



**TALAJHASZNÁLATI MÓDSZEREK ÉRTÉKELÉSE TALAJVÉDELMI  
SZEMPONTBÓL**

**Doktori (Ph.D) értekezés**

**Bencsik Katalin**

**Gödöllő  
2009**

**A doktori iskola**

**megnevezése:** **Növénytudományi Doktori Iskola**

**tudományága:** **Növénytermesztési és kertészeti tudományok**

**vezetője:** **Dr. Heszky László**  
Intézetigazgató, egyetemi tanár, akadémikus  
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar  
Genetika és Biotechnológiai Intézet

**Témavezető:** **Dr. Birkás Márta**  
Tanszékvezető, egyetemi tanár, DSc  
SZIE Növénytermesztési Intézet  
Földműveléstani Tanszék

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
A témavezető jóváhagyása





# TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. BEVEZETÉS</b>	<b>1</b>
<b>2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS</b>	<b>3</b>
2.1. A talaj jelentősége és funkciói	3
2.2. Az okszerű talajhasználat jelentősége	6
2.3. Az erózió	10
2.3.1. A talajpusztulás	10
2.3.2. Az erózió és defláció folyamata és tényezői	12
2.3.3. Az erózió és defláció kártétele	17
2.3.4. Az erózió és defláció elleni védekezés formái	21
2.3.4.1. Agronómiai talajvédelem	22
2.3.4.2. Műszaki talajvédelem	24
2.3.4.3. A defláció elleni védekezés formái	25
2.4. A szén-dioxid kibocsátás és klímaváltozás	27
2.4.1. A szén-dioxid kibocsátás és klímaváltozás összefüggései	27
2.4.2. A klímaváltozással kapcsolatos főbb nemzetközi állásfoglalások	30
2.4.3. Az elmúlt száz év éghajlati tendenciái Magyarországon	34
2.4.4. A növénytermesztés alkalmazkodási lehetőségei	35
2.5. A talaj szerkezete	37
2.6. A témához kapcsolódó szakirodalom összegző értékelése	39
<b>3. ANYAG ÉS MÓDSZER</b>	<b>41</b>
3.1. A kutatás céljai	41
3.2. A kutatómunka körülményei	41
3.3. A kísérletek bemutatása	45
3.3.1. Talajművelési kísérlet	45
3.3.1.1. Termesztéstechnológiai adatok	46
3.3.2. Bakhátas kísérlet	49
3.4. A kutatás módszerei	50
3.4.1. Az erózió vizsgálata	50
3.4.2. A talaj CO <sub>2</sub> kibocsátás mérése	51
3.4.3. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálata	52
3.4.4. Statisztikai módszerek	53
<b>4. EREDMÉNYEK</b>	<b>55</b>
4.1. Az erózió vizsgálatának eredményei	55
4.2. A talaj CO <sub>2</sub> kibocsátás mérésének eredményei	66
4.3. A talaj agronómiai szerkezet vizsgálat eredményei	77
4.3.1. Talajművelési kísérlet eredményei	77
4.3.2. Bakhátas kísérlet eredményei	88
<b>4.4. Új tudományos eredmények</b>	<b>96</b>
<b>5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK</b>	<b>97</b>
<b>6. ÖSSZEFOGLALÁS</b>	<b>101</b>
<b>7. SUMMARY</b>	<b>103</b>
<b>8. MELLÉKLETEK</b>	<b>105</b>

M1. Irodalomjegyzék	105
M2. A talajművelési kísérlet termesztéstechnológiai adatai	118
M3. Szignifikáns differencia értéket és a korrelációs viszonyokat bemutató táblázatok	119
<b>9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS</b>	<b>134</b>

## CONTENT

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>2. REVIEW OF LITERATURE</b>	<b>3</b>
2.1. Importance and function of the soil	3
2.2. Significance of the suitable land use	6
2.3. Erosion	10
2.3.1. Degradation of soil	10
2.3.2. Process and factors of water and wind erosion	12
2.3.3. Damages caused by water and wind erosion	17
2.3.4. Protection against water and wind erosion	21
2.3.4.1. Agronomical soil protection	22
2.3.4.2. Technological soil protection	24
2.3.4.3. Protection forms against wind erosion	25
2.4. Emission of carbon dioxide and climate change	27
2.4.1. Relationship between carbon dioxide emission and climate change	27
2.4.2. The main international standpoints concerning climate change	30
2.4.3. Climate tendency in the last hundred years in Hungary	34
2.4.4. Possibilities of adaptation of crop production	35
2.5. Structure of the soil	37
2.6. Summary of the specific literature	39
<b>3. MATERIAL AND METHOD</b>	<b>41</b>
3.1. The purposes of the research	41
3.2. The circumstances of the research	41
3.3. Layout of the experiment	45
3.3.1. Tillage methods experiment	45
3.3.1.1. Crop production data of the experiment	46
3.3.2. Ridge tillage experiment	49
3.4. Research methods	50
3.4.1. Examination of the erosion	50
3.4.2. Measurement of the carbon dioxide emission of the soil	51
3.4.3. Examination of the agronomical structure of the soil	52
3.4.4. Statistical methods	53
<b>4. RESULTS</b>	<b>55</b>
4.1. Results of the erosion examination	55
4.2. Results of the soil carbon dioxide emission measurement	66
4.3. Results of the soil agronomical structure examination	77
4.3.1. Results of the tillage method experiment	77
4.3.2. Results of the ridge tillage experiment	88
<b>4.4. New research results</b>	<b>96</b>
<b>5. CONCLUSION</b>	<b>97</b>
<b>6. SUMMARY (Hungarian)</b>	<b>101</b>
<b>7. SUMMARY (English)</b>	<b>103</b>

<b>8. ANNEX</b>	<b>105</b>
M1. References	105
M2. Production data of the tillage methods experiment	118
M3. Value of significant differences and correlation tables	119
<b>9. ACKNOWLEDGEMENT</b>	<b>134</b>



## 1. BEVEZETÉS

A szántóföldön gazdálkodó legfontosabb feladata, hogy a talaj termékenységét és minőségét óvja, a biológiai, fizikai és kémiai romlást megelőzze, és ezzel együtt versenyképes növénytermelést folytasson. Magyarország összterületének mintegy felén folyik szántóföldi növénytermesztés, amely sikerességét hosszabb ideig befolyásolja a helyesen megválasztott talajhasználat. A látszólag növény-központú, hagyományosan sokmenetes művelésre alapozott intenzív talajhasználat következtében a talajok szerkezete, víztartó képessége, pufferkapacitása romlott, biológiai tevékenysége csökkent, az aszály és a nagy mennyiségű csapadék hatásaival szembeni érzékenysége növekedett. A talaj fizikai és biológiai állapotának javítása és tágabban értelmezve a talajvédelem kiszélesedése termesztési, környezetvédelmi és gazdálkodási szempontból is kívánatos.

A művelt talaj szerkezetének kialakítása külső tényezők által befolyásolt folyamat, amelyek lehetnek emberi (pl. művelőeszközök, taposás) és természeti (pl. éghajlat, fauna, gyökérszövet) eredetűek. Ezek a tényezők egyaránt okozhatják a talaj részecskék tömörödését, szétesését, valamint helyváltoztatását, továbbá összetett hatásuk eredményezi a talaj azon jellemzőit, amelyek szerkezetét meghatározzák. A talaj szerkezete közvetlenül befolyásolható a műveléssel. A környezetre többnyire ártalmas hagyományos művelési módszereket fel kell váltani a talajok biológiai tevékenységére is kedvező, a fizikai állapotot javító vagy megőrző rendszerekkel (Birkás 2001). A talajállapot javulása jótékony hatású a növénytermesztési rendszer más tényezőire, továbbá az elővetemény- és trágyahatás érvényesülésére. A megoldást a növénytermesztés biztonságát javító, környezetvédő talajhasználat kínálja.

Kutatási munkám célkitűzései a következők voltak:

1. Lejtős területen a hagyományos és a bakhátas termesztési mód összehasonlítása a csapadék által lehordott talaj, a lemosott humusz és az elfolyó víz mennyiségének alapján.
2. Eltérő talajművelési eljárások hatásának értékelése a talaj szén-dioxid kibocsátására, valamint ezzel összefüggésben a talaj humusztartalmának változására.
3. A különböző talajművelési módok és a talaj agronómiai szerkezete közötti összefüggés igazolása, valamint a köztés védőnövény a talaj szerkezetére gyakorolt hatásának értékelése.

A talaj szén-dioxid kibocsátásának mérése és a művelési módok ilyen szempontból való értékelésének nagy jelentősége van a globális klímaváltozással kapcsolatban is, amit a légkör megnövekedett szén-dioxid koncentrációja fokoz.

A kutatás időszerűségét a hazai talajok állapotának védelme és javítása, az EU és a nemzeti környezetvédelmi elvárásokhoz való igazodás, a természettechnológia és a környezetvédelem közti harmónia megteremtése és fenntartása indokolja. A kutatás tudományos értékét a talajállapot változások vizsgálata, a talaj biológiai tevékenységét befolyásoló művelési tényezők értékelése, valamint az erózió által veszélyeztetett területeken alkalmazható művelési módok összehasonlítása jelenti.

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A talajhasználati módok értékeléséhez a hazai és a nemzetközi szakirodalom feldolgozását a következő témakörök szerint végeztem el:

- A talaj jelentőségének és sokoldalú funkcióinak megvilágítása
- Az okszerű talajhasználat jelentőségének bemutatása, kiemelten a különböző talajdegradációs folyamatok elkerülése, csökkentése szempontjából
- Az erózió és a defláció folyamatának, tényezőinek vizsgálata, valamint a talajpusztulás okozta károk bemutatása és az erózió és a defláció elleni védekezés lehetőségeinek értékelése
- A szén-dioxid kibocsátás és a klímaváltozás összefüggéseinek elbírálása, a hazai és nemzetközi állásfoglalások illetve a hazai és nemzetközi tendenciák alapján, valamint a növénytermesztés alkalmazkodási lehetőségeinek bemutatása
- A talajművelés a talaj szerkezetére gyakorolt hatásának értékelése

### 2.1. A talaj jelentősége és funkciói

Amióta az ember állattenyésztéssel, majd földműveléssel foglalkozik, figyelmet fordít a talajra, mint a gazdálkodás sikerének egyik fontos tényezőjére. A fogalom évezredes érdeklődés, odafigyelés ellenére csak néhány évtizede alakult ki. Ahogy a földdel foglalkozó tudományok szintje fejlődött, úgy alakult, fejlődött a *talaj* meghatározása is. Miszerint a talaj a Földkéreg legkülső szilárd burka, amely a növények termőhelyéül szolgál. Alapvető tulajdonsága a termékenység, vagyis az a képesség, hogy kellő időben és a szükséges mennyiségben képes ellátni a növényeket vízzel és tápanyaggal (Stefanovits 1992a). A talaj és a környezet többi eleme, az alapkőzet, a légkör, a víz, a biota és a növényzet sokoldalú összefüggésben hat egymásra, és ezek hatására válik a talaj sajátos természeti erőforrássá (Várallyay 1989; Brady és Weil 1999).

