

## A talajművelés szerepe környezetünk CO<sub>2</sub> terhelésében

Szóllósi Nikolett<sup>1</sup> – Zsembeli József<sup>2</sup> – Kovács Györgyi<sup>2</sup> – Juhász Csaba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DE AMTC MTK Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék

<sup>2</sup> DE AMTC Karcagi Kutató Intézet

E-mail: szollosi@gissserver1.date.hu

### Összefoglalás

Az elmúlt évtizedekben Magyarországon is jelentős mértékben romlott a művelt talajok fizikai és biológiai állapota. Az alternatív művelési rendszerekkel ellentétben, a hagyományos művelés során nagyobb mennyiségű talajt mozgatunk meg. A talaj CO<sub>2</sub>-termelésének mértéke és intenzitása egyenes összefüggésben van a talaj szerkezeti állapotával és szervesanyag-tartalmával. Az alternatív talajművelési módszerek alapja a kevesebb bolygatás, így a talaj biodinamikájának kisebb mértékű megzavarása révén fokozzák a talaj szervesanyag tartalmát és a tápanyagok érvényesülését. A karcagi komplex talajművelési kísérletben 2002 óta folynak szabadföldi mérések a talaj CO<sub>2</sub>-emissziójának meghatározására, míg egy újonnan beállított kísérletben a különböző mulcsolási technológiák hatását vizsgáljuk ilyen tekintetben. Az eddigi eredményeink rámutatnak arra, hogy a redukált művelési rendszerekre való áttérés esetén átmenetileg a talaj fokozott CO<sub>2</sub>-kibocsátására számíthatunk.

### Summary

In the last decades the physical and biological status of the soils in Hungary significantly decreased. Contrary to the alternative soil tillage systems, higher mass of soil is moved in conventional tillage. The degree and intensity of CO<sub>2</sub>-production of the soil is in close correlation to the structural status and organic matter content of the soil. The principle of alternative tillage systems is the moderated disturbance of the soil resulting in less disturbance of its bio-dynamics, hence higher organic content and better availability of nutrients can be expected. In a complex soil tillage experiment at Karcag in situ measurements have been carried out since 2002 in order to determine the CO<sub>2</sub>-emission of the soil, while in a newly set experiment the effect of different residue managements are tested. Our results gained so far show that increased CO<sub>2</sub>-emission from the soil can be expected after a sudden change from conventional to reduced tillage system.

### Bevezetés

Bolygónk rendkívül bonyolult, többszörösen összetett rendszerként működik. A légkör változó szén-dioxid-tartalmára az óceán, lassú átkeveredése miatt, csak nagyon lassan reagál. Míg a légkör CO<sub>2</sub>-tartalma az elmúlt 200 éven mintegy 80 ppm-mel növekedett, addig átlagos parciális nyomása az óceánban csak 8 ppm-mel (SIEGENTHALER & SARMIENTO, 1993). A talaj/bioszféra rendszer rendkívül érzékeny a környezeti feltételek változására, így szén-dioxid

felvétele nem tekinthető állandónak. Míg a fotoszintézis révén beépített szénmennyiség a légköri szén-dioxid koncentrációjának logaritmusával arányos, addig a respirációval a légkörbe juttatott szénmennyiség a hőmérséklet exponenciális függvénye (HASZPRA, 2002).

A talaj az üvegházhatású gázok (pl. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) fő forrása és egyúttal potenciális megkötője is. Üvegházhatású gázok mind a felszínközeli, mind a mélyebb talajrétegekben keletkezhetnek. Ezen gázforrások gázprodukciónak a mértéke, nagyságrendje azonban nem tisztázott, mérések szükségesek az egyes folyamatok mértékének, dinamikájának és hatásainak tisztázásához.

