkőrforgalomban. A talajban tárolt – a faanyaghoz hasonló nagyságrendű – szén mennyiségéről, és ennek az emberi tevékenységek hatására bekövetkező változásáról magyarországi viszonylatban kevés adatunk van. Vizsgálataink során hat-hat kocsánytalan tölgy és akác fafajú erdőtelepítés talajának szénttartalmát mértük fel. Az erdők talajában tárolt szén mennyiségét összehasonlítottuk a mellettük található, hasonló termőhelyi adottságokkal rendelkező szántók talajával. Megállapítottuk, hogy az erdők talajában az avartakaró és az alatta felhalmozódó humusz miatt több esetben nagyobb mennyiségű szén található, mint a szántókon. Ugyanakkor az egyes talajrétegek esetén a különbség nem egyértelmű. Kijelenthetjük, hogy az erdőtelepítések bőséges avarjuk és humuszszintjük miatt már viszonylag rövid idő (5–20 év) alatt is növelhetik a talajon és talajban a tárolt szén mennyiségét, így hozzájárulhatnak a légköri széndioxid szint csökkentéséhez.

Kulcsszavak: talaj szénkészlete, szén-raktározás, erdőtelepítés, akác, kocsánytalan tölgy, avar

THE EFFECT OF AFFORESTATIONS ON THE CARBON STOCK OF SOIL IN TRANSDANUBIAN REGION (HUNGARY)

Abstract

Forest ecosystems are the most important carbon sinks, and the forest soils play an important role in the global carbon cycle. We have little data on the carbon stock of soils and its change due to human activities, which have similar value to carbon content of biomass. In our investigation we measured the carbon stock of soil in six stands of *Quercus petraea* and six stands of *Robinia pseudoacacia* after afforestations. We compared the carbon stock of forests with that of neighboring arable lands of the same soil conditions. We found larger quantity of carbon under the forest stands than in the arable lands (including the forest litter). However, differences were less clear in case of soil layers. In any event, the afforestations increase the carbon stock of soil (including the forest litter), and contribute to the mitigation of atmospheric carbon-dioxide

Keywords: carbon sequestration, mitigation, afforestation, *Robinia pseudoacacia*, *Quercus petraea*, litter

Levelező szerző/Correspondence:

Bidló András, 9400 Sopron, Bajcsy Zsilinszky u. 4.; e-mail: abidlo@emk.nyme.hu



BEVEZETÉS

A globális klímaváltozás előtérbe helyezte annak igényét, hogy a lehető legpontosabban meghatározzuk az erdőállományok szénmegkötését. Ennek fő oka az, hogy a klímaváltozást nagyban előidéző légköri széndioxid koncentrációjának növekedését az erdőkből származó (pl. a fakitermelések miatt jelentkező) szénkibocsátás fokozhatja; a szén erdők általi lekötése viszont azt mérsékelheti. Egy erdőterület ilyen szempontok szerinti értéke attól függ, hogy az adott erdőterületen milyen természeti folyamatok, és milyen emberi beavatkozások történnek. Ez utóbbiak vonatkozásában a hazai erdőkben fenntartható gazdálkodás folyik, ami biztosítja azt, hogy az erdőkből származó kibocsátás minimális, míg a szénlekötés viszont maximális legyen. Ha viszont a klímaváltozás az erdők jelenleg várt – drasztikusnak mondható – átalakulását eredményezi, akkor az nemcsak az erdők szénlekötésének jelentős csökkenéséhez vezet, hanem esetleg számottevő széndioxid-kibocsátással is számolni kell (Somogyi 2008a).

Az erdei ökoszisztémákban a szén-raktározás számos komponenst – ún. széntárolót – foglal magában, így pl. faállományt, a talajt és ennek részeként az avartakarót. A teljes ökoszisztéma szén-raktározása nagy és dinamikus kapcsolatban áll a környezettel, és az erdei talajok is fontos szerepet játszanak a globális szén-körforgalomban (Detwiler és Hall 1988; Bouwman és Leemans 1995; Richter és mtsai 1995; Sedjo 1992; Jabágygy és Jackson 2000; Lal 2005). A tájhasználatban történt változások hatással vannak a szén-raktározásra valamint a körforgásra egyaránt. A degradált mezőgazdasági talajok kisebb szerves szénkészlettel rendelkeznek, mint amit a természeti környezet lehetővé tenne (Schlesinger 1985; Post és Mann 1990; Davidson és Ackerman 1993; Lal 2005). A talajművelés csökkenti a talaj aggregációját, redukálja a talaj szervesanyagának fizikai védelmét, gyorsíthatja a szervesanyag lebomlását, valamint növeli a talajeróziót (Paul és mtsai 2002; Lal 2003, 2004). Mezőgazdasági területek erdősítése vagy a művelés elhagyása következtében visszatérő természetes vegetáció képes megfordítani a degradációs folyamatokat, valamint megtartani és fokozni a talaj szén-készletét (Post és Kwon 2000; Silver és mtsai 2000; Ross és mtsai 2002). A talaj szén-tartalmának mennyisége és minősége alá van rendelve olyan komplex tényezők interakciójának, mint a klíma, a talajok, az erdőgazdálkodás, vagy akár az állományalkotó fafaj avarjának kémiai összetétele (Lal 2005). A degradált talajok helyreállítása, a fokozott biomasszaprodukció, hozzájárul az atmoszférikus szén-dioxid kibocsátás arányának csökkentéséhez, ezáltal a klímaváltozás mérsékléséhez.

Mérsékelt égövi területeken az erdőállományok az egyik legfontosabb természetes szénmegkötők. Az állományok szénkészletét vizsgálva megállapítható, hogy a szén igen jelentős része, gyakran, több mint fele, nem a fa-biomasszában, hanem a talajban tárolódik. A talajban tárolt szén nagy része a talaj szervesanyagában (humuszában) található. Magyarországon a szénkészlet nagyságának és változásának becslésével erdőben először Führer és Járó (1989) foglalkozott, majd ezt követően további publikációk is napvilágot láttak (Führer és mtsai 1991; Führer 1994; Führer és Molnár 2003; Führer és Mátyás 2005; ÁESZ 2005; Buzás 2007; Somogyi és Zamolodchikov 2007; Barcza és mtsai 2008; Juhász és mtsai 2008; Somogyi 2008a, 2008b; Führer és Jagodics 2009; Juhász és mtsai 2009; Bidló és mtsai 2011a, 2011b; Juhász és mtsai 2011). A hazai erdők szénlekötését kb. másfél évtizede nemzetközileg elfogadott módszerek (Gytarsky és mtsai 2003; Eggleston és mtsai 2006) hazai adaptációja (Somogyi 2008b) alapján becsülik, és a becslések eredményeit évente közzéteszik (ENSZ 2012). Ezeket a módszereket azonban csak részben tudjuk adaptálni a kisebb térségek, erdőrésztlet-adataiból levezetendő szénlekötésének a becslésére. Ez a módszertani adaptáció egy modell kiépítésének a formájában (CASMOFOR) már korábban nagyrészt elkészült (Somogyi 2010).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Mintaterületek