A fenntartható fejlődés egyik alapeleme Magyarországon legfontosabb természeti erőforrásunkat képező talajkészleteink ésszerű hasznosítása, védelme, állapotának megőrzése, sokoldalú funkcióképességének fenntartása. Ez környezetvédelmünk és mezőgazdaságunk egyik legfontosabb közös feladata, amely az állam, a földtulajdonos és földhasználó, valamint az egész társadalom részéről megkülönböztetett figyelmet igényel, átgondolt és összehangolt intézkedéseket tesz szükségessé (Várallyay 1994, 1996a, 1997b, c; Várallyay és Németh, 1999).

A társadalom a fenntartható fejlődés érdekében egyre inkább épít a talaj különböző funkcióira, amelyek közül a legfontosabbak a következők (Várallyay 1997a, d, 1998; Várallyay és Láng 2000).:

a. Feltételesen megújuló (megújítható) természeti erőforrás. Ésszerű használata során nem változik irreverzibilisen, „minősége” nem csökken szükségszerűen és kivédhetetlenül. Megújulása azonban nem megy végbe automatikusan, zavartalan funkcióképességének, termékenységének fenntartása, megőrzése állandó tudatos tevékenységet követel, amelynek legfontosabb elemei az ésszerű földhasználat, talajvédelem és melioráció.

b. A többi természeti erőforrás (sugárzó napenergia, légkör, felszíni és felszín alatti vízkészletek, biológiai erőforrások) hatásának integrátora, transzformátora, reaktora. Ilyen módon biztosít életteret a talajbani élettevékenységnek, termőhelyet a természetes növényzetnek és termesztett kultúráknak (Bíró 2005).

c. A primer biomassa-termelés alapvető közege, a bioszféra primer tápanyagforrása. Víz, levegő és a növény számára hozzáférhető tápanyagok egyidejűleg fordulhatnak elő ebben a négydimenziós, háromfázisú polidiszperz rendszerben, és ily módon képes a talaj mikroorganizmusok és növények talajökológiai feltételeit többé vagy kevésbé kielégíteni (Láng 2005a).

d. Hő, víz, növényi tápanyagok és hulladékok természetes raktározója. Képes a felszínközeli atmoszféra hőmérsékleti szélsőségeit – bizonyos mértékig – kiegyenlíteni; a mikroorganizmusok és növények – bizonyos szintű – víz- és tápanyagellátását a raktározott készletekből hosszabb-rövidebb idejű víz- és tápanyag-utánpótlás nélküli időszakokra is biztosítani (Várallyay 2005).

e. A talaj a bioszféra nagy kiegyensúlyozó képességgel (pufferkapacitással) rendelkező eleme, amely egy bizonyos határig képes mérsékelni, tompítani a talajt érő különböző stresszhatásokat. Ilyet természeti tényezők (légköri aszály, szélsőséges nedvességviszonyok, fagy, stb.) is kiválthatnak. Egyre fenyegetőbbek és súlyosabbak azonban az ember által okozott különböző stresszhatások: komplex gépsorok és nehéz erőgépek alkalmazása, nagyadagú műtrágya- és növényvédőszer használata; a koncentrált állattartótelepek hígtrágyája; az ipar-, közlekedés-, településfejlesztés és városiasodás szennyező hatásai, elhelyezendő hulladékai, szennyvizei (Kádár 2005). A társadalom egyre inkább arra kényszerül, hogy a talaj tompító képességét igénybe vegye, kihasználja, néha sajnos visszaélve e lehetőséggel (Stefanovits 2005).

f. A természet hatalmas szűrő és detoxikáló rendszere, amely képes a mélyebb rétegeket és a felszín alatti vízkészleteket a talaj felszínére vagy a talajba jutó szennyeződésektől megóvni.

g. A bioszféra jelentős gén-rezervoárja, amely jelentős szerepet játszik a biodiverzitás fenntartásában, hiszen az élő szervezetek jelentős hányada él a talajban vagy kötődik léte, élete közvetlenül vagy közvetve a talajhoz.

h. Történeti örökségek hordozója.

E funkciók fontossága, jelentősége térben és időben egyaránt változott és változik ma is. Az, hogy hol és mikor melyik funkciót hasznosítja az ember, az adott gazdasági helyzettől, szocio-ökonómiai körülményektől és politikai döntésektől, és az ezek által megfogalmazott céloktól függ. Hosszú időn keresztül csak a biomassza termeléssel kapcsolatos (a, b és c) funkciók voltak fontosak, elsősorban a talaj termőképessége, termékenysége volt közismerten fontos (Várallyay 1994). A termés hozam volt szinte az egyetlen értékmérő, a nagy termés elérése a fő cél. Később társultak ehhez a minőségi követelmények, a gazdaságosság, majd a környezetvédelmi követelmények (Ángyán et al. 2005). Szélsőséges csapadékviszonyok esetén felértékelődött a talaj „vízraktározó” funkciója; az intenzív műtrágyázás időszakában, majd a műtrágyák állami dotációjának megszűnése után „tápanyag-raktározó” funkciója. Sajnos a talajt érő stresszhatások és az ezek hatására bekövetkező káros folyamatok köre egyre szélesebb, azok egyre erősebbek, egyre inkább fenyegetik talajkészleteinket. Emiatt különös jelentőséget kapnak a talajok puffer-szűrő-detoxikáló-génrezervoár funkciói. Elsősorban a különböző stresszhatásoknak erősen kitett, szennyezett vagy a szennyeződés által fenyegetett, illetve különösen érzékeny területeken (ivóvízbázisok területe, védett területe és azok pufferzónái stb.) (Arnold 2005).

Mindezek csak erősítik azt az alaptételt, hogy a talaj és talajhasználat, valamint a környezet közötti kölcsönhatás lényegében kétoldalú. A talajhasználat káros hatásai egyrészt talajkészleteinket, azok sokoldalú funkcióinak zavartalanságát veszélyeztetik, másrészt fenyegetést jelentenek környezetünk többi elemére: a felszín alatti vízkészletekre, a felszín közeli légkörre, az élővilágra, a bioszférára, a tájra is. A káros hatások kivédése, megelőzése, megszüntetése vagy bizonyos ésszerű tűrési határig történő mérséklése tehát lényegesen több mint talajvédelem: környezetvédelem – ezen belül az agrár-környezetvédelem – egészének megkülönböztetett fontosságú része (Szűcs 2005). Ugyanakkor a talaj védelme sem szűkíthető le a talajhasználat kedvezőtlen hatásainak elhárítására, hanem – a környezetvédelem másik fontos részeként – magában foglalja a talajt érő egyéb környezeti hatások ellenőrzését, szabályozását is (Várallyay 1996a, 1997a, b)

## 2.2. Az okszerű talajhasználat jelentősége

A talajhasználat a szántóföldön a különböző biológiai igényű és hatású növények és termesztési technológiáik összessége. Átala teremthető harmónia a termőhely és a termesztési technológia között (Birkás et al. 1999). Diszharmónia esetén a termőhely és a környezet is károsodhat.

Szántóföldön a talajhasználat kedvező, ha a termőhelyhez és a közgazdasági körülményekhez alkalmazkodó növények termesztése során hosszabb időszak alatt sem éri újabb kár a talajt és a környezetet. Kedvezőtlen akkor, ha a termesztéstechnológia vagy annak egyes elemei rontják, vagy súlyosbítják a talaj és a környezet állapotát (Birkás 2001). A talajhasználat elemei közül a talajművelés, a növényi sorrend, a talaj tápanyag-ellátottsága alapozó, míg mások (Pl. növény, trágyázás, növényvédelem, öntözés) befolyásoló tényezőként vehetők figyelembe a növény termesztésében.

A talajművelés a talaj állapotán keresztül befolyásolja a növénytermesztés eredményességét. A klasszikus szerzők többsége úgy tartotta, hogy a talaj termőrétegének termesztésre alkalmas állapotba hozása, és megtartása biztosítja a növényeknek a jó „álláshelyet”. Az „alkalmas”, többnyire a fizikai állapotról, a kellő mélységig kialakított kedvező lazultságra vonatkozott. A talajok biológiai tevékenységének már az 1800-as évek végén Manninger G. Adolf, majd a talajfizikai kutatások fellendülésével egyidejűleg (1960-as években) Kemenes Ernő tulajdonítottak nagyobb jelentőséget. Az 1980-as években a fejlett országokban több szerző (Kladivko et al. 1986; Blum 1990; Brussaard és Faassen 1994) a talajok biológiai állapotát a talaj minőség fokmérőjének tartották, és felhívták a figyelmet a biológiai talajállapot javítás fontosságára. Kimutatták azt is, hogy a fizikai és a biológiai talajdegradáció között szoros az összefüggés, és a minőség megtartása érdekében mindkettőre figyelmet kell fordítani. Megjegyzendő, hogy a talajok biológiai tevékenysége a fizikai állapotjavítás eredményességének stabilizálásában is fontos szerepet játszik (Szabó 1986).

A különböző talajdegradációs folyamatok Magyarországon is nagy területeken akadályozzák a talaj különböző célú hasznosíthatóságát. Ezek közül a legfontosabbak Szabolcs (1978) és Várallyay (1989) szerint:

- víz- vagy szél okozta talajerózió
- savanyodás
- szikesedés
- fizikai degradáció (szerkezet leromlás, tömörödés)

- a talaj vízgazdálkodásának szélsőségesé válása
- biológiai degradáció
- növényi tápanyagforgalom kedvezőtlen megváltozása
- a talaj pufferkapacitásának csökkenése
- talajszennyezés.