### **Szakirodalmi feldolgozás**

#### *CO<sub>2</sub> az élővilágban*

Az üvegházhatás éves növekedését előidéző gázok mintegy 20 %-a származik a mezőgazdaságból, összességében az antropogén eredetű metán 50-75 %-a és a szén-dioxid 5 %-a. Az erdőirtások, a biomassza elégetése és a földhasználatban előidézett egyéb változások további 14 %-ot tesznek ki (GYURICZA et al., 2002). Az élővilágban tárolt szén több, mint 99%-a a szárazföldi élőlények testében halmozódott fel, s ennek csaknem háromnegyede az erdőkben van lekötve. A szárazföldi biomassza széntartalmának közel négyszeresét tárolják a talajok (FARAGÓ & KERÉNYI, 2003). A légkör közötti szénforgalmat a természetes ingadozások mintegy  $\pm 2-5$  Gt C/év-vel módosíthatják (KINDERMANN et al., 1996), azaz a szárazföldi bioszféra esetenként teljesen kompenzálhatja, de akár meg is duplázza az emberi kibocsátás 3,3 Gt C/év-re becsült (SCHIEMEL et al., 1995) légköri hatását.

#### *A talaj, mint természeti erőforrás*

A talaj, mint termőhely nemcsak gazdasági célokat szolgál, hanem a biológiai sokféleség, a biodiverzitás megőrzését is (VÁRALLYAY & LÁNG, 2000). A fenntartható fejlődés egyik alapeleme Magyarországon legfontosabb feltételelesen megújuló (megújítható) természeti erőforrásunkat képező talajkészleteink ésszerű hasznosítása, minőségének megóvása és sokoldalú funkcióképességének fenntartása, ami a környezetvédelem és a mezőgazdaság egyik legfontosabb közös feladata (VÁRALLYAY, 2000).

A talajban lévő víz is tartalmaz szenet, vagy szén-dioxidot oldott formában vagy karbonátokban megkötve. A talaj ember általi közvetlen vagy közvetett bolygatása azonban részben képes mobilizálni a tárolt szenet. A gyakori talajművelés, szántás, lazítás stb., átrendezi a talajban működő természetes folyamatok dinamikáját. Az egyik lényeges hatás a talaj bolygatása közben a talaj szellőztetése, amely két úton is hozzájárul a szén mobilizációjához. A talaj idealizált térfogati összetételében a levegő a talaj térfogatának egynegyedét teszi ki, másik negyede víz, 45%-a ásványi anyag, 5%-a szerves anyag. A különböző méretű pórusokat kitöltő levegőben a széndioxid tartalom 6% körüli

(levegőben: 0,037 tf%). A szellőztetés egyrészt üvegházhatású gázok (ÜVHG) felszabadulásához vezet (szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid), másrészt mivel megváltoztatja a szén-dioxid koncentrációját, s megnöveli az oxigénkoncentrációt, ezért a talajban az oxidatív folyamatok kerülnek túlsúlyba. A szántással kapcsolatos problémák enyhítésére alkalmazott mélylazítás (50-70 cm) ugyancsak növeli az aerob dinamikát a talajban. Ez ugyan detoxikálja a mélyebb rétegeket, de ott is megnöveli az oxigén jelenlétet, s ezzel mobilizálja a szenet. A talajművelés nagyban megzavarja a talaj biodinamikáját, ugyanakkor a növénytermesztésre gyakorolt hatásai egymásnak ellentmondóak. A talaj szénháztartását illetően elmondható, hogy összességében csökkenti a szerves szén mennyiségét, s növeli a talaj széndioxid leadását. A növekvő széndioxid koncentráció is limitáló tényező lehet a talajban, mert gátolja a növények víz-, kálium-, nitrogén-, foszfor-, kalcium- és magnézium-felvételét.

A környezet minőségét lerontó károk – a talaj tömörödése, visszatömörödése, elporosodása, cserepesedése, szervesanyagban elszegényedése, nagy széndioxid kibocsátása, hordképességének romlása – a hagyományos művelés olyan nemkívánatos kísérő jelenségei, amellyel szembe mindössze néhány agronómiai előny állítható (BIRKÁS, 2002). Talajvédelmi szempontból is igen fontos tehát, hogy korszerű, a talajt kímélő, az adott klimatikus és edafikus tényezőkhez igazodó művelési rendszerek váltsák fel a forgatáson alapuló hagyományos rendszereket (NYIRI, 1997). Ezért a termőhely alapos ismerete minden mezőgazdasági beavatkozás elvégzése előtt elengedhetetlen, hiszen a globális problémákat is csak a lokálisak megértésével együtt tudjuk értékelni (TAMÁS, 2001).