1. ábra: A vizsgálati területek elhelyezkedése
 Figure 1: The geographical location of sampling points

Vizsgálataink során két fajfaj: az akác és a kocsánytalan tölgy telepítéseinek a talaj szénkészletére gyakorolt hatását kívántuk megállapítani. A fajfaj választásnál figyelembe vettük, hogy melyek azok a fajfajok, amelyekkel hazánkban nagy kiterjedésű erdőtelepítés történik. A vizsgálati területek a Dunántúlon helyezkednek el (1. ábra). Az egyes állományokat úgy választottuk ki, hogy a telepítés óta különböző idő teljen el (3–27 év), és lehetőleg tájra „tipikus” termőhelyeket képviseljenek. Az állományok kiválasztásánál problémát jelentett, hogy az Erdőállomány Adattár az idősebb állományok esetén nem minden esetben tartalmazza, hogy erdőtelepítésre, vagy erdőfelújításra került-e már korábban sor. A vizsgált állományok minden esetben telepített erdők voltak. Az egyes állományokat térképen jelöltük, meghatároztuk a területek GPS-koordinátáit, illetve az állományok jellemzésére több fényképet készítettünk. A területek termőhelyi viszonyait az Erdőállomány Adattár adatai alapján, az 1. és a 2. táblázat tartalmazza, ahol az Erdőtervezési Útmutatóban alkalmazott rövidítéseket használtuk. Az adattárban szereplő termőhelyi besorolásokat a terepi vizsgálataink jórészt megerősítették.

1. táblázat: A vizsgált kocsánytalan tölgy erdőtelepítések legfontosabb adatai
 Table 1: The most important data of measured *Quercus petraea* plantation

Község, tag, részlet	Kor (év)	Klíma	Hidrológiai viszonyok	Genetikai talajtípus	Termőréteg vastagság	Fizikai féleség
Hedrehely 29/I	15	GYT	VFLEN	RBE	MÉ	Homok
Hedrehely 29/J	11	GYT	VFLEN	RBE	SE	Homok
Vítnyéd 37/C	21	KTT	VFLEN	CST	ISE	Vályog
Kőszegdoroszló 10/E	20	GYT	VFLEN	PBE	MÉ	Vályog
Vítnyéd2 16/B	24	KTT	VALT	ÖRT	KMÉ	Vályog
Ágfalva 13/A2	11	GYT	VFLEN	ABE	KMÉ	Vályog



2. táblázat: A vizsgált akác erdőtelepítések legfontosabb adatai
Table 2: The most important data of measured Robinia pseudoacacia plantation

Község, tag, részlet	Kor (év)	Klíma	Hidrológiai viszonyok	Genetikai talajtípus	Termőréteg vastagság	Fizikai féleség
Hedrehely 7/G	3	GYT	VFLEN	RBE	MÉ	Homok
Tokorcs 100/B	11	KTT	VFLEN	RBE	ISE	Homok
Kisbér 60/F	7	KTT	VFLEN	RBE	KMÉ	Homok
Hövej 14/A	9	KTT	VFLEN	BF	KMÉ	Vályog
Magyargencs 84/B	7	KTT	VFLEN	RBE	KMÉ	Homok
Magyargencs 85/A	9	KTT	VFLEN	KV	ISE	Durva homok

A vizsgált állományok, az erdészeti besorolás szerint, a gyertyános-tölgyes (GYT), illetve a kocsánytalan tölgyes ill. cseres (KTT) klímába tartoztak. Mindkét klíma alkalmas a zárt erdők létrejöttére, azonban a gyertyános-tölgyes klíma magasabb csapadék mennyiséggel és alacsonyabb hőmérséklettel jellemezhető. A vizsgált területeken csak a csapadékból származó víz állt a növények rendelkezésére, így többletvízhatástól független (VFLEN) hidrológiába tartoztak. Egy állomány esetén az Erdészeti Adattár változó vízellátást (VÁLT) jelzett, ezt azonban terepi tapasztalataink nem erősítették meg. A területeken a klimatikus viszonyoknak, az alapkőzetnek és az egyéb talajképződést meghatározó folyamatoknak megfelelően kavicsos vázталajjal (KV), cseri talajjal (CST), rozsdabarna erdőtalajokkal (RBE), barnafölddel (BFÖLD), agyagbemosódásos barna erdőtalajjal (ABE), podzolos barna erdőtalajjal (PBE) és öntés réti talajjal (ÖRT) találkoztunk. Nagy változatosság volt az egyes területeken a termőréteg vastagságában is, így az igen sekély (ISE) és sekély (SE) termőrétegű termőhelyek mellett, előfordultak közép mély (KMÉ) és mély (MÉ) termőréteggel is. Hasonlóan jelentős volt az eltérés a talaj fizikai féleségében is.

Arra nem volt lehetőségünk, hogy a telepítés előtti (sok évvel ezelőtti) állapotot vessük össze a jelenlegi állapottal, ezért ún. „hamis idősoros” vizsgálatot végeztünk, amelynek az volt a lényege, hogy egy időben vizsgáltuk a telepítés utáni és „előtti” állapotot. Azaz, az utóbbinál feltételeztük, hogy a telepítések közvetlen közelében lévő szántók, jelenleg azt az állapotot tükrözik, mint a telepített terület talaja a telepítés előtt. Igyekeztünk a telepítés közvetlen közelében lévő szántókat vizsgálni, feltételezve azt, hogy 50–100 méteren belül a termőhely jelentősen nem változik meg. Ennek elérése érdekében a vizsgálatokat olyan sík területen végeztük, ahol nem látszott változás a termőhelyben. Sajnos nem minden esetben volt lehetőségünk arra, hogy a szántó az erdő közvetlen közelében helyezkedjen el, illetve nem tudtuk megállapítani, hogy a szántón az elmúlt években milyen trágyázást alkalmaztak. Ennek ellenére – véleményünk szerint – a talajban bekövetkező főbb tendenciák kimutatására vizsgálatunk alkalmas. Két esetben (Hedrehely és Magyargencs községhatárok) egy-egy szántót, több erdőállomány kontroll területeként használtunk. Ezekben az esetekben is igyekeztünk biztosítani azt a feltételt, hogy a szántó az erdőállományok közelében legyen.