A talajvédelem a talajpusztulás megakadályozása, hatékony védelem a környezet és/vagy a gazdálkodás fenntartása érdekében (Birkás et al. 2000). Eredményes gazdálkodás degradált, erodált talajon nem folytatható, és az ilyen talajokon végzett termelői tevékenység tovább súlyosbítja a talaj és a környezet állapotát is (Birkás 1995, Fekete 1996, Jolánkai et al. 1997). A talajállapot javító és fenntartó művelés agronómiai és környezetvédelmi előnyökkel jár, csökken a tömörödés (Hakansson és Voorhees 1997), az elporosodás veszélye, a szén-dioxid kibocsátás és ezen keresztül a szervesanyag fogyás (Gyuricza 2000). Ezek az előnyök a talaj kíméletes bolygatásának, és a talajon járás mérséklésének (Lipiec és Simota 1994) következtében állnak elő. A szántóföldi művelés alatt álló talajokon a mechanikai beavatkozások számának redukálása, a tarlómaradványok felszínen hagyása (részlegesen, vagy teljesen) azonban újabb kérdéseket vetnek fel: a kímélő és a talajvédő művelés hogyan befolyásolja a szén-dioxid kibocsátást, és milyen hatással van a talaj agronómiai szerkezetére valamint, hogy az erózió ellen milyen hatással alkalmazható.

A fentiek nyomán a termesztéstechnológia és a környezetvédelem közti harmónia kialakítására és fenntartására alkalmas módszereket célszerű kidolgozni, és azokat biológiai hatásaik szerint is elbírálni és rangsorolni.

A fizikai és a biológiai talajdegradáció közötti szoros a kapcsolat. Várallyay (2000) előbb a kiváltó okok megismerésére, majd a károk enyhítésére és megelőzésére hívja fel a figyelmet. A talaj minőséget befolyásoló mindkét tényező függ a talajhasználattól, és azon belül a művelés közvetlen és közvetett hatásaitól. A talajhasználat hatásait a termőtalajra az 1. táblázat mutatja (Várallyay 2000).

1. táblázat. A termőtalaj lehetséges változásai a talajhasználat hatására

Table 1. The potential changing of the topsoil connection with the effect of the land use

Jellemző		Kedvezőtlen irányú változások okai	Kedvező irányú változások okai
Mennyiség	Terület	más irányú földhasználat (iparfejlesztés, települések, infrastruktúra, üdülés, felszíni bányászat, hulladékelhelyező területek)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mezőgazdasági termelésbe vonás;</li> <li>- eddig nem használt, de alkalmas területek (szavanna, füves sztyeppek, „szűzföldek”) művelésbe vonása;</li> <li>- más természeti tényezők miatt (pl.: csapadékhiány) nem hasznosított területek művelésbe vonása (pl.: öntözéssel);</li> <li>- terméketlen vagy kis termékenységű talajok művelésbe vonása meliorációval</li> </ul>
	Vastagság	Erózió	<p>Feltöltés:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- természetes (lejtőhordalék, öntésanyag)</li> <li>- mesterséges (melioráció).</li> </ul>
Minőség		<ul style="list-style-type: none"> <li>- degradáció (víz és szél okozta erózió, savanyodás, sófelhalmozódás és szikesedés, fizikai degradáció, biológiai degradáció, tápanyagforgalom és biológiai tevékenység kedvezőtlen irányú megváltozása);</li> <li>- intenzív talajhasználat (talajszerkezet leromlása, talajdegradációs folyamatok);</li> <li>- szervesanyag-tartalom csökkenése</li> </ul>	



A fenntartható, környezetkímélő, EU-konform talajhasználat legfontosabb feladatai a következők (Várallyay 1997c; Várallyay és Németh 1999):

1. A termőhelyi adottságok és a természeti kívánt növények termőhelyi igényeinek eddiginél sokkal jobb összehangolása;

- jobb területi koordináció: az adott termőhelyi viszonyoknak megfelelő művelési ág és vetésszerkezet („termesszünk mindent ott, ahová való!”)

- a természeti kívánt növények „alakítása” az adott termőhelyi viszonyokhoz („tájfajták” nemesítése);

- a termőhelyi adottságok megváltoztatása az adott növény (fajta) termőhelyi igényeinek megfelelően (agrotechnika, melioráció).

2. A természeti viszonyoknak és a tájnak megfelelő méretű és alakú mezőgazdasági táblák rendszerének kialakítása (tulajdonviszonyok rendezése, infrastruktúra).

3. Talajdegradációs folyamatok (víz és szél okozta talajerózió, savanyodás, szikesedés, talajszerkezet-leromlás, biológiai degradáció) megelőzése, mérséklése.

4. A termesztési folyamat során keletkező szerves anyagok (növényi tarló- és gyökérmaradványok, állati ürülék és vizelet, feldolgozási melléktermékek, káros anyagokat nem tartalmazó hulladékok stb.) minél teljesebb visszacsatolása a természetes anyagforgalom körfolyamatába (recycling).

5. A talaj felszínére jutó víz talajba szivárgásának és talajban történő hasznos tározásának elősegítése, ezáltal a talaj (éghajlati okok miatt feltételezhetően egyre gyakoribbá váló) vízgazdálkodási szélsőségeinek (aszály-belvíz) mérséklése.

6. A növény igényeihez, tápanyagfelvételi dinamikájához és a termőhelyi viszonyokhoz (időjárás, talajviszonyok) igazodó ésszerű tápanyagellátási rendszer (okszerű szerves és műtrágyázás) minél általánosabbá tétele. Egyaránt feltétele ez a gazdaságosságnak, valamint a káros környezeti mellékhatások (talajsavanyodás, vízkészletek tápanyagterhelése stb.) eredményes megelőzésének, minimálisra mérséklésének.

7. A talajszennyez(őd)és megelőzése, bizonyos tűrési korlátok között tartása.

Valamennyi feladat hatékony megvalósítása a talajfolyamatok bizonyos mértékű, irányú, céltudatos szabályozását igényli. A természeti, a gazdasági és a társadalmi tényezők összefonódva, egymást kölcsönösen kiegészítve vannak jelen. Ez érvényes a talajokkal való gazdálkodásra, a talajokon termesztett növényekre, illetve az egész állatvilágra és az emberekre is. Összefoglalva, jövőben a cél a fenntartható fejlődés biztosítása.

## 2.3. Az erózió

### 2.3.1. A talajpusztulás

A természet jelenségeit megfigyelve láthatjuk, hogy a földfelszín állandóan változik. Amennyiben a talaj felszínét természetes növénytakaró (pl. erdő vagy gyep) fedi, a talaj építő és lepusztuló folyamatai bizonyos egyensúlyban vannak. Ha az ember talajművelő eszközeivel jól vagy rosszul beleavatkozik ebbe, akkor az egyensúly felborulhat. Ezt tapasztaljuk abban az esetben, amikor az ember az erdőket kiirtja, a gyeptakarót ekével megbontja, és az így védtelenné vált talajt kiteszi az eső és a szél pusztító hatásának, a műveléssel pedig további talajpusztulást idézhet elő (termőréteg vastagságának és a szerves anyag mennyiségének csökkenése, tömörödés, stb.) (Ujvári 1981).

Az emberi tevékenység hatására a talajpusztulás folyamata felgyorsult és napjaink egyik égető problémájává vált. A hegyekről és a dombokról lerohanó víz magával viszi a talajfelszín legértékesebb részeit, azokat a völgyek aljára hordja le, vagy tovább szállítja a folyókba és a tengerekbe (Erődi et al. 1965). A szélviharak felkapják a talaj finomabb részeit, és azokat nagy távolságra képesek elsodorni. Az évente így lepusztult néhány milliméter talaj hiányát nem is vesszük észre, de ha arra gondolunk, hogy talajaink termőréteg vastagsága nem végtelen (a legtöbb talajé nem több 50-60 cm-nél, és alatta már sok esetben az alapkőzet következik), akkor fel tudjuk mérni, hogy milyen nagy károkat okoz az elfolyó víz és szél a termőtalaj elhordásában (Barczy és Centeri 2005).

Duck (1969) megállapította, hogy a termőtalaj pusztulása következtében állandóan csökken a mezőgazdasági területek termőereje, ezért az ilyen területeken az elérhető termés mennyisége is egyre kisebb. Krisztián (1999a, b) adatai is ezt támasztják alá, mérései szerint akár 50 %-kal is csökkenhet a termések mennyisége a termőrétegek lepusztulása következtében. Sem a hazai, sem a külföldi szakirodalom nem tesz említést olyan esetről, amikor az ember által alapkőzetig tarolt talaj rövid idő alatt felépült volna. Így emberi léptékkal mérve, azaz művelés alatt álló területeken a talajok a nehezen megújítható természeti erőforrások közé kell hogy tartozzanak (Barczy és Centeri 1999).

A mezőgazdasági területek csökkenése nemcsak a művelés alól kivont területek, illetve az erdő területek növekedésének köszönhető, hanem a termőtalaj pusztulásának, az erózióknak, a deflációnak is. A szél és a víz által okozott talajpusztulás a tömörödéshez hasonlóan világszerte jelenség, a mezőgazdasági területeket sújtó degradációs folyamat. A talaj le-, illetve elhordását közvetlenül kiváltó tényezők mellett fontos szerepe van a befolyásoló tényezőknek, ezen belül is a talajhasználat módjának, az alkalmazott talajművelésnek (Krisztián 1988). Mára

világszerte ismert a víz és a szél talajromboló hatása. Az erózió okozta talajpusztulás napjainkban arra készteti a mezőgazdaság művelőit, hogy e folyamatokat megakadályozzák, vagy azokat jelentősen megfékezzék. Ezt indokolja az is, hogy az erózió és a defláció korábban kizárólag a lejtős termőhelyek illetve a homoktalajok problémája volt, viszont a szakszerűtlen művelés a síkvidéki csernozjomokon is degradációs folyamatokat indított el (Barczy 1996).

A víz- és szélerózió által veszélyeztetett területek aránya jelentős. Lal (1994) adatai szerint a talajdegradáció legelterjedtebb formája a vízerózió, mind világ, mind európai mértékben. Eszerint a vízerózió 1,1 milliárd hektáron, míg a defláció 550 millió hektáron okoz károkat. Oldeman (1994) a pusztulás mértéke szerint is elkülönítette az eróziós folyamatokat. Világméreteken a károsított területek 20 %-a sorolható az erősen erodált fokozatba, ugyanez az arány Európában és Magyarországon 11 %, illetve 26 %. A hazai viszonyokról Láng et al. (2007), Várallyay (1989), Stefanovits (1994) közölnek adatokat. A vízerózió valamilyen fokozata 2,3 millió hektárt érint, a defláció pedig 1,4 millió hektáron okoz károkat. Megállapítható, hogy a talaj pusztulása – bár eltérő mértékben (2. táblázat) – az ország területének több mint 43 %-át érinti (Michéli et al. 2003). Becslések szerint ezekről a sérült felszínekről évi átlagban kb. 80-100 millió m<sup>3</sup> talaj, ezáltal 1.5 millió tonna szerves anyag pusztul le. A termőtalaj eróziós veszteségét a természetes talajképző folyamatok nem tudják pótolni (Stefanovits 1992c).