#### *Környezetkímélő talajművelési rendszerek*

A környezetkímélő mezőgazdaság (*conservation agriculture*) a talajkímélő földművelésen alapul. Ennek lényege, hogy a talajt csak minimális mértékben bolygatjuk meg. Ennek következtében a talajból minimális mennyiségű anyag (talaj, víz, tápanyag és kemikáliák) távozik, a szerves anyag a talajban marad, a növényi maradványok pedig a talajfelszínen. A vegyszerek használatát tekintve pedig az mondhatjuk, hogy olyan keveset használunk, amilyen keveset lehet és csak annyit, amennyi feltétlenül szükséges. A hagyományos talajművelés ezzel szemben magas fokú gépesítésen alapul. A művelés során a felső talajréteget kiemeljük, megfordítjuk – ekével, vagy ehhez hasonló eszközzel. A hagyományos talajművelés jelentős talajpusztulást, talajszennyezést és egyéb környezeti károkat okoz, úgy, mint a biológiai sokféleség csökkenését, alacsony hatásfokú energiafelhasználást és a globális felmelegedéshez is hozzájárul (KERTÉSZ, 2004) Emellett a talaj ekével történő rendszeres forgatása a szántóföldek szén-dioxid emisszióját nagymértékben megnöveli (REICOSKY, 1998, PERCZE, 2002).

Az agrotechnikai műveletek nemcsak a talaj biodinamikájának megzavarása miatt járnak szén-dioxid kibocsátással, hanem közvetett módon is a szén mobilizációjához vezetnek. A közvetve előidézett folyamatok közül a talajpusztulást (defláció, erózió), s a vizes területek lecsapolását kell megemlíteni, mint az időlegesen raktározott szén mobilizációjának a forrását (GYULAI, 2006). A környezetkímélő gazdálkodás mindenképp az energiafelhasználás és a mechanikai munka csökkentését jelenti, ezáltal csökken a CO és CO<sub>2</sub> gázok emissziója. A csökkentett géphasználat miatt a NO<sub>x</sub> kibocsátás is kevesebb, így a légkör savasodása is mérséklődik. A mikroorganizmusok, földi giliszták és rovarok kiváló élelmet és élőhelyet találnak, más szóval nagyobb lesz a biológiai aktivitás és gazdagabb a biodiverzitás. További előnye, hogy marad a talajszerkezet, a talaj porozitása, adszorpciós kapacitása és szerkezetállandósága, kedvező a talaj vízgazdálkodása. Minimálisra csökken a talajtömörödés, hiszen csekély mértékű a talajművelő eszközök tömörítő hatása, a talajfelszín pedig növényi maradványok borítják a talajerózió ellen védelmet nyújtva. A szerves anyag jelentős része a talajban marad, nem távozik el. Közismert hogy a szerves anyag a talaj szerkezetét, stabilitását, puffer kapacitását, vízvisszatartó képességét, biológiai aktivitását és a tápanyagegyensúlyt jelentős mértékben befolyásolja – mindez kihat a talajerózió kockázatára is (HOLLAND, 2004). Amennyiben a talajban lévő szén mennyisége 2% alá csökken, úgy megindulhat a talajerózió folyamata (EVANS, 1996). A hagyományos talajművelés mellett a talaj szerves anyag tartalma rohamosan csökken. KINSELLA (1995) becslése szerint a legtöbb mezőgazdasági hasznosítású talaj szerves anyagának 50%-át elveszti a művelés során.