Terepi felvételek

Mivel korábbi vizsgálataink azt mutatták, hogy a talaj felső szintjeinek igen nagy a változatossága, az egyes mintavételi helyeken, egymáshoz közel 10–10 mintavételi pontot jelöltünk ki véletlenszerűen. Ez a mintaszám már lehetőséget ad arra, hogy a kisebb termőhelyi különbségekből adódó eltéréseket kiegyenlítsük. A mintavételi pontokon a talajból 100 cm³ térfogatú, Vér-féle henger segítségével bolygatatlan talajmintát vettünk a 0–5 cm-es, az 5–10 cm-es, a 10–20 cm-es, illetve a 20–30 cm-es szintből. A Vér-hengeres mintavételt

minden ponton, minden szintben háromszor végeztük el, és a három kivett mintát egy zacskóba tettük. Egy erdőállományból és a szántóterületről helyszínenként összesen 40–40 zacskónyi mintát gyűjtöttünk be. A Vér-féle hengeres mintavétel több esetben jelentős problémát okozott, mivel a talajokban nagy mennyiségű kavics volt. Ilyen esetekben a számítások során a terület átlagos térfogattömegével számoltunk, amit úgy képeztünk, hogy legalább 2–3 mintavételi pontban vettünk Vér-hengerrel mintát, majd ezek átlagával számoltunk. A talaj-minták vétele mellett az erdőállományokban mind a 10 mintavételi pontban, egy 30 × 30 cm-es fémkeret segítségével összegyűjtöttük az avartakarót is, amely alatt a nyers ásványi talajfelszín felett található bomlatlan és bomló avart értettük.

Laboratóriumi vizsgálatok

A laboratóriumba behozott talaj és avarmintákat kiszárítottuk, majd meghatároztuk a tömegét. A száraz tömeg alapján a talajok esetén az ismert (100 cm³) térfogat segítségével kiszámítottuk a térfogattömeget, az avartakaró esetén annak 1 ha-ra vett mennyiségét. A lemért talajmintákat a szokásos módon készítettük elő a további laboratóriumi vizsgálatokhoz (Bellér 1997). Az előkészített mintákból meghatároztuk a talajok vizes és kálium-kloridos kémhatását.

A talajok szén- illetve humusz-tartalmának meghatározására az irodalmakban többféle módszer szerepel. A nemzetközi irodalmakban jelenleg az ún. égetéses szén, illetve nitrogéntartalom meghatározás a legelterjedtebb. Ennek a meghatározásnak a hátránya, hogy a meszes talajokon csak korlátozottan, illetve bonyolult előkészítések után alkalmazható és a kapott eredmény még ebben az esetben sem megbízható. Előzetes vizsgálataink során megpróbáltuk összehasonlítani a különböző talaj szén-meghatározási eljárások alkalmazhatóságát és megbízhatóságát (Bidló és mtsai 2011b), és ezek alapján az ún. FAO eljárást alkalmaztuk (Bellér 1997). Mivel ennek a módszernek a leírását az irodalom (Bellér 1997) részletes tartalmazza, erre most nem térnénk ki.

A terepi és a laboratóriumi vizsgálati eredményeinket táblázatban rögzítettük, és Excel, illetve Statistica programok segítségével értékeltük. A különböző helyeken az erdők és a szántók azonos rétegeből vett mintáinak eredményét hasonlítottuk össze t-próbával. Szignifikáns eltérést akkor állapítottunk meg, ha annak valószínűségi szintje 95%-nál nagyobb volt. A mintavételnek megfelelően minden összehasonlításban 10–10 eredmény szerepelt.

EREDMÉNYEK

Mivel a két vizsgált faj eltérő tulajdonságokkal rendelkezik, az eredményeket külön értékeltük ki.

A kocsánytalan tölgy telepítések hatása a talajra

A talajok kémhatása

A talajok összehasonlítása érdekében meghatároztuk az egyes minták vizes kémhatását (3. táblázat). (A magasabb kémhatást a táblázatban zölddel emeltük ki.) Az eredményekből látható, hogy a mintaterületek talajának kémhatása gyengén savanyú, savanyú, illetve erősen savanyú volt. A legalacsonyabb átlagos kémhatást a Somogyi-Homokvidéken található Hedrehelyen mértük az egyik tölgyes alatt, míg a legmagasabb kémhatással Ágfalva községhatárában találkoztunk a szántó alatt. A mért kémhatások megfelelőek az erdőtenyészet számára, ugyanakkor a hazai talajoknak csak kisebb részére jellemzők, mivel Magyarországon



a talajképző kőzet leggyakrabban meszes. Megjegyezzük, hogy szándékosan választottunk ki savanyú talajokat a vizsgálatra, mivel ezeknél nem kellett számolnunk a szénsavas mész széntartalmának hatásával. Bár az egyes kezelések (telepítés és szántó) talajának kémhatásában nem volt jelentős különbség, ennek ellenére a legtöbb esetben az eltérés szignifikáns volt. A területek felében az erdőállomány, másik felében a szántó alatt tapasztaltunk magasabb kémhatást). Ennek megfelelően az eltérést nem tudjuk az erdőtelepítés hatására visszavezetni. Mivel az összehasonlított területek egymáshoz közel helyezkednek el, a különbségnek valószínűleg nincsen termőhelyi oka. További vizsgálatokat igényelhet, hogy a gazdálkodás (pl. trágyázás) miként befolyásolhatja a talajok kémhatását.

3. táblázat: Az egyes talajrétegek átlagos ($n=10$ db) kémhatása ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) a kocsánytalan tölgy állományokban és a szántókon (*=szignifikáns eltérés a szántóhoz képest)

Table 3: The average acidity ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) of individual soil layers ($n=10$) in *Q. petraea* plantation and in neighbouring arable land (*= significant deviation compared to arable field)

Községhatár	KTT állomány				Szántó			
	0-5	5-10	10-20	20-30	0-5	5-10	10-20	20-30
	cm							
Hedrehely 29/I	4,36	4,45*	4,47*	4,39*	4,30	4,01	4,14	3,97
Hedrehely 29/J	4,42	4,39*	4,54*	4,64*	4,30	4,01	4,14	3,97
Vitnyéd 37/C	5,88*	5,58	5,71*	5,96*	5,39	5,16	5,11	5,08
Kőszegdorosló 10/E	4,31*	4,13*	4,09*	4,20*	5,76	5,72	5,58	5,73
Vitnyéd 16/B	5,23	5,17*	5,03*	4,91*	5,47	5,90	5,92	5,88
Ágfalva 13/A2	5,73*	5,63*	5,69*	5,88	6,04	6,07	6,02	6,02