A vízeróziót kiváltó tényezők – vagyis amelyek a talaj elmozdításához és szállításához szükséges közeget és energiát szolgáltatják – a következők (Stefanovits et al. 1999): *csapadék*: cseppnagyság, hevesség, tartam, hómenyiség, az olvadás ideje; *lejtő*: meredekség, hosszúság, alak, kitétség. A befolyásoló tényezők – amelyek a kiváltó tényezők talajra gyakorolt hatását csökkentik, vagy fokozzák – pedig (Stefanovits et al. 1999): a talaj nedvesség állapota, vízgazdálkodása, szerkezete, érdessége, növényborítottság. A *vízerózió* formái: felületi rétegerózió, barázdás erózió, vízmosásos erózió, padkásodás, és végül a szedimentáció (az erózió következményeként számolhatunk vele, a lepusztult talajrészek leülepedését jelenti).

2. táblázat. A különböző mértékben erodált területek megyénkénti elhelyezkedése (Duck 1960; Stefanovits 1994; Várallyay 1994).

Table 2. Different stage of erosion in main counties

Megyék	Erősen	Közepesen	Gyengén	Összesen
	erodált, 1000 ha			
Vas	29	36	45	110
Zala	44	83	47	174
Somogy	37	162	121	320
Baranya	24	67	70	161
Veszprém	144	52	51	247
Győr-Moson-Sopron	12	26	59	97
Komárom-Esztergom	17	65	100	182
Fejér	28	46	130	204
Tolna	40	90	75	205
Nógrád	63	59	25	147
Pest	43	44	52	149
Heves	19	39	29	87
Borsod-Abaúj-Zemplén	54	116	54	224
<b>Összesen</b>	<b>554</b>	<b>885</b>	<b>838</b>	<b>2297</b>

### 2.3.2. Az erózió és defláció folyamata és tényezői

A leggyakoribb szóhasználat szerint a talajpusztulás a víz és a szél által okozott eróziót, a talajszemcsék túlnyomórészt mechanikai hatásra történő elszállítását jelenti. Talajtani értelemben Stefanovits (1977) szerint az erózió azon pusztító jellegű folyamatok összegzése, amelyek hatására a talaj felső rétege fokozatosan elvékonyodik, vagy gyorsan lepusztul, ezáltal termékenysége leromlik, esetleg mezőgazdasági művelésre alkalmatlanná válik.

Hazánkban a víz talajromboló hatását erózióknak, míg a szél talajpusztító hatását deflációknak nevezzük. Az angol nyelvű szakirodalom a víz által okozott talajpusztulást vízerózióknak (water erosion), a szél által okozott talajpusztulást pedig szélerózióknak (wind erosion) nevezi.

Az erózió egyaránt előfordulhat dombvidéken, illetve síkvidéken. A síkvidéki erózióra elsősorban a rossz vízgazdálkodású szikes talajokon számíthatunk. Az ilyen talajok könnyen duzzadnak és zsugorodnak, nedvesség hatására felszínük elfolyósodik. Kiszáradva mély repedések képződnek, amelyekbe a felszínükről csapadék hatására a mélyebb rétegekbe mosódnak a kolloidok, így a felső termőrétteg folyamatos vékonyodása mellett a talajszelvény is egyre tömöttebbé válik. A mélyebb termőréttegű szerkezetes szikeseken pedig padkás

képződmények alakulnak ki. A szikes talajok általában az alföldeken találhatóak, de a talajpusztulás a fenti okok miatt már szemmel alig érzékelhető 1 %-os lejtőn is bekövetkezik. A felszín közelében elhelyezkedő sós réteg miatt ezeken a talajokon már a legvékonyabb feltalajvesztés is nagy károkat okoz (Tóth 2002).

A talajerózió a talajnak rendszerint a legértékesebb rétegét, a humuszban és tápanyagokban gazdag alkotórészeit hordja le, és éppen ezért káros folyamatnak tekinthető. A talajerózió elleni hatékony védekezési eljárások kidolgozásának alapfeltétele az erózióra ható tényezők, az eróziós formák és folyamatok, valamint ezek területi különbségeinek megismerése.

A víz okozta eróziós folyamat három fázisa Stefanovits (1977) szerint:

1. Az esőcseppek csapóhatásától a talaj aggregátumai mikroaggregátumokra vagy egyenesen elemi részekre esnek szét, eliszapolódnak.
2. A szétesett talajrészecskéket a lefolyó víz elszállítja.
3. A hordalékot szemcsenagyság szerinti sorrendben különböző távolságokban lerakja.

Az eróziós formák az eróziós folyamatok eredményeként jönnek létre. Stefanovits (1964) a következő eróziós formákat ismerteti:

- csepperózió
- mikroszoliflukció
- lepelerózió
- barázdáserózió
- árkos erózió
- szakadékös erózió
- kémiai vagy oldási erózió
- szedimentáció

A talajeróziót kiváltó tényezőket a 3. táblázat mutatja (Stefanovits 1977).

### 3. táblázat. A talajeróziót kiváltó és befolyásoló tényezők

Table 3. Cause and influence factors of water erosion

Kiváltó tényezők		
Csapadék	Eső  Az olvadó hó	Mennyisége Cseppnagysága Hevessége Időtartama Mennyisége Elolvadási ideje
Lejtő		Meredeksége Hosszúsága Alakja Kitettsége
Befolyásoló tényezők	A talaj nedvességi állapota A talaj vízgazdálkodása A talajszerkezet Növényborítottság	

A talajok nedvességi állapota és vízgazdálkodása szempontjából jelentős, hogy milyen a talajok vízvezető, illetve víztartó képessége, továbbá mekkora a pillanatnyi nedvességtartalma. Például a nedvességtartalom igen nagy hatású a csepperózióknál, ahol a száraz talajmorzsák az esőcsepp hatására a bennük lévő levegő hirtelen kiáramlása következtében szinte felrobbannak (Kerényi 1981). A többi eróziós formánál a nagy nedvességtartalom inkább előkészíti a talajt a lepusztulásra (Salamin 1982).

A talajok morzsás szerkezete, a morzsák erózióval szembeni ellenállása jelentős eleme az eróziós hatásnak (Kerényi 1991). A kalciummal és magnéziummal telített talajok morzsái jól összeragasztottak, míg a hidrogénnel és nátriummal telítettek ragasztóképessége rosszabb, és így ezek az utóbbiak gyorsabban erodálódnak. Feltétlenül szerepük van talajok baktériumok és gombák által termelt szerves anyagtartalmának, a humusznak az eróziós folyamatoknál. A hazai talajok humusztartalma a láptalajok kivételével 1 és 8 % közötti, aminek egy része úgynevezett tartós humusz, amely jól ragasztja össze a morzsákat és nagy ellenállóképességet biztosít ezeknek. Azonban a humusz szerepének vizsgálatánál is óvatosan kell eljárni, mivel még az erőteljesen humuszos talajok is csak abban az esetben ellenállóak, ha kalciummal telítettek (Fekete et al. 1967).

A talajok rétegzettsége is okozhat eróziós zavarokat. A talaj ABC szintjeinek eltérő sajátosságai, az alsó tömődött (pl.: eketalp betegség) réteg okai lehetnek az erózióknak. Lehet, hogy a feltalaj kitűnően vezeti a vizet, de a B altalajsínt vizet záró, ilyenkor a vizet vezető és a vízzel átitatott réteg esetleg igen vékony, az A szint könnyen lecsúszhat az altalajon (Salamin 1982). Ugyan ilyen problémát okozhat a helytelen, évről-évre azonos mélységben végzett talajművelés által kialakult tömör záróréteg (eketalp, tárcsatalp betegség) is.

A különböző művelési ágaknak és az egyes növényeknek is nagy hatásuk van az erózió kialakulására. A szántott területeken az eróziós pusztítás igen nagy. Zárt növénytakaró esetén, főleg ha ez a zártság a zivataros hónapokban nagyfokú, védi a talajt a csepperózió és a felületi eróziós hatásokkal szemben is. Különösképpen jó az erdő hatása. Az erdőben sokáig megmaradó hótakaró kedvezően befolyásolja a beszivárgási sebesség alakulását, és nagy a szerepe a jó talajszerkezet kialakulásában is. Az erdei avartakaró pedig szivacszerűen visszatartja a vizet. Az erdőn kívül kedvezőek a sűrű, alacsony és közepesen magas szántóföldi növények. Kedvezőtlenek azonban a ritka és közepesen magas és magas állományú növények. A 4. táblázat a növények talajvédő hatásuk szerinti csoportosítását mutatja be Petrasovits és Balogh (1969) munkája alapján.

4. táblázat. Növények csoportosítása talajvédő hatásuk szerint

*Table 4. Grouping of plants according to the influence of soil protection*

A talajvédelem határfoka	A növények védőhatás szerinti sorrendje
Jó	1. Állandó gyep (kaszálással hasznosítva) 2. Herefüves keverék 3. Lucerna 4. Vöröshere 5. Baltacím 6. Szarvaskerep
Közepes	1. Bíborhere, repce 2. Őszi takarmánykeverék 3. Őszi árpa 4. Őszi rozs 5. Tavaszi árpa, rozs 6. Őszi búza 7. Töltögetett burgonya
Gyenge	1. Tavaszi takarmánykeverék 2. Borsó 3. Bükköny 4. Csalamádé 5. Szudáni fű 6. Szójabab 7. Bab 8. Burgonya
Rossz	1. Takarmányrépa 2. Cukorrépa 3. Dohány 4. Napraforgó 5. Kukorica

A növényborítottság hatása kettős, részben megtartó, részben fejlesztő. A megtartás a széllel és vízzel szembeni védelmet jelenti. Ennek során az elsőrendű erózióellenes hatás, hogy a növényzet felfogja az esőcseppeket mintegy abszorbeálva kinetikai energiájukat megszüntetve a nagy intenzitású esők záporozó hatását (a talajmorzsák felrobbanását, a felületi vízlepel turbulenciájának fokozását). Egyben közvetve megelőzi a talajfelszín eliszapolódását, tömörödését, és ezzel a beszivárgási sebesség csökkenését (Fekete et al. 1967; Centeri 2002b).