### **Vizsgálati anyag és módszer**

#### *A kísérleti területek bemutatása*

A Debreceni Egyetem AMTC Karcagi Kutatóintézetében 2002. óta folynak a talaj CO<sub>2</sub>-emisszióját vizsgáló kutatások, melyeknek célja szabadföldi körülmények között történő méréssel bepillantást nyerni azokba a folyamatokba, melyek eredményeként a talajban CO<sub>2</sub> keletkezik, elnyelődik, illetve az atmoszférába távozik. A méréseket a Debreceni Egyetem AMTC Karcagi Kutatóintézetének két kísérleti területén végeztük, a H-1, valamint az I-2 jelű táblán (1-2. ábra). A területek talajának típusa mély humusz rétegű, mélyben szolonyeces réti csernozjom. A H-1 jelű táblán egy 11 éve beállított komplex talajművelési kísérlet folyik. 2007-ben konvencionális (forgatásra alapozott) és redukált talajművelési rendszerekben vizsgáltuk a talaj CO<sub>2</sub> emisszióját. Miután a repce (H-1) betakarítása megtörtént, a tarlón maradt területen mértük a CO<sub>2</sub> koncentrációt.



**1. ábra.** A H-1 jelű komplex talajművelési kísérlet



**2. ábra.** Az I-2 jelű új talajművelési kísérlet

A másik talajművelési kísérleti terület (I-2) újonnan lett beállítva a tavalyi évben, melynek keretében szintén direktvetéses, emellett a mulcsolásos redukált művelést hasonlítottuk a hagyományos, forgatásra alapozott műveléshez. A területen előzetesen őszi árpa volt, annak betakarítása után a tarlót az alkalmazott művelési eljárásoknak megfelelően kezeltük. A hagyományos művelés esetében a szármaradványok bebálázva a parcelláról elkerültek, majd a magágykészítés után került sor a köles másodvetésére. A direktvetéses kezelések esetében három különböző módszert alkalmaztunk a növényi maradványok területen való hagyását (mulcs), eltávolítását, illetve a mulchiller-es kezelést tekintve.

#### *A szén-dioxid emisszió meghatározása*

A gázemisszió meghatározására szolgáló módszereket illetően a Környezettechnika kézikönyv (BARÓTFI, 1991) vonatkozó fejezete alapvetően két megoldást említ a kibocsátott gázok kvantitatív meghatározására. Az első az emisszió meghatározása műszaki számításokkal (anyagmérleg; fajlagos, empirikus adatok; gyors elemzések). A másik lehetőség a gázemisszió mérése. Utóbbit alkalmaztuk. A gázemisszió mérése gázelemző rendszerekkel történik. A gázelemző rendszerek lehetnek fix telepítésűek és mobil rendszerek. A rendelkezésünkre álló ANAGAS CD 98 típusú (3. ábra), japán gyártmányú készülék, infravörös elven működő, mobil gázanalizátorok csoportjába tartozik. A 3. ábrán látható szettet három ismétlésben állítottuk fel minden esetben. Az így kapott három koncentrációs értékből számított emissziókat átlagoltuk. A kapott adatokból adatbázist hoztunk létre a Microsoft Office Excel segítségével. Így a mért ppm mértékegységű CO<sub>2</sub> koncentrációs adatokból szén-dioxid emissziót számítottunk, mely mértékegysége g\*m<sup>-2</sup>\*h<sup>-1</sup>.