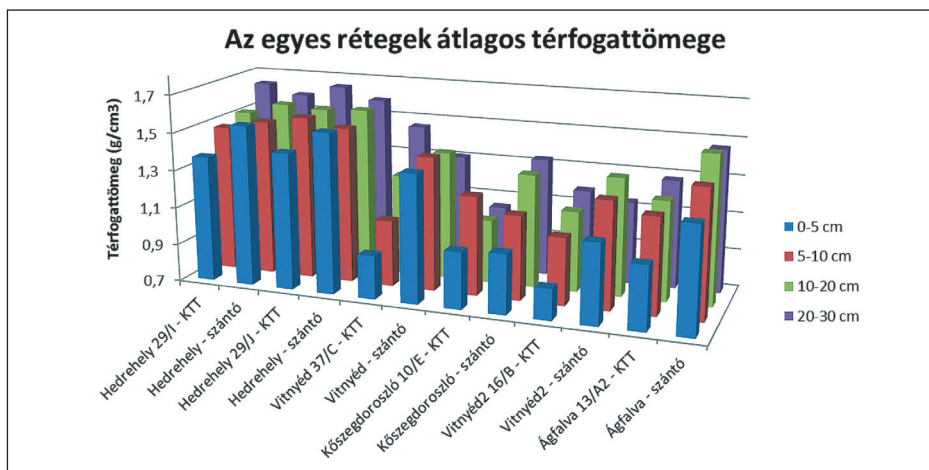
4. táblázat: Az egyes talajrétegek átlagos ($n=10$ db) humusztartalma (%) a kocsánytalan tölgy állományokban és a szántókon (*=szignifikáns eltérés a szántóhoz képest)

Table 4: The average humus content (%) of individual soil layers ($n=10$) in *Q. petraea* afforestations and in neighbouring arable land (*= significant deviation compared to arable field)

Községhatár	KTT állomány				Szántó			
	0-5	5-10	10-20	20-30	0-5	5-10	10-20	20-30
	cm							
Hedrehely 29/I	1,74*	0,90*	0,94	0,78*	1,61	1,43	1,19	1,36
Hedrehely 29/J	1,18	0,99	0,85*	0,83*	1,61	1,43	1,19	1,36
Vitnyéd 37/C	4,98*	3,54*	2,82	2,15	2,37	2,36	2,15	2,25
Kőszegdor. 10/E	6,51*	2,98	2,57	2,05*	2,76	2,75	2,83	2,93
Vitnyéd 16/B	7,02*	6,90*	5,65*	3,85	4,03	3,56	3,55	3,38
Ágfalva 13/A2	6,08*	4,41*	3,73*	3,22*	3,32	3,12	2,49	2,14

Eleméztük a talajok humusztartalmát (4. táblázat). Az egyes mintavételi pontokban jelentősen különbözött a talaj szervesanyag-tartalma. Az előzetes elvárásoknak megfelelően, a szervesanyag-tartalom az összes mintavételi pontban a legfelső humuszban gazdag 0–5 cm-es rétegben volt a legnagyobb és lefelé haladva fokozatosan csökkent. Az eredmények megerősítik Führer (2005) méréseit, miszerint egy természetes időskorú kocsánytalan tölgyes erdőben, ahol az erdei ökoszisztéma hatása már generációkon keresztül érvényesül, a felső 10 cm-es mélységben a szerves szén koncentrációja 2,3-szor, 3,3-szor és 4,8-szor volt magasabb, mint a 10–20, 20–30 és

a 30–40 cm-es talajrétegekben. Természetesen a rendszeresen forgatott szántó esetén ez a tendencia nem jelentkezik ilyen élesen. Ugyanakkor a közös tendenciák mellett, igen nagy különbség volt a vizsgálati pontok humusztartalmában. Hedrehely községhatár savanyú homok talajának humusztartalma az összes minta esetén alacsony volt. Ez egyaránt igaz az erdő és a szántó területekre is. Ugyanakkor ezen a területen, a legtöbb esetben, a szántó terület talajának humusztartalma magasabb volt, mint az erdőterületé. Ennek okát pontosan nem tudjuk, egyrészt lehetséges, hogy a terület kiválasztása nem volt megfelelő (a szántó és az erdő távolsága mintegy 500 méter volt), másrészt lehetséges, hogy az erdő telepítése előtti esetleges mélyforgatás csökkentette le a talajrétegek humusztartalmát. A többi vizsgálati pont vályog fizikai féleségű talaja kedvezőbb humuszellátottsággal rendelkezett. Ezeknél a pontoknál a legtöbb helyszínen és szintben az erdőállomány alatt volt magasabb a talaj humusztartalma, kivéve két esetben az alsó réteget. Az eltérés a legtöbb esetben szignifikáns volt. Összefoglalva megállapítható, hogy a kocsánytalan tölgy fiatalosok talajainak humusztartalma Hedrehely kivételével magasabb volt, mint a szántókon. Már az is megfigyelhető volt, hogy az erdő működésének (szervesanyag-forgalmának) hatására a felsőbb talajrétegekben a humusz-felhalmozódás elindult.



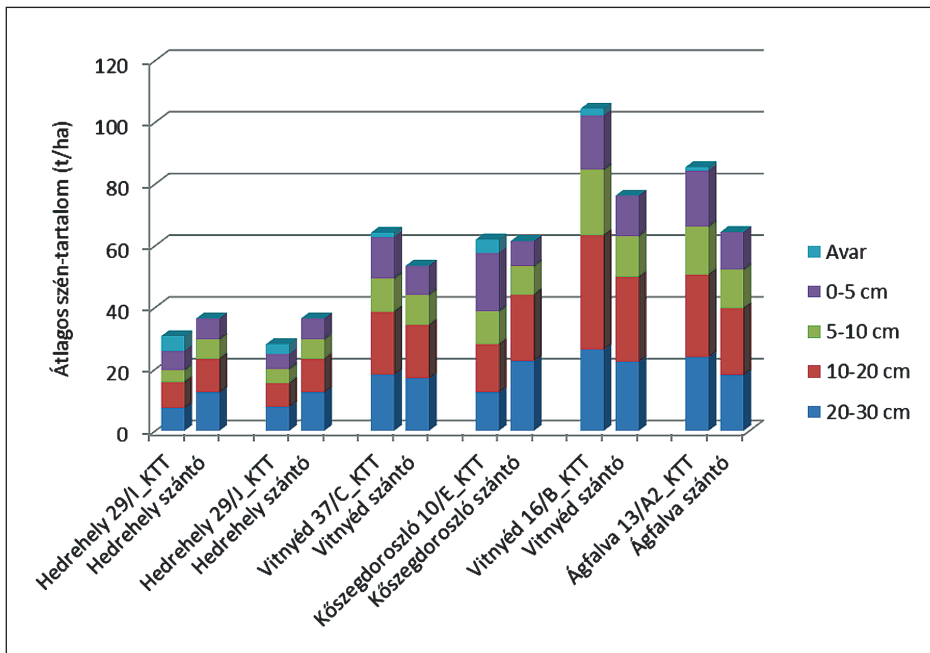
2. ábra: Az egyes rétegek átlagos térfogattömege
 Figure 2: The average volume mass of individual soil layers