A talajok állapotának javítása elősegíti a jó művelhetőség elérését. A beszivárgási sebesség fenntartásával a felszíni szerves kolloidok humuszos frakciói bejuthatnak a talajba, és elősegíthetik a kedvező morzsás szerkezet kialakulását. A növénytakaró alacsony szinten tartja a tápanyag és a szerves anyag veszteségét, és ezzel segíti a talaj fejlődését (Stallings 1953).

A **szélerózió** kialakulási folyamatát általában három, lényegileg elkülönülő részre szokás osztani. Az *első szakaszt* a felszíntől való elmozdulás képezi, amit a részecskére ható erők eredője határoz meg, amihez egy kritikus szélesebesség, úgynevezett küszöbsebesség tartozik. A *második szakaszban* a már elmozdult részecskék a felszínen és annak közvetlen közelében egy bonyolult ütközésekkel és sok esetben aprózódással járó mozgásformában vesznek részt. A *harmadik szakaszban* az arra képes, finomabb és könnyebb részecskék a levegőbe emelkedve a talajközeli szélviszonyok függvényében más-más pályát és távolságot futnak be. A fenti három mozgásformát nem lehet élesen elválasztani egymástól, az átmeneteket folyamatosnak kell elképzelnünk és az átmenetek egy bizonyos fázisában meg is szűnhetnek (Bodolay 1959; Lóki 2000). Egyes kutatók – így Karácsony (1991) is – a széleróziós folyamat részeként kezelik a részecskék lerakódását is.

Fizikai értelemben a deflációt alapvetően két összetett tényező határozza meg: a szél sebessége, örvénylése és a deflációs terület kitétsége és hossza (Zsembeli 2006). A deflációt befolyásolja a talaj:

- szövete, mechanikai összetétele,
- szerkezete, tömődöttsége,
- szervesanyag-tartalma,
- nedvességállapota,
- felszínének érdessége és borítottsága.

Ezek a tényezők összetetten, de a természeti adottságoktól függően különböző súllyal jelennek meg a termőhelyeken. A gyér vagy hiányzó növényborítás, a laza, száraz, sima talajfelszín, a nagy táblaméret, az erős szél, a szélvédő erdősávok hiánya azok a legfőbb tényezők, amelyek növelik a defláció veszélyét (Borsy 1972; Bodolay 1975).



### 2.3.3. Az erózió és defláció kártétele

A különböző eróziós formák más-más degradációs hatással lehetnek a talajra. A *csepperózió* elsősorban növényzet által nem fedett területeken (pl. szántóföldön) alakulhat ki, hatása azonban akkor különösen káros, ha az esőcsepp száraz talajszemcsére hullik, a bezárt levegő túlnyomására visszavezethető aggregátumrobbanás, másrészt a nagyméretű esőcseppek mechanikai rombolóhatása következtében. A becsapódó esőcsepp a tér minden irányába szétszórja a talajszemcséket. Ez jelentős szerkezetrombolással, szétiszapolódással jár (Kerényi 1981).

A *felületi rétegerózió* akkor jön létre, amikor a már szétiszapolt, vagy még éppen maradt kisebb aggregátumokat a lejtőn megjelenő vízlepel rétegszerűen hordja le. Ezáltal a termőréteg viszonylag egyenletesen és fokozatosan vékonyodik el. Különösen akkor lesz a talajpusztulás erős, ha az erózió feltételei hosszú időn át fennállnak, illetve a vízlepelképződés gyakran ismétlődik. Ennek eredményeként fokozatosan az egész talajréteg lepusztulhat. A kopár sziklák és földes kopárok is gyakran így keletkeznek, amelyek a talaj teljes pusztulását jelentik. A felületről a szétiszapolt talajból a finomabb alkotórészeket (agyag, iszap) előbb hordja le az erózió. Ezért az erodált talajok – a leiszapolható részhez kötött – tápanyagokban szegényebbek lesznek. A homokfrakció nagyobb arányban marad vissza, ami a talaj vízgazdálkodását, főleg víztartóképeségét tovább rontja (Mattyasovszky 1956; Kadlicskó 2006;).

A dombvidék egyes lejtőin a talajok kőzettörmelékben gazdagok. Az erózió szelektíven pusztítja a talajt: a legértékesebb, a humuszban gazdag finom szemcséket könnyebben elszállítja, míg a kőzetdarabok a helyükön maradnak. E folyamat eredményeként a talajfelszín egyre kövesebb lesz. A köves talaj rossz víztároló képessége megnöveli a lefolyó víztömeget, növelve ezzel az erózió mértékét (Mattyasovszky 1953).

Mindezek ritka és fejletlen növényállományt eredményeznek, amely nem biztosít lényeges talajborítást, talajvédő hatást. A különböző növények azonban – alkatuknál és agrotechnikájuknál fogva – igen eltérően vannak kitéve az erózió káros hatásának, és talajvédő szerepük is eszerint változik (Centeri 2002b). A messziről feltűnően látható kivilágosodott erodált foltok rontják a táj összképét is. A világos színű talajok hógazdálkodása – kedvezőtlen irányban – megváltozik. Ezzel gyakran együtt jár, hogy a humusz hiánya, továbbá a homokfrakciók arányának káros megnövekedése a talaj vízkapacitását jelentősen csökkentik. Az erózió miatt egyébként is igen deficités vízmérlegű területeken ezáltal növekszik az aszálykár veszélye (Barczi és Centeri 2005).

A *vonalas eróziós formák* között megkülönböztetünk barázdás, árkos és szakadékos eróziós formákat. A barázdás erózió kb. 15-20 cm-es barázdaszerű talajba maródást jelent, de legfeljebb a szántott réteg vastagságáig terjed. Hegy-völgy irányú szántás esetén a barázdás erózió szinte az egész táblára kiterjedhet. A lejtőn szakszerűtlen irányban kialakult – vagy elhelyezett – dűlőutakon és a táblán hegy-völgy irányban kialakult keréknyomok vonalán is igen gyakran előfordul. A barázdás, majd vízmosásos erózió hatásaként járhatatlan földutak helyett a járművekkel a tábla szélén egyre beljebb hajtanak; ezáltal az újabb nyomvonalon további területeken taposnak utat, de ezzel utat nyitnak a további barázdás erózió részére is. Így keletkeznek a vándorló utak. Ezért a dűlőutak kialakításának módja talajvédelmi szempontból is fontos kérdés, sok körültekintést igénylő feladat, mert az utak jó vagy rossz járhatóságát, és negatív környezeti hatást is eredményezhet (Jakab 2006; Kertész 2006).

Az árkos erózió leginkább valamely erős zápor vagy felhőszakadás által sújtott, frissen szántott területen fordul elő. Kezdetben majdnem mindig eróziós barázda formájában jelentkezik, de a nagy tömegben lezúduló víz igen mélyen belemar a talajba. Az árkos erózió mélysége elérheti a 2-3 métert, szélessége pedig az 1-5 métert is. Az árkos erózió keresztmetszete kötött talajon V alakú, lazább talajon U alakú (Góczán és Kertész 1990).

Az árkos eróziót talajműveléssel megszüntetni, vagyis átművelni már nem lehet csak külön – műszaki jellegű – földmunkával lehet korrigálni. Ezt viszont az eróziós árok keletkezése és észlelése után mielőbb el kell végezni, mert újabb erős záporok esetén szinte biztosan szakadékos erózióvá terebélyesedhet. Ha viszont az árkos erózió a táblán belül már nemcsak egy-két helyen jelentkezik, vagyis az egész tábla művelhetőségét nagy területen zavarja, akkor a szántóföldi művelést meg kell szüntetni, és a tábla vagy táblarész gyepesítése vagy erdősítése válik indokolttá (Krisztián 1994; Gyuricza 2001).

A szakadékos erózió az előző eróziós formákkal ellentétben általában nem keletkezhet csupán egyetlen csapadék hatására. Leginkább az idejében be nem temetett árkos erózió helyeinek kinagyobbodása révén alakul ki. A szakadékos erózió színhelyei egyrészt az ember tájlesztetékai környezetét rontják, másrészt a tájban, mint „nyitott seb”, további eróziós veszélyforrást jelentenek. Ezen túlmenően egyben balesetek okozói is. Ugyanis az emberek, járművek szakadékbba zuhanásának, valamint a partbeomlás lehetőségének veszélye – tágabb értelemben – szintén a környezetvédelem körébe tartozik. Ezért a szakadékos eróziót, mint a termelés szempontjából holt területet, továbbá mint veszélyforrást feltétlenül meg kell szüntetni. Ennek módjaként leginkább az erdősítés jöhet számításba (Kátay 2002; Tóth 2002).

A sók oldási eróziója az eróziós formák különleges esete. Az oldási erózió a talajban levő minden vízoldható anyagra kiterjedhet. Ezek közül azonban környezetvédelmi szempontból elsősorban a vízoldható növényi tápanyagok víz általi kioldása, elszállítás és a talajban lévő

tápanyagkészlet erózió okozta változása, területi áthelyeződése igen lényeges kérdés. Az eróziós tápanyagveszteségek között első helyen szerepel a nitrogén. A lejtőről lefolyó víz oldásának kitett N-műtrágyák jelentős része az erózió hatására az üzemi tábláról oldat formájában távozik, elfolyik. Az elfolyt N-tartalmú víz a völgyben és a vízfolyásokban egyéb tápelemek rovására olyan mértékű arányeltolódást idézhet elő, amely az ottani növényzet rendellenes fejlődését okozhatja. A szilárdformában elmozduló, vagy a talajrészecskékhez tapadt foszforműtrágya az élővizek eutrofizációját gyorsíthatja meg. A nagyobb mennyiségű oldott tápanyag az élővizekben a fotoszintézis és a respiráció arányát megbontva okoz súlyos környezetkárosítást (Marton 2001; Pálmai 2002).

A mezőgazdaság kemizálása által érintett területeken az oldási erózió másik fontos megjelenési formája az, amikor az elfolyó víz a szakszerűtlenül alkalmazott szelektív gyomirtó és növényvédő szereket is lemossa a lejtőkről, amelyek a szedimentált területekre jutva nagy károkat okoznak, amennyiben ott másféle a növényállomány (Sisák et al. 1998; Marton 2001).

A szedimentáció vagy talajfelrakódás jelenségről beszélünk akkor, amikor a lehordott talajalkotó részeket, vagy ezek bizonyos hányadát az elfolyó víz a helyi eróziós bázison lerakja. A szedimentáció folyamán a talajszuszpenzióból először az aggregátum vagy mikroaggregátum formájában lesodort, de még el nem iszapolódtott talajrészecskék rakódnak le. Utána rakódnak le a durva, a közepes és a finom homokszemcsék, majd a por-, és végül az agyagfrakció (Potyondy 2007).