**3. ábra.** Az ANAGAS CD 98 típusú infravörös gázanalizátor

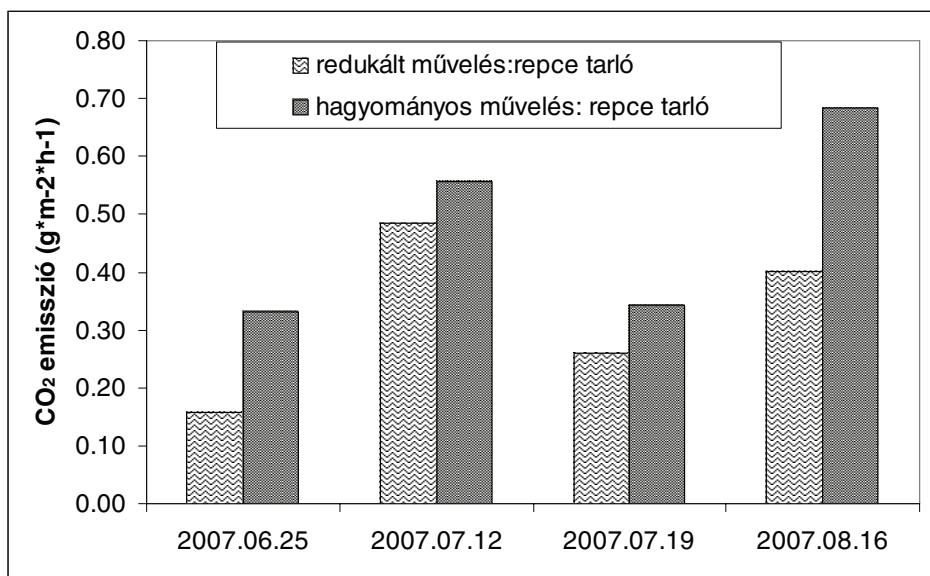
#### *Kiegészítő mérések*

A kezdeti mérésekkel szinte egyszerre végezzük el a levegő és a talaj hőmérsékletének mérését 5 cm, illetve 10 cm mélységben, egy digitális talajhőmérő alkalmazásával. A talaj aktuális nedvességtartalmát egy TTN-M típusú szonda segítségével határoztuk meg, a talaj felső 40 cm-es rétegében. Ezekre az adatokra az emisszió kiszámításához, illetve a talaj CO<sub>2</sub> termelése, a talaj és levegő hőmérséklete, valamint a talaj nedvességtartalma közötti összefüggések feltárása végett van szükség.

### **Vizsgálati eredmények és értékelésük**

Mindkét táblán a konvencionális művelésű parcellák esetében számítottuk a legmagasabb emissziós értékeket. A hőmérséklet növekedésével szintén nőtt a CO<sub>2</sub> emisszió. Emellett kimutathatóak voltak a talajművelési rendszerek okozta különbségek is. Az első mérést közvetlenül a kezelések beállítása után végeztük el, a többi hármat, ezt követően körülbelül tíznaponként. Mivel a talaj mikrobiális aktivitása, így CO<sub>2</sub>-emissziója is szoros összefüggésben van a talaj nedvességtartalmával, ezért az eredmények értékelése során figyelembe vettük a mérések közötti időszakokban lehullott csapadék mennyiségét is. A viszonylag

nagynak mondható, időben egyenletesen lehullott csapadék mennyiségeknek köszönhetően viszonylag magasabb koncentrációs értékeket mértünk.



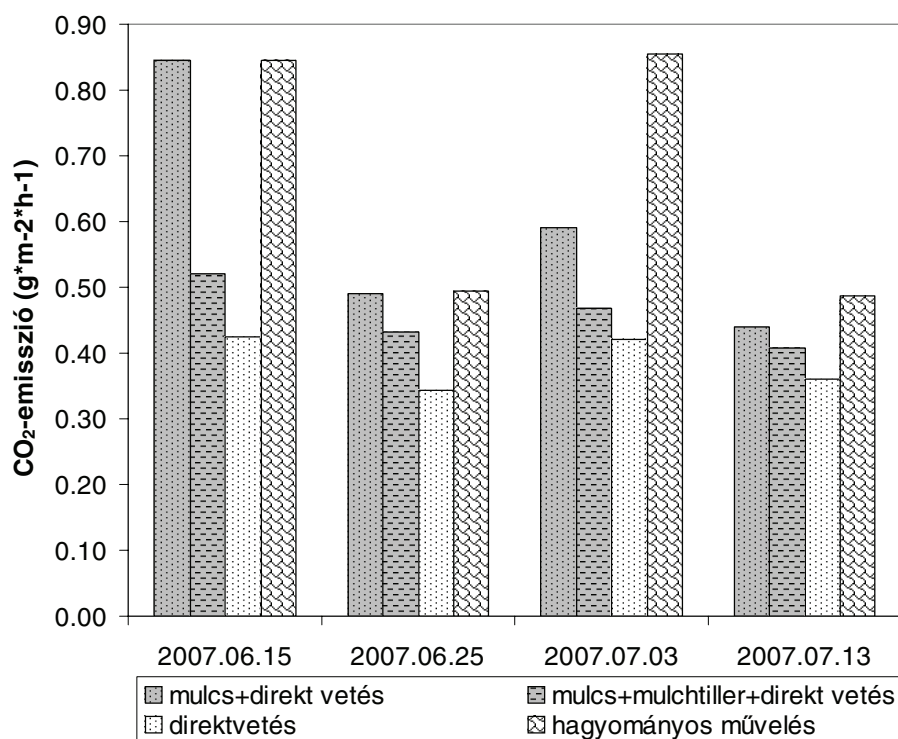
4. ábra. A CO<sub>2</sub>-emisszió alakulása a komplex talajművelési kísérletben