5. táblázat: Az egyes talajrétegek átlagos (n=10 db) szénkészlete (C t/ha) a kocsánytalan tölgy állományokban és a szántókon (*=szignifikáns eltérés a szántóhoz képest)

Table 5: The average carbon stock (C t/ha) of individual soil layers (n=10) in Q. petraea plantation and in neighbouring arable land (*= significant deviation compared to arable field)

Községhatár	KTT állomány					Szántó			
	Avar	0-5	5-10	10-20	20-30	0-5	5-10	10-20	20-30
		cm							
Hedrehely 29/I	4,77	6,2	3,9*	8,3	7,5*	6,8	6,3	10,8	12,5
Hedrehely 29/J	3,19	4,9	4,6	7,6*	7,8*	6,8	6,3	10,8	12,5
Vitnyéd 37/C	1,37	13,5*	10,8	20,3	18,2	9,5	9,7	17,2	17,1
Kőszegdor. 10/E	4,32	18,9*	10,6	15,5	12,6*	8,2	9,2	21,4	22,7
Vitnyéd 16/B	2,15	17,6*	21,2*	37,0	26,3	13,3	13,2	27,4	22,4
Ágfalva 13/A2	1,06	18,2*	15,5*	26,6*	24,0*	12,2	12,5	21,3	18,1

A humusztartalom és a térfogattömeg (2. ábra) segítségével számítottuk ki az egyes rétegekben tárolt szén mennyiségét (5. táblázat). Az ábrából (2. ábra) jól látható, hogy az elvárásoknak megfelelően a térfogattömeg a felső szintekről lefelé haladva nő. Az erdők alatt a térfogattömeg általában kisebb, mint a szántók alatt, ennek oka az lehet, hogy az erdőkben az elmúlt években (évtizedekben) nem tömörödött a talaj, míg a szántókön a rendszeres talajművelés hatására folyamatos a tömörödés, amit a talajművelés lazító hatása sem tudott ellensúlyozni. Külön számítottuk az avarban tárolt szén mennyiségét is. Vizsgálataink eredménye azt mutatta, hogy az előzetes elvárásoknak megfelelően a humusztartalomhoz hasonló képet kaptunk, az eltérések az eltérő térfogattömegekre vezethetők vissza. Hedrehely községhatárban a szántó talajának egyes rétegeiben tárolt szén mennyisége magasabb volt, mint az erdő alatt talált szén mennyiség. A többi vizsgálati helyen, az erdők talajának egyes rétegeiben tárolt szén mennyisége nagyobb volt, mint a szántókön tárolt szén mennyisége, még azokban a rétegekben is, ahol a szántó humusztartalma magasabb volt. A különbség azonban sok esetben nem szignifikáns.



3. ábra: A vizsgált területeken a talaj és az avar átlagos szénkészlete (C t/ha)
Figure 3: The average carbon stock of soil and litter in measured points (C t/ha)

Az egyes rétegekben tárolt szén mennyiségi vizsgálata után meghatároztuk, hogy az avartakaróban és a talaj felső 30 cm-es rétegében összesen mennyi szén tárolódik a vizsgált területeken (3. ábra). Az összesített eredmény azt mutatja, hogy az avartakaró szénmennyisége általában nem tudja ellensúlyozni a talaj magasabb széntartalmát, így azokon a területeken, ahol a talajban alacsonyabb volt az erdők alatt a szénkészlet, az összes szénkészlet is alacsonyabb volt. Míg az erdőállományok alatt a talajok és az avartakaró összes szénkészlete 28,1 és 104,4 C t/ha között, addig a szántók szénkészlete – a vizsgált szintekben – 36,4 és 76,2 C t/ha. Ezen adatok nagyságrendileg azonosak Führer és Jagodics (2009) által három középkorú ökoszisztémában mért adatokkal ugyanakkor azoknál kissé magasabbak. További állományok vizsgálatát igényli annak megállapítása, hogy mi lehet az eltérés oka.

Az akác telepítések hatása a talajra

A talajok kémhatása

6. táblázat: Az egyes talajrétegek átlagos ($n=10$ db) kémhatása (pH_{H_2O}) az akác állományokban és a szántókon
 (*=szignifikáns eltérés a szántóhoz képest)

Table 6: The average acidity (pH_{H_2O}) of individual soil layers ($n=10$) in *R. pseudoacacia* plantation and in neighbouring arable land
 (*= significant deviation compared to arable field)

Községathár	Akác állomány				Szántó			
	0-5	5-10	10-20	20-30	0-5	5-10	10-20	20-30
	cm							
Hedrehely 7/G	4,17	4,24	4,11	4,20*	4,30	4,01	4,14	3,97
Tokorcs 100/B	5,45	5,18*	5,21*	5,22*	5,55	5,55	5,51	5,60
Kisbér 60/F	5,38*	4,80*	4,53	4,53	4,49	4,30	4,42	4,56
Hövej 14/A	6,74*	6,65*	6,68*	6,83*	5,90	5,86	5,83	5,84
Magyargencs 84/B	4,21*	4,18*	4,30*	4,46*	5,82	5,83	5,78	5,78
Magyargencs 85/A	4,21*	4,26*	4,39*	4,45*	5,82	5,83	5,78	5,78