A szedimentáció során képződött talajréteg nedvesen szinte teljesen lezárja a szedimentált talajfelszín pórusait, de még kiszáradás után is jelentősen csökkenti azok vízáteresztését. A talajhordalék által részben eltemetett kultúrnövények el is pusztulhatnak. Ha túl is élnek a szedimentációs kárt, további élettevékenységük jelentősen károsodik. Ez nemcsak a talaj és a növény kedvezőtlen aerációs viszonyaival magyarázható, hanem az ilyenkor rendszerint bekövetkező növénytáplálkozási diszharmonióval is (Schwertmann et al. 1987).

A szedimentált területeken a talajok eredeti tápanyagegyensúlya felborul, mert ide nemcsak a N-forrásul szolgáló humusz rakódik le, hanem az alkalmazott műtrágyákból lemosott N jó része is itt párolódik be, a lapályos táblarészekre lerakódott egyéb hordalékokkal együtt. Ezért amíg a lejtő nagyobb táblarészein a növények N-hiányban szenvednek, addig e területeken a N-bőség túltáplálást eredményez. Téves az a hiedelem, hogy amennyivel a lejtő talajának termékenysége a lehordással csökken, a völgyben lévő szedimentált területen a talajtermékenység ugyanannyival növekszik (Ulen 1997).

Célszerű kiemelni, hogy a lejtők erodált foltjain – a vízhiány és tápanyagszegénység miatt – amennyivel korábban kényszerülnek beérni a növényi termések, a szedimentált területek egyoldalú nitrogén-túltápláltság következtében kb. ugyanannyival késik az érés. Így egyrészt az

erodált foltokon levő kényszerű koraérés, másrészt a lejtő alján az érési idő kitolódása az egész táblán lehetetlenné teszi az optimális betakarítási idő megválasztását. Gyakran a szedimentált táblarészek nagyobb víztartalmú beéretlen termései rontják az egész tábla termésének összetételét, ugyanakkor az erodált talajfoltokon a túlérés, emiatt pedig a pergési veszteség fokozott veszélye áll fenn (Krisztián 1999a).

A folyópartok eróziója természetes folyamat. A folyók kanyarulataiban az egyik parton a hordalék lerakódása, míg a másik parton, ahol gyorsabb az áramlás, a folyópart folyamatos eróziója folyik. Így alakultak ki régen a holtágak. Ezt a jelenséget a nem szabályozott folyókon még ma is megfigyelhetjük (Barczy és Centeri 2005).

A víztározók eliszapolódása szintén az eróziós hordalék lerakódásából származik. Ennek mértéke szoros összefüggésben áll a vízgyűjtő területen megnyilvánuló eróziós folyamatok intenzitásával. Mindez az ipari és mezőgazdasági célra tárolt víz mennyiségére és önköltségére jelentősen kihat.

Az erózió kártételére vonatkozóan Stefanovits (1994) és Várallyay (1994) által készített összefoglaló útmutatót az 5. táblázat mutatja be.

#### 5. táblázat. Talajerózió Magyarországon

Table 5. Erosion in Hungary

	1000 ha	Az egész terület százalékában	A mezőgazdasági területek százalékában	Az erodált területek százalékában
Az ország területe	9303	100	-	-
Mezőgazdasági területek	6484	69,7	100	-
Szántóföld	4712	50,7	73	-
Összes erodált terület	2297	24,7	35,3	100
Erősen erodált	554	6	8,5	24,1
Közepesen erodált	885	9,5	13,6	38,5
Gyengén erodált	852	9,2	13,2	37,4

A **szélerózió** elsősorban a száraz éghajlati övet, valamint a nagy kiterjedésű kontinensek belső száraz területeit veszélyezteti. Éghajlatunk szárazságra hajlamos, ezért ez a veszély Magyarországon is fennáll (Ujj 2006).

Hazánkban, napjainkban a szélerózió legnagyobb és legkézzelfoghatóbb kártételei a mezőgazdasági termeléssel és így a termőtalajok széleróziójával kapcsolatosak. A szélerózió közvetlen mezőgazdasági kártételeit a megfigyelések alapján a szakemberek három csoportba sorolják, Karácsony (1991) közlésében ezek a következők:

1. A talajrészecskék elmozdításával együtt járó *kifúvás*. A kifúvás mértéke lehet akkora, amely egy fiatal növény számára már elviselhetetlen. Tavasszal a széleróziós károk egy része abból származik, hogy a növény a gyökérszóna kitakarása után elpusztul.

2. A talajrészecskék felszínhez közeli mozgásának és ütközéseinek folyamata a *homokverés*. A nagyjából vízszintesen áramló részecskék impulzusai sok esetben bőségesen elegendők ahhoz, hogy a növény levelével, szárával történő ütközés során azok jelentős mechanikai sérülést okozzanak. A fiatal növényt több ponton ért mechanikai sérülés olyan mértékű is lehet, hogy ezt már a növény nem tudja kiheverni, és mint ezt számos homokverés után tapasztalhatjuk, elpusztul.

3. A lerakódással, illetve az akkumulációval együtt jár a betakarás vagy *befúvás*. A talajközeli szélviszonyok alakulása lehet olyan, hogy egy területen talajfelhalmozódás léphet fel, az elhordott mennyiség kisebb, mint az odaszállított. Sok esetben néhány centiméter felhalmozódás teljesen képes a fiatal növényzetet betakarni és elpusztítani.

A szélerózió közvetett kártételei Karácsony (1997) szerint az alábbiak:

- vetőmagok, növényvédőszeres és műtrágyák elhordása,
- a termékeny réteg erodálódása, elhordása révén tápanyagvesztés,
- mezőgazdasági utak, csatornák befúvása,
- a talajfelszín kiszárítása.

#### **2.3.4. Az erózió és a defláció elleni védekezés formái**

A talajpusztulás elleni védekezés során általános elvként követhető, hogy az erózió hatására ne pusztuljon le több talaj, mint amennyivel a talajképződés üteme lépést tud tartani. Mivel ez az ütem talajtípusonként változó, a megengedhető vagy tolerálható talajlehordás is különböző. Általában azt fogadhatjuk el elvként, hogy a talajképződés 100 évenként 1-2 cm-rel mélyebbre hatol. Így a megengedhető talajlehordás nem haladhatja meg a 100-200 t/ha értékét 100 év alatt (Stefanovits 1999c). A talajvédelem minden olyan területünkön fontos, ahol emberi hatásra fölgyorsult a talajdegradáció.

A víz által előidézett talajpusztulás ellen való védekezés módja a kiváltó és a befolyásoló tényezők milyenségéből következik. Az egyes eljárások megválasztása és alkalmazása kizárólag attól függ, hogy milyen eszközök állnak rendelkezésre és alkalmazásuk mennyire alkalmas. A védekezés módja az, hogy a kiváltó tényezők hatását csökkentjük, a módosító tényezőket pedig úgy befolyásoljuk, hogy a pusztulás csökkenjen.

A befolyásoló tényezők ismeretén alapuló eljárások az agronómiai talajvédelem keretébe tartoznak.

A kiváltó tényezők közül a csapadék mennyiségét vagy intenzitását nem változtathatjuk meg. A lejtőknek a hossza befolyásolható, vagyis az a távolság, amelyen a felületi lefolyásból származó víz összegyűlhet.

#### **2.3.4.1. Agronómiai talajvédelem**

Sorrendben mindenkor az agronómiai talajvédelemé az elsőség és csak szükség esetén egészítjük ki műszaki talajvédelemmel. Ez nem azt jelenti, hogy az agronómiai talajvédelem ne lenne minden esetben önállóan is alkalmazható, legfeljebb hatása nem szünteti meg, hanem csak csökkenti a talajpusztulást.

Sorra véve a befolyásoló tényezőket, a talajpusztulás meggátlása vagy megfékezése az alábbi eszközökkel lehetséges Stefanovits (1992c) szerint.

**A művelési ág megváltoztatása.** A 25 %-nál meredekebb lejtőkön már nem folytatunk szántóföldi művelést, hanem célszerű műszaki talajvédelemmel egybekötve szőlőt vagy gyümölcsöst létesíteni. A 40 %-nál meredekebb lejtőket pedig minden esetben erdősítjük. Legelőt, megfelelő talajvédelemmel, szintén létesíthetünk a szántóföldi művelésre már nem ajánlható, meredekebb lejtőkön.

**Táblásítás.** Az erózió megakadályozható, ha már eleve olyan táblaméretet és alakot hozunk létre, amely minimális talajleomosódást ígér. Az 5-12 %-os lejtőn a javasolt táblaméret 45-20 ha, míg 12-17% lejtőn ez 30-10 ha-ra csökken (értelemszerűen a kisebb lejtéshez tartozik a nagyobb táblaméret). A tábla alakját meghatározza a javasolt méret mellett ajánlott táblaszélesség is. 5-12 %-os lejtő esetében 300-200 m 12-17 %-os lejtőnél pedig 200-100 m táblaszélesség az ajánlott. A dombvidéken az amúgy is kisebb táblákat hosszirányukkal a lejtő főirányára merőlegesen alakítjuk ki.

**Talajművelés.** Surányi et al. (2001) szerint kiemelt figyelmet kell fordítani a csapadék mennyiségére és eloszlására, valamint intenzitására. Mivel ezt szabályozni nem tudjuk, csak alkalmazkodással enyhíthetjük, vagy előzhetjük meg kártételét. A talajerózió során ugyanis jelentős mennyiségű humuszos feltalaj sérülhet – részben vagy kedvezőtlenebb esetben teljesen – ami a talajhasznosítás szempontjából az egyik legértékesebbnek tekinthető talajréteg. Mindezek szükségessé teszik a kedvezőtlennek minősülő talajok csapadékmegőrző, „vízmegővő” technológiájának, kímélő talajművelésnek és ésszerű hasznosításnak alkalmazását (Matos 1977; Kátay 2002).

A művelésnek nagy szerepe van a környezeti károk előidézésében és annak súlyosbításában is. A sokmenetes művelési rendszer, azon belül is a többszöri mechanikai elmunkálás, nem csak szerkezetromlást, de a víz- és szél-erózió kártételének fokozódását is eredményezi. Nagy et al.

(1999) kísérleti eredményei szerint a szántás nélküli talajművelésben a nedvesség viszonyok kedvezőbben alakultak, a párolgási veszteség is kisebb volt. A talaj felületén maradt tarló maradványok csökkentették a csapadék ütőhatását, a felszín eliszapolódását, a vízfolyást és fékeztek a talajlehordást.