A korábban beállított kísérletben (H-1 jelű parcella) az elmúlt évek eredményeinek ellentmondóan a hagyományos művelésű területen tapasztaltunk magasabb CO<sub>2</sub>-emissziót a (4. ábra). Ezen nem várt eredmény okát még keressük. A kísérlet egyéb eredményeit tekintve azonban annyi már megállapítható, hogy a terméseredményekben számottevő különbség nem mutatkozott, de a gyökérvizsgálatok mélyebbre hatoló és nagyobb tömegű gyökereket fedtek fel a hagyományos művelésű terület esetében. Másik befolyásoló tényező az lehetett, hogy míg a hagyományos művelésű területről a növényi maradványokat elszállítottuk, addig a redukált művelésű területen szecsászva szétszórásra kerültek. Ennek a tarlóterület CO<sub>2</sub>-emissziójára gyakorolt közvetlen hatását azonban nem tudjuk.

Az újonnan, az I-2 jelű táblán beállított kísérletben mért CO<sub>2</sub> koncentrációs értékek alapján számított emisszió sem cseng össze a szakirodalmi adatokkal (5. ábra). A legmagasabb emissziót a konvencionálisan művelt terület talajánál kaptuk, míg a legalacsonyabb értékek a direkt vetést jellemezték. A két végletesnek mondható művelési rendszer között elhelyezkedő másik két redukált művelési rendszer köztes értékeket produkált. Utóbbiak a fenntartható növénytermesztés hatékony gyakorlati eszközéül is szolgálnak, hisz a kevesebb bolygatás révén kiegyensúlyozottabb talajélet alakul ki. A mulcs alkalmazása további pozitívumukat is mutatott. A részbeni talajba dolgozás esetén

növekedett a talaj szervesanyag tartalma, ami a termesztett növények kiegyensúlyozottabb fejlődéséhez járult hozzá. Emellett valamelyest kevésbé növekedett a talaj hőmérséklete, aminek következtében csökkent a párolgás, így magasabb maradt a talaj nedvességtartalma. A mulcs teljes mennyiségének a felszínen hagyása az utóbbi folyamatokat erősítette.

Előfordulhat, hogy a hagyományos művelésről redukált művelésre történő átállás kezdeti szakaszában (néhány év), akár magasabb lehet a talaj szén-dioxid emissziója. Úgy véljük, feltétlenül érdemes az általunk beállított kezelésekkal tovább folytatni a kísérletet, így más időjárási, illetve hidrológiai helyzetekben is megfigyeléseket végezhetünk a különböző művelési eljárásokkal kialakított talajfelszíneknek a talaj CO<sub>2</sub>-emisszióra gyakorolt hatását illetően.



5. ábra. A CO<sub>2</sub>-emisszió alakulása az I-2 jelű táblán

### Következtetések

A talaj CO<sub>2</sub>-termelésének mértéke és intenzitása egyenes összefüggésben van a talaj szerkezeti állapotával és szervesanyag-tartalmával. Ezért a talaj termékenységének egyik mutatója, mérésével így közvetlenül a talaj mezőgazdasági szempontból legfontosabb jellemzőjét számszerűsíthetjük. Ezen



túlmenően a mérések eredményeinek feldolgozásával hozzájárulhatunk a talajból származó CO<sub>2</sub> környezetterhelésének feltárásához is, ennek tükrében pedig a jövő mezőgazdálkodása egy környezetkímélőbb művelés irányában fejlődhet tovább.