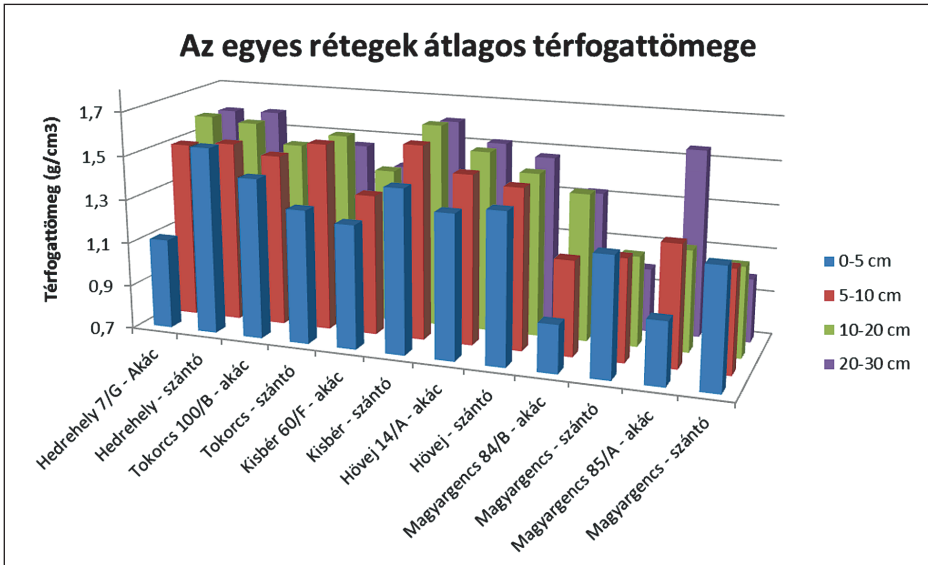
A vizsgált területek kémhatásának átlaga 4,0 és 6,8 között volt, ami savanyú illetve a gyengén savanyú kémhatásnak felel meg (6. táblázat). A legalacsonyabb kémhatást Hedrehelyen a szántó alatt, a legmagasabb kémhatás Hövej községathárban az erdő alatt mértük. A egyes mintavételi helyeken az erdők és a szántók kémhatása között nem volt jelentős különbség, bár Hövej esetében az erdő alatt, Magyargencs esetén a szántó alatt volt szignifikánsan magasabb a kémhatás. Véleményünk szerint a kémhatás különbségek itt sem vezethetők vissza az erdőtelepítés hatására.

7. táblázat: Az egyes talajrétegek átlagos ($n=10$ db) humusztartalma (%) az akác állományokban és a szántókon
 (*=szignifikáns eltérés a szántóhoz képest)

Table 7: The average humus content (%) of individual soil layers ($n=10$) in *R. pseudoacacia* plantation and in neighbouring arable land
 (*= significant deviation compared to arable field)

Községathár	Akác állomány				Szántó			
	0-5	5-10	10-20	20-30	0-5	5-10	10-20	20-30
	cm							
Hedrehely 7/G	4,20*	1,65	1,09	0,72*	1,61	1,43	1,19	1,36
Tokorcs 100/B	3,06*	2,33*	2,22*	2,19	2,02	2,08	2,00	2,03
Kisbér 60/F	2,05*	1,58*	1,41*	1,54*	1,31	1,20	1,03	0,96
Hövej 14/A	2,99	2,59*	2,25*	2,19	2,84	3,10	2,99	2,51
Magyargencs 84/B	10,92*	4,62*	3,17*	2,74	2,84	2,79	2,75	2,70
Magyargencs 85/A	6,71*	3,52*	2,96	3,06*	2,84	2,79	2,75	2,70

Az egyes mintavételi pontok talajának humuszkészletében, amit a humusztartalom és a térfogattömeg (4. ábra) segítségével számoltunk igen nagy különbség volt (7. táblázat). A legalacsonyabb humusztartalmakat a Hedrehelyi községathárban mértük, de alacsony volt a szerves anyag tartalom Kisbér és Tokorcs községathárban is. Mindhárom terület rozsdabarna erdőtalajjal és homok fizikai féleséggel volt jellemezhető. Kedvezőbb volt a humusztartalom Hövej községathár vályogos barnaföldjén, illetve Magyargencs 85/A



4. ábra: Az egyes rétegek átlagos térfogattömege
Figure 4: The average volume mass of individual soil layers

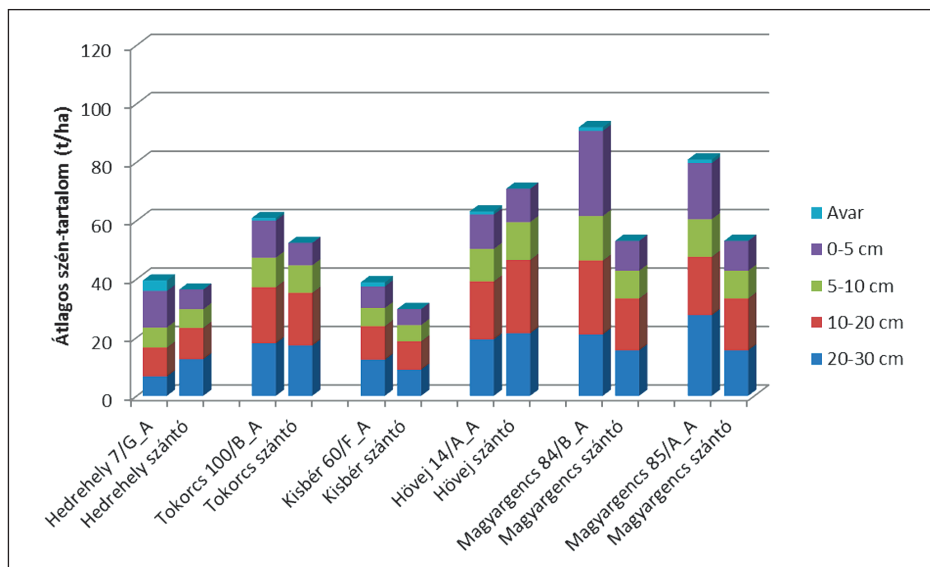
erdőrészlet durva homok fizikai féleségű kavicsos váztalaján. Utóbbi esetben kérdéses, hogy az Erdőállomány Adattárban szereplő termőhelyi besorolás megfelelő-e. Legmagasabb humusztartalommal Magyargencs 84/B erdő részletben talákoztunk, ahol homok fizikai féleségű rozsdabarna erdőtalaj szerepel az Erdőállomány Adattárban. Az erdők és a szántók talajának humusztartalmát összehasonlítva megállapítható volt, hogy a legtöbb vizsgált helyen az erdők alól vett minták humusztartalma magasabb volt az egyes rétegekben, mint a szántók alól vett mintáké. A mélyebb rétegek felé haladva a különbség csökkent, sőt egyes esetekben megfordult. Ennek oka lehet az, hogy az erdők alatt, mivel nincs forgatás, a szerves anyag elsősorban a felszínen (avartakaró), illetve a felsőbb szintekben halmozódik fel és csak lassan kerül a biológiai folyamatok révén a mélyebb talajrétegekbe.