Az agronómiai védelem legfontosabb eljárásai a talajműveléshez kapcsolódnak. Ide tartozik minden olyan eszköz és módszer, amely csökkenti vagy késlelteti a felszíni folyás megindulását, és növeli a talaj vízbefogadó képességét. Az első csoportba a talajfelszín alakító speciális eszközök tartoznak (Kadlicskó 2006):

- a felszín érdességét, a vízvisszatartást növelő hengerek,
- a védőfelszín (hullámos, mulcshagyó) kialakító kultivátorok,
- az ormos szántás,
- a bakhátas művelés.

A második csoportba soroljuk azokat az eljárásokat, amelyek a talaj vízbefogadó képességét növelik, és így csökkentik az eróziós károkat

- a mélyművelés (mélyítő művelés) eszközei és megoldásai,
- a lazító eszközök (nehézkultivátorok, talajhasogatók, mélylazítók) munkája.

A művelés és a vetés irányát minden esetben a lejtőre merőlegesen, a rétegvonalak mentén kell kialakítani. A hegy-völgy irányú művelés még a leghatékonyabban alkalmazható művelőeszközök talajvédő hatását is rontja, mivel utat nyit a gyorsított eróziós folyamatoknak.

**Vetésszerkezet kialakítása.** A szántóföldi növények talajvédő, fedettséget biztosító hatása igen eltérő, ami függ a növényállomány sűrűségétől, a gyökérrendszer sajátosságaitól, valamint a talajfedettség időtartamától (Tóth 2002). Talajvédő növényssorrenddel hozzájárulhatunk a talajvédelem eredményességéhez. A vetésszerkezet kialakítása során a következőket kell figyelembe venni:

- a 0-5 %-os lejtőtartományban kivételes esetektől eltekintve (túl hosszú lejtő, igen laza talaj) a vetésszerkezetet korlátozni nem kell, ezeken az intenzív szántóföldi művelésre alkalmas talajokon lehetőleg ne telepítsünk szőlőt,
- az 5-12 %-os lejtőtartományban a rossz és gyenge talajvédő hatású növények arányának enyhe korlátozása szükséges, természetük esetén talajvédő eljárásokat kell alkalmazni,
- a 12 %-on felüli lejtőkön a gyenge és rossz talajvédő hatású növények arányát korlátozni kell, és csak talajvédő művelési eljárások mellett termesztetők.

A kultúrnövény betakarítása után a talajfelszín fedetlenül hagyása, kiszáradásának elősegítése a talaj biológiai tevékenységének hanyatlásával, a művelhetőség határfokának

romlásával, valamint az erózióknak kitett területek degradációjával jár (Birkás et al. 1989; Várallyay 1996b; Gyuricza 2000).

A károk megelőzéséhez, a talajok kedvező állapotának fenntartásához fizikai és biológiai módszerek alkalmazhatók, amelyek a növénytermesztés és földművelés eszközeinek kombinált és ésszerű használatával valósíthatók meg. A talajvédő hatást kettős termesztéssel tovább fokozhatjuk, pl. az alá- vagy fölvetéssel létrehozott fedett tarló, illetve másodvetés, valamint a köztes védőnövények (catch crop) alkalmazása kitolja a talajfedettség időtartamát. A köztes védőnövények egyik alkalmazási célja a víz- és szél-erózió megakadályozásában határozható meg (Larson et al. 1998). Czinóczy (2001) a tápanyag visszatartó védőnövényt a kedvezőtlen adottságú területek úgynevezett biomeliorációs eszközének tekinti a gyakorlatilag folyamatos felszínborítása miatt. A talaj felszínének védelme talajtakarással valósítható meg, ezáltal elkerülhető kiszáradása, a szél és a víz általi elhordása, elporosodása vagy cserepedése. Az élő növényvel való folyamatos borítás – vagyis például a köztes védőnövények termesztése – elsősorban a laza szerkezetű, védelemre szoruló területeken tölt be erózióvédelmi funkciót (Ujj 2006).

#### **2.3.4.2. Műszaki talajvédelem**

Elméletben a lejtők hajlása megváltoztatható, azonban ez nagyon költséges lenne, ezért a lejtőhossz módosítását szokták elvégezni. A lejtők tagolásának módja közé sorolható a sáncolás, a teraszolás és az övárók létesítése, mint a műszaki talajvédelem része.

**Sáncolás.** Stefanovits et al. (1999) szerint sáncnak nevezzük a lejtő olyan hullámosítását, amely vízvisszatartásra vagy vízelvezetésre alkalmas, és a lejtőket tagolja. Határvonalai a lejtő eredeti vonalához éles átmenet, törés nélkül csatlakoznak. Szerepe kettős, egyrészt csökkenti a felszíni lefolyás sodróerejét a lejtőhossz szakaszokra osztásával, másrészt növeli a talajba szivárgó vizet, így növeli a talaj vízkészletét. 8 %-os lejtésnél a sánc szélességének 12-16, 8-12 %-os lejtőnél pedig 16-20 m-nek kell lennie. A talajtulajdonság függvényében a sáncok egymástól való távolsága 18-50 m.

**Teraszolás.** Az erózió, így a felszínen elfolyó vizek megfékezésének egyik leghatékonyabb és ennek megfelelően legköltségesebb módja. A terasz olyan mesterséges tereplépcső, amely a lejtő egy részén jelentősen csökkenti a lejtő hajlásszögét. A teraszok között megkülönböztetünk vízszintes és lejtős teraszokat, vizet tartó, vizet nem tartó és vizet elvezető; rézsús és támfalas; folytonos és megszakított teraszokat.

A költségek miatt ezt az eljárást szinte kizárólag szőlő és gyümölcs ültetvény telepítésekor szokták alkalmazni, sokkal gyakoribb a sáncolás és az övárkok létrehozása.



**Övárkok.** Az övárkok létesítése a keletkezett vizek levezetésének egyik módja. A megközelítően szintvonalasan létesített árkok végeit gyepvel vagy egyéb burkolóanyaggal (kő, tégl, beton) fedett vízelvezetőbe kell kötni. Az övárkok mélysége kb. 80 cm. A kitermelt földet a völgyfelőli oldalon fölhalmozva egy mintegy 50 cm magas padkát hozhatunk létre. Mindkettőt gyepesíteni kell. Ügyelni kell arra, hogy az árok hosszúsága ne haladja meg a 300 m-t. A vízelvezetők optimális távolsága így 600 m lesz. Magukat az árkokat 40-50 m-nél közelebb nem érdemes kialakítani (Stefanovits et al. 1999).

A gyepesített vízelvezető árok a már kialakult kisebb, vonalas eróziós formák továbbfejlődését gátolja, füvesítés, cserjeültetés, és fatelepítés kombinációjával szokták megoldani.

### **2.3.4.3. A defláció elleni védekezés formái**

Korábban a homok és lúp területeket tekintettük a deflációs talajpusztulás által fenyegetetteknek, károsítottaknak. Napjainkra a kötött, nagy agyagtartalmú, kolloidtartalmú talajok sem mentesek a deflációtól (Krisztián 1999a).

A szél-erózió elleni eljárások többségükben agrotechnikai jellegűek. A deflációt kiváltó tényezők közül a szél sebességét, örvénylését és a deflációs terület hosszát egyaránt módunkban áll befolyásolni a mezővédő erdősávok, fasorok vagy ligetek segítségével. Ezek azon alapulnak, hogy a természetett növénynél magasabb vagy sűrűbb növényeket telepítünk olyan módon, amely a szél sebességét jelentősen csökkenti (Karácsony 1993; Szalai és Krisztián 1993). A mezővédő erdősávok a fák magasságának 20-30-szor nagyobb távolságig csökkentik a szél sebességét. A talaj nedvességkészletének megőrzésében is szerepük lehet, mivel a szélesebb csökkentésével a párolgási veszteségek is mérséklődnek (Zsembeli 2006).

A deflációs károk megelőzésében fontos szerepe van a talajvédő művelésnek. Ennek fontosabb alapelvei (Krisztián 1999b; Zsembeli 2006):

- Minden művelési beavatkozás lehetőleg az uralkodó szélirányra merőlegesen történjen.
- A deflációt befolyásoló tényezők közül a talajfelszín érdességét a talajművelő eszközök helyes megválasztásával érhetjük el. Minden simára alakító művelet után érdesíteni vagy hullámosítani kell a talaj felszínét (pálcás boronával, profilos hengerrel).
- Törekedni kell az ormos őszi szántásra.
- Futóhomokon és kotortalajokon lehetőleg csak a vetés előtt végezzék el az alapművelést.
- A mulcshagyó művelést előnyben kell részesíteni.

A talajfelszín nedvességét kis adagú esőszerű öntözés segítségével biztosíthatjuk, és a tapasztalatok azt mutatják, hogy néhány mm-es öntözés teljesen megkötheti a homok szemcséit, ezáltal megfékezi a deflációt a talajfelszín nedvességének idejére. A telkesített láptalajoknál ez különösen fontos, hiszen sok esetben nagyon alacsony térfogattömegük miatt erős deflációs veszélynek vannak kitéve (Fodor 2001).

A felszín borítottsága mindig jó védelmet jelent a defláció ellen (Szabó 1994). A talajtakarásnak nagy jelentősége van a kedvezőtlen éghajlati tényezőkkel (eső, aszály, fagy, szél stb.) szembeni védekezésben. A felszín szalmával, trágyával, trágyahulladékkal, tőzeggel, falevelekkel, száraz talajjal, homokkal, krétával, mésszel, illetve „antifiltrációs takarókkal” (zsírsavas hártyszerű rétegben alkalmazott kőolaj, kátrány stb.) történő borítása közvetlenül védi a talajt a szél kártételével szemben. Mivel gátolja a talaj kiszáradását (párolgási veszteséget mérséklő hatás), szerkezetét is védi az esők romboló hatásától, ezáltal a deflációra érzékeny, poros állapot kialakulásának is csökken az esélye (Szabóné et al. 2004).

Minél rövidebb ideig marad növényborítás nélkül a talaj, annál kisebb szélkár éri. A vegetáció a szél talajfelszín közeli sebességének csökkentése révén nyújt a deflációval szemben védelmet. A fő növények betakarítása után a köztes- és zöldtrágyanövények takaró hatása használható ki.