### Irodalomjegyzék

- BIRKÁS M. (2002): Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés, Szent István Egyetem, Gödöllő.
- EVANS R. (1996): Soil Erosion and its Impacts in England and Wales. Friends of the Earth. London.
- FARAGÓ T., KERÉNYI A. (2003): Nemzetközi Együttműködés az éghajlatváltozás veszélyének, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium és Debreceni Egyetem. pp.7-10.
- GYURICZA CS., BIRKÁS M., JÓRI J. I. (2002): Művelési rendszerek hatása a talaj CO<sub>2</sub> kibocsátására (*Tillage-induced CO<sub>2</sub> emission from soil*). In: Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban. 2002 április 11-12. (Szerk. JÁVOR A. & PEPÓ P.), 57-62. SZIE-DE ATC KIADVÁNY, Debrecen.
- GYULAI I. (2006): A biomassza dilemma. Magyar Természetvédők Szövetsége., Budapest. 40-46.p.
- HASZPRA L. (2000): A légköri szén-dioxid-koncentráció méréseinek újabb eredményei. Magyar Tudomány 2. Kutatás és környezet. Budapest.
- HOLLAND J. M. (2004): The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystems and Environment **103**. 1-25.
- KINDERMANN J., WÜRTH G., KOHLMAIER G. H. & BADECK F. W. (1996): Interannual variation of carbon exchange fluxes in terrestrial ecosystems. Glob. Biogeochem. Cycles **10**. 737-755.
- KERTÉSZ Á. (2004): A környezetkímélő mezőgazdálkodás hatása a tájra, MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest. pp.783-792.
- KINSELLA J. (1995): The effects of various tillage systems on soil compaction. Farming For a Better Environment: A White Paper. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA. pp.15-17.
- NYIRI L. (1997): Az aszálykárok mérséklése, Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- PERCZE A. (2002): Az őszi búza gyomviszonyainak vizsgálata talajművelési tartamkísérletben gödöllői barna erdőtalajon, Növénytermelés (megjelenés alatt).
- REICOSKY D. C. (1998): Tillage and short-term CO<sub>2</sub> emissions from soils in the laboratory, Kézirat.
- SCHIEMEL D., ALVES D., ENTING I., HEIMANN M., JOOS F., RAYNAUD D., WIGLEY T., PRATHER M., DERWENT R., EHHALT D., FRASER P., SANHUEZA E., ZHOU, X., JONAS, P., CHARLSON, R., RODHE, H., SADASIVAN, S., SHINE, K.P., FOUQUART, Y., RAMASWAMY V., SOLOMON S., SRINIVASAN J., ALBRITTON D., ISAKSEN I., LAL M. & WUEBBLES D. (1996): Radiative forcing of climate change. In: Climate change 1995. The science of climate change. contribution of working group I to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change (Eds.: HOUGHTON J. T., MEIRA FILHO L. G., CALLANDER B. A., HARRIS A., KATTENBERG A. & MASKELL K.). 65-131. Cambridge University Press. Cambridge UK & New York NY, USA.

- SIEGENTHALER U., SARMIENTO, & JÉKI L. (1993): Atmospheric carbon dioxide and the ocean. *Nature* **365**. 119-125.
- TAMÁS J. (2001): Precíziós mezőgazdaság. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 56. p.
- VÁRALLYAY GY. (2000): Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása. In: „Székfoglalók”. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. 1-32.p.
- VÁRALLYAY GY. & LÁNG I. (2000): A talaj kettős funkciója: természeti erőforrás és termőhely. A Debreceni Egyetem „Honoris Causa” cím átadása alkalmából (Debrecen, 2000. május 2.) megtartott előadás.