8. táblázat: Az egyes talajrétegek átlagos ($n=10$ db) szénkészlete (C t/ha) az akác állományokban és a szántókon
(*=szignifikáns eltérés a szántóhoz képest)

Table 8: The average carbon stock (C t/ha) of individual soil layers ($n=10$) in *R. pseudoacacia* plantation and in neighbouring arable land
(*= significant deviation compared to arable field)

Községhatár	Akác állomány					Szántó			
	Avar	0-5	5-10	10-20	20-30	0-5	5-10	10-20	20-30
		cm							
Hedrehely 7/G	3,61	12,5*	6,8	9,9	6,7*	6,80	6,3	10,8	12,5
Tokorcs 100/B	0,89	12,7*	10,1	19,2	18,0	7,7	9,4	18,0	17,2
Kisbér 60/F	1,42	7,4*	6,2	11,5*	12,4	5,53	5,53	9,71	8,99
Hövej 14/A	1,05	11,8	11,1	19,9*	19,3	11,4	12,9	25,1	21,4
Magyargencs 84/B	1,26	29,1*	15,2*	25,3*	21,0*	10,2	9,5	17,8	15,6
Magyargencs 85/A	1,21	19,2*	12,8*	20,0*	27,6*	10,25	9,47	17,77	15,58

A kocsánytalan tölgyesekhez hasonló módon számítottuk az erdők alatt található összes szén mennyiségét. Az eredmény megegyezett a humusztartalmi értékekkel (8. táblázat). A felső rétegekben itt is egyértelműen jelentkezett az erdőállományok előnye, míg lefelé haladva ez az előny csökkent, illetve megfordult. Ennek ellenére a hat vizsgált állomány közül négy állomány összes talajrétegében az erdők alatt mértünk magasabb szénkészletet. Kissé változtat az eredményen, ha az avartakaróban tárolt szénkészletet is figyelembe vesszük (5. ábra).



5. ábra: A vizsgált területeken a talaj és az avar átlagos szénkészlete (C t/ha)

Figure 5: The average carbon stock of soil and litter in measured points (C t/ha)

ÉRTÉKELÉS

A vizsgált hat kocsánytalan tölgy és hat akác állomány alapján kijelenthetjük, hogy az erdők talajában, az erdőtelepítés után több esetben mértünk megnövekedett széntartalmat a szántókhoz képest. Ez az adat megegyezik a korábbi hazai vizsgálatok eredményével (Horváth 2006). A növekedésnek két oka lehet. Egyrészt az erdőállományokból – különösen a telepítés utáni években – nem viszünk el szerves anyagot, így a lehulló levelek, gallyak folyamatosan felhalmozódnak az avarban (Járó 1958), amely fokozatosan alakul át humuszanyagokká, másrészt a szántón korábban jellemző, de a telepítés után megszűnő talajművelés miatt csökken a humuszlebomlás, hiszen az erdő talajrétegeiben rosszabbak a körülmények (kevesebb az oxigén) a lebontáshoz. A széntartalom növekedés azonban a talajban nem egyértelmű. További nagyszámú vizsgálatot igényel annak bemutatása, hogy a növekedés mely termőhelyen és fajfajok esetén igaz. Ugyanakkor meg kell jegyeznünk, hogy munkánk során nem vettük figyelembe a föld feletti állomány szénkészletét.

Vizsgálataink megmutatták, hogy az erdei ökoszisztémák talajának széntartalma elérheti, egyes esetekben meghaladhatja a föld feletti szervesanyagban tárolt szén mennyiségét. Az erdészeti beavatkozások nagyban befolyásolhatják az ökoszisztémák szénkészletét. Az erdőtelepítések során érdemes lenne számításba venni a talajok szénkészletének várható növekedését, és ez fontos érvként szolgálhat az erdőtelepítések mellett kiálló politikai és szakmai erőknél, döntéseik megalapozásához. Ha megfelelő számú adattal rendelkezniénk az erdőtelepítések szénmegkötéséről, akkor ez lehetővé tenné, hogy ezeket is bevonjuk Magyaror-



szágnak a Kiotói Jegyzőkönyv hatálya alatti szénkészlet-változási elszámolásába. Ezen keresztül esetleg egy újabb támogatási forrást nyerhetne az erdőgazdálkodás, éppen pl. erdőtelepítések finanszírozására.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a Vidékfejlesztési Minisztérium támogatásával, és az „Agrárklíma: Az előrevetített klímaváltozás hatáselemzése és az alkalmazkodás lehetőségei az erdészeti és agrárszektorban” című (TÁMOP–4.2.2.A–11/1/KONV–2012–0013) projekt keretében valósult meg. A szerzők köszönetet mondanak Varga Zsófia és Stark Miklósné laboránsoknak, valamint Tímár József és Hartmann Ádám erdőmérnököknek a munka támogatásért.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- ÁESZ 2005: Hungary 2005. Global Forest Resources Assessment, Country Report 023, Rome.
- Barcza, Z.; Haszpra, L.; Somogyi, Z.; Hidy, D.; Churkinak, G. and Horváth, L. 2008: Estimation of the biospheric carbon dioxide budget of Hungary using the BIOME-EGC model. *Időjárás, Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 113: 203–219.
- Bellér P. 1997: Talajvizsgálati módszerek. Egyetemi jegyzet, Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Termőhelyismerettani Tanszék, Sopron, 118 pp.
- Bidló, A.; Juhász, P.; Szűcs, P. and Ódor, P. 2011a: Carbon stock of the soil in some West-Hungarian forested lands, *Geophysical Research Abstracts*, 13, EGU2011-7803, EGU General Assembly.
- Bidló A.; Horváth A.; Kámán O.; Szűcs P. és Varga Zs. 2011b: Szén-, illetve humusz-tartalom meghatározási módszerek összehasonlító értékelő vizsgálata. *Kutatási jelentés, Sopron*, 22 p.
- Bouwman, A.F. and Leemans, R. 1995: The role of forest soils in the global carbon cycle. In: McFee, W. and Kelly, J.M. (eds): *Carbon forms and functions in forest soils*. Soil Science Society American, Madison, WI, 503–525.
- Buzás Z. 2007: Erdészeti politikánk „jutalma”. *Erdészeti Lapok*, 142 (7–8): 253–255.
- Davidson, E.A. and Ackerman, I.L., 1993: Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry*, 20: 161–193.
- Detwiler, R.P. and Hall, C.A.S. 1988: Tropical forests and the global carbon cycle. *Science*, 239: 42–47.
- Eggleston, H. S.; Miwa, K.; Ngara, T. and Tanabe, K. (eds) 2006: IPCC 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Hayama, Japan.
- ENSZ 2012: National Inventory Submissions 2011. http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/6598.php
- Führer E. és Járó Z. 1989: Az éghajlat változékonyságának és feltételezett változásának hatása az erdőállományokra, az erdőgazdálkodásra. In: *Az éghajlat változékonysága és változása I. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, Országos Meteorológiai Szolgálat*, 63–69.
- Führer E.; Járó Z. és Márkus L. 1991: A magyarországi erdők szénmegkötő képessége és éghajlati hatások a hosszú termesztési idejű fák növekedésére. In: *Az éghajlat változékonysága és változása II. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, Országos Meteorológiai Szolgálat*, 67–73.
- Führer E. 1994: A klímaváltozás és a szénforgalom összefüggése az erdőgazdálkodásban. *Biotechnológia és környezetvédelem*, 1.
- Führer E. és Molnár S. 2003: A magyarországi erdők élőfakészletében tárolt szén mennyisége. *Faipar*, 6 (2): 16–19.
- Führer E. és Mátyás Cs. 2005: A klímaváltozás hatása a hazai erdők szénmegkötő képességére és stabilitására. *Magyar Tudomány*, 166 (7): 837–841.
- Führer E. 2005: Az erdőgazdálkodás talajtani vonatkozásai. In: Stefanovits P. és Michéli E. (eds): *Talajok jelentősége a 21. században*. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, 97–117.
- Führer E. és Jagodics A. 2009: A klímajelző fafajai állományok szénkészlete. *„KLÍMA-21” Füzetek*, 57: 43–55.

- Gytarsky, M.; Krug, T.; Kruger, D.; Pipatti, R.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K.; Wagner, F. and Penman, J. (eds) 2003: IPCC 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Intergovernmental panel of climate change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama Japan.
- Horváth, B. 2006: Kohlenstoff-Akkumulation im Boden nach Neuaufforstungen: Beitrag zur Reduzierung der C-Emission in Ungarn? Forstarchiv, 77: 63–68.
- Járó Z. 1958: Alommennyiségek a magyar erdők egyes típusaiban. Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények, 1: 151–160.
- Jabágygy, E.G. and Jackson, R.B., 2000: The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. Ecological Applications, 10: 423–436.
- Juhász P.; Bidló A.; Heil B.; Kovács G. és Patocskai Z. 2008: Bükkös állományok szénmegkötési potenciálja a Mátrában. Talajvédelem Különszám, Talajvédelmi Alapítvány, Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza, 409–416.
- Juhász P.; Bidló A.; Heil B. és Kovács G., 2009: Erdősítendő gyepterületek talajának szénmegkötési potenciálja a Cserehátban. In: Lakatos F. és Kui B. (eds): NYME EMK, Kari Tudományos Konferencia Kiadvány. NYME Kiadó, Sopron, 96–99.
- Juhász P.; Bidló A.; Ódor P. és Szűcs P. 2011: Erdőtalanok széntartalmának vizsgálata őrségi fenyőlevegyes lombterületeken. In: Lakatos F.; Polgár A. és Kerényi-Nagy V. (eds): Tudományos Doktorandusz Konferencia, NYME EMK, Konferencia-kötet, Sopron, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 149–153.
- Lal, R. 2003: Soil erosion and the global carbon budget. Environment International, 29: 437–450.
- Lal, R. 2004: Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, 123: 1–22.
- Lal, R. 2005: Forest soils and carbon sequestration. Forest Ecology and Management, 220: 242–258.
- Paul, K.I.; Polgase, P.J.; Nyakuengama, J.G. and Khanna, P.K. 2002: Change in soil carbon following afforestation. Forest Ecology and Management, 168: 241–257.
- Post, W.M. and Kwon, K.C. 2000: Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. Global Change Biology, 6: 317–328.
- Post, W.M. and Mann, L.K., 1990: Changes in soil organic carbon and nitrogen as a result of cultivation. In: Bouwman, A.F. (ed): Soils and the greenhouse effect. J. Wiley and Sons, New York, 401–406.
- Richter, D.D.; Markewitz, D.; Wells, C.G.; Allen, H.L.; Dunscombe, J.K.; Harrison, K.; Heine, P.R.; Stuanes, A.; Urrego, B. and Bonani, G. 1995: Carbon cycling in a loblolly pine forest: implications for missing carbon sink and for the concept of soil. In: McFee, W. and Kelly, J.M. (eds): Carbon forms and functions in forest soils. Soil Science Society American, Madison, WI, 233–251.
- Ross, D.J.; Tate, K.R.; Scott, N.A.; Wilde, R.H.; Rodda, N.J. and Townsend, J.A. 2002: Afforestation of pastures with *Pinus radiata* influences soil carbon and nitrogen pools and mineralization and microbial properties. Australian Journal of Soil Research, 40: 1303–1318.
- Sedjo, R. A. 1992: Temperate forest ecosystems in the global carbon cycle. Ambio, 21: 274–277.
- Silver, W.L.; Ostertag, R. and Lugo, A.E., 2000: The potential for carbon sequestration through reforestation of abandoned tropical agricultural and pasture lands. Restoration Ecology, 8: 394–407.
- Schlesinger, W.H. 1985: Changes in soil carbon storage and associated properties with disturbance and recovery. In: Trabalka, J.R. and Reichle, D.E. (eds): The changing carbon cycle: A global analyses. Springer-Verlag, New York, 194–220.
- Somogyi, Z. 2008a: Recent trends of tree growth in relation to climate change in Hungary. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica, 4: 17–27.
- Somogyi Z. 2008b: A hazai erdők üvegház hatású gázleltára az IPCC módszertana szerint. Erdészeti Kutatások, 92: 145–162.
- Somogyi, Z. 2010: CASMOFOR. In: Haszpra, L. (ed): Atmospheric greenhouse gases: The hungarian perspective. 201–228.
- Somogyi, Z. and Zamolodchikov, D. 2007: Forest resources and their contribution to global carbon cycles. In: Köhl, M. and Rametsteiner, E. (eds): State of Europe's Forests 2007. The MCPFE report on sustainable forest management in Europe. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe (MCPFE–UNECE–FAO) Liaison Unit Warsaw, Warsaw, 3–17.

Érkezett: 2013. április 5.

Közlésre elfogadva: 2014. október 6.



Búcsújárás

A meleg- és szárazságkedvelő tölgy búcsújáró lepke (*Thaumetopoea processionea*) tápnövényei a tölgyek, nálunk leggyakrabban cseren találkozhatunk vele. Az utóbbi 2 évtizedben európai elterjedési területe jelentősen megnövekedett. Olyan helyeken is feltűnt, ahol még sohasem, illetve az utóbbi 100 évben nem észlelték (pl. Észak-Németország). Ezzel egyidejűleg magyarországi kárterületei is növekvő trendet mutatnak. Erdővédelmi jelentőségén túl feltétlenül említést érdemel, hogy csalánzó hernyószőrei súlyos, fájdalmas bőrgyulladást okoznak.

Fotó: Csóka György (NAIK ERTI, Mátrafüred)