A köztes védőnövények alkalmazásának szükségességét indokolja a talajlehordás mértékét leíró széleróziós egyenlet is. Wischmeier és Smith (1963) számítási módszere szerint a potenciálisan fellépő éves talajvesztés értékét sok más tényező – mint például a klimatikus faktor vagy talajerodálhatóság – mellett a borítottsági tényező is nagymértékben befolyásolja. A növénytakaró hatásfüggvényét vizsgálva megállapítható, hogy a talajt takaró növényi tömeg és a borítottsági tényező között egyenes arányosság áll fenn. Az egyenlet segítségével nemcsak az elhordott talaj mennyiségének kiszámítása, de a befolyásoló tényezők ismeretében a folyamat megakadályozása, enyhítése is megvalósítható. A talaj közeli szél szállítóképességét (amely a szélesebbéssel egyenesen arányos) a különféle széltörő technológiák mellett (fa védősávok, védőcserjék, mesterséges széltörők, füves védőgátak) a növényi tarlómaradványok felszínen hagyásával és köztes védőnövények termesztésével mérsékelhetők (Tóth 1977).

A felszínvédő hatást évelő – pillangósok, fűfélék – valamint az őszi vetésű egyéves növények nagyobb arányú termesztésével is elő lehet segíteni. A legelők védelme érdekében kerülendő a túllegeltetés, mivel a hiányos növényborítottság utat nyit a degradációs folyamatoknak, így a deflációnak is (Zsembeli 2006).

A defláció elleni védelem főbb szabályai összefoglalóan:

- A talajfelszín borítottságának biztosítása (növény, illetve növényi maradvány).
- A talaj bolygatottságának és a művelés menetességének minimálisra csökkentése.
- Olyan művelőeszköz előnyben részesítése, amely a lehető legtöbb talómaradványt hagy a talaj felszínén.
- Mezővédő erdősáv telepítése.
- Legelőterületek túllegeltetésének elkerülése.

## **2.4. A CO<sub>2</sub> kibocsátás és a klímaváltozás**

### **2.4.1. A CO<sub>2</sub> kibocsátás és a klímaváltozás összefüggései**

Az üvegházhatás a természetben jelenlévő, az élet alapvető feltételeit megteremtő folyamat. Az üvegház belső hőmérséklete azért magasabb, mint a külső hőmérséklet, mert az üveg csak az ún. rövidhullámú sugarakat engedi át, a hosszúhullámokat pedig visszaveri. A Föld és környezete is egy nagy üvegházhoz hasonlóan viselkedik: a sugárzási energia a Napból fény formájában érkezik a Föld felszínére, ahonnan az infravörös sugárzás hatására, mint hő kisugárzódik. A levegőben lévő gázok és a vízpára azonban elnyelik az infravörös sugarakat, így a meleg az „üvegházon” belül reked. A földfelszín jelenlegi átlaghőmérséklete 15 °C. Ha a légkör teljesen átjárható lenne az infravörös sugarak számára, ez az érték lényegesen alacsonyabb, kb. -15 °C lenne (Lal et al. 1998; Reicosky 1998; Gyuricza 2003).

Földünk légkörének szén-dioxid koncentrációja a növényzet hatására napszakos és évszakos váltakozást mutat. E változások kismértékűek és periodikusak. A napszakos és évszakos változások mellett azonban egy folyamatos légköri szén-dioxid koncentráció is tapasztalható. Az utóbbi változásának mértéke kb. 0,5 % évente (Veisz et al. 1996)

Az ember az üvegházhatást okozó gázok, különösen a szén-dioxid koncentrációját egyre növeli. A levegő szén-dioxid tartalmát a XIX. század elején még 270 ppm-re becsülték, ez az ezredfordulóra elérte a 370 ppm-et, és folyamatosan évi 1,5 ppm-mel növekszik. Ha ez a trend folytatódik, a XXI. század folyamán elérjük a 600 ppm-et, ami beláthatatlan következményekkel járna (Lal et al. 1998). A jelenség oka az, hogy a szén természetes körforgását megzavarta az ipari civilizáció. A Földön ma már óriási tömegű fosszilis energiahordozót (kőolaj, szén, földgáz) égetünk el. A kémiai ipar során keletkező anyagok, vagyis a fluor, klórvegyületek szintén az üvegházhatást erősítik. Harmadrészben a mezőgazdaság is jelentős mértékben járul hozzá az üvegházgázok légköri koncentrációjának növekedéséhez. Amerikai felmérések szerint az ipari tevékenység (beleértve a fosszilis energiahordozók égetését) 77 %-kal a mezőgazdaság

pedig 23 %-kal járul hozzá a globális felmelegedéshez. Összességében az antropogén eredetű metán és nitrogénvegyületek ( $\text{NO}_x$ ) 50-75 %-a és a szén-dioxid 5 %-a a mezőgazdasági tevékenységből származik. Az erdőirtások, a biomassza elégetése és a földhasználatban előidézett egyéb változások további 14 %-ot tesznek ki (Láng 2003a; Gyuricza 2004; Jóri et al. 2004).

Az éves középhőmérséklet világszerte jelentősen növekszik, Európában az elmúlt tíz év folyamán 0,3-0,6 °C-os emelkedés figyelhető meg. Számos klímamodell alapján azonban a hőmérséklet további növekedése prognosztizálható (EEA 1998). A globális felmelegedés fő oka a fosszilis eredetű anyagok elégetése során keletkező szén-dioxid légkörbe kerülése (Jóri et al. 2004).

Az erdőirtások következtében csökken az élő növényi részek szén-dioxid megkötése, ami a légkörben idéz elő kedvezőtlen változásokat. Globális mértékben elsősorban a trópusi esőerdők irtása fokozza az üvegházhatást (Lal et al. 1998).

A biomassza elégetése (pl. tarlóégetés) szintén a szén-dioxid koncentráció növekedésének kedvez (Bielek 2001). Ezzel szemben a teljesen vagy részben talajfelszínen hagyott növényi maradványok lassítják a szén körforgását, mert kevesebb mikroorganizmus számára elérhető, lassabban bomlik le, stabilabb humuszvegyületeket hoz létre, és kevesebb szén-dioxidot bocsát ki az atmoszférába (Van der Linden 1989; ECAF 1999; Gyuricza et al. 2002).

A már lebontásnak indult tarlómaradványok mélybe buktatása az őszi mélyszántás alkalmával valójában szervesanyag-konzerváló és talajstruktúra javító hatású, mert a növényi maradványok a mélyben humifikálódva a legközelebbi mélyszántáskor már nehezen bontható szerves anyagként kerülnek újra a felszínre. Kétségtelen tény, hogy a talaj állandó forgatása nemkívánatos gyakorlat, mert folytonos szellőztetése túlzott módon felfokozza az aerob mikroorganizmusok mineralizációs tevékenységét, és ennek következményeként csökkenti a szerkezetképző poliszacharid- és humuszkészleteket (Szabó 1986; Gonzalez - Fernandez 1997).

Egyes növényi kultúrák intenzív termesztése és a háziállatok számának emelkedése következtében növekszik a légkör metántartalma, amely szintén üvegházhatású gáz. Egyes talajbaktériumok – különösen az elárasztott rizsföldeken –, valamint a kérődzök bendőjében lévő erjesztőbaktériumok nagy metántermelők. Összességében a mezőgazdaság az antropogén eredetű metán több mint a felét adja (Yagi et al. 1995; Lal et al. 1998).

A mezőgazdaság hatékonyságának növeléséhez, vagyis a műtrágyák alkalmazásához kötődik a légkör dinitrogén-oxid tartalmának növekedése. A növénytermesztésben felhasznált nitrogénműtrágyák a növények N-felvétele során (fehérjeképződés), valamint a talajban mikrobiális úton szerves N-vegyületekké alakulnak (Nótás et al. 1997). Kutatási eredmények szerint a növények a kijuttatott nitrogén 20-80 %-át hasznosítják közvetlenül (pl. Hadardson

1990; Debreczeniné és Szlovák 1990; Li 1995; Nyborg et al. 1995). A műtrágya-N többi része kémiai vagy biológiailag immobilizálódik, vagy denitrifikációs folyamatok során gáz formájában, esetleg  $\text{NO}_3$ -kimosódással veszteséggént távozik a talaj-növény rendszerből. A fel nem használt nitrogén környezeti károkat okozhat, pl. talajsavanyodás, nitrátkimosódás, a gáz alakú veszteségek ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ) hozzájárulása az üvegházhatáshoz (Nótás et al. 2003). Kísérletek igazolták, hogy a N-tartalmú gázvesztesség – a növények gyökerének jelentlétében – a kiadott műtrágya-N 16-22 %-a, míg – a növény nélküli talajlevegőben – 36-39 %-a között változik, vagyis a növények nitrogénfelvétele kb. 50 %-kal csökkenti a műtrágya denitrifikációs, gázalakú veszteségét. A nagyobb szabadföldi vízkapacitású talajon pedig nagyobb a N-gázvesztesség, mint a kisebb nedvességtartalmú talajon (Nótás et al. 2003; Debreczeni et al. 2002). Az istállótrágya vagy a növényi maradványok alászántása N-műtrágya alkalmazása nélkül nem befolyásolja a különböző N-tartalmú gázok kumulatív mennyiségét a talajlevegőben, míg a N-műtrágyázás jelentős (42-159 %-os) növekedést eredményez. A szervesanyag visszapótlást is tartalmazó műtrágyás kezelésekhez képest a N-műtrágyázás kismértékű (3 %) növekedést okoz a talajlevegőben kimutatott N-tartalmú gázok mennyiségében (Berecz et al. 2005).

Az úgynevezett hagyományos (konvencionális) talajművelés az éghajlati változások egyik jelentős előidézője. A talaj ekével történő rendszeres forgatása a szántóföldek szén-dioxid emisszióját nagymértékben megnöveli (Reicosky 1998). Talajművelés hatására nő a lazultság, megváltozik a levegőellátottság, gyors gázcsere indul meg. A talaj megnövekvő oxigéntartalma intenzív mikrobiális tevékenységet indukál. A szerves anyag lebomlásakor keletkező szén-dioxid pedig a légkörbe távozik (Gyuricza et al. 2002). Mivel a fokozott mikrobiológiai tevékenység intenzív szervesanyag fogyasztással jár, a talaj levegőzöttsége, a szén-dioxid emisszió és a humusztartalom között közvetlen kapcsolat figyelhető meg (Szabó 1986; ECAF 1999).

Számos kutatási eredmény igazolja, hogy az intenzív talajhasználat a légköri szén-dioxid növekedésében szerepet játszik, amely különösen az elmúlt évtizedekben vált nyilvánvalóvá (Li 1995; Reicosky 1995; Lal et al. 1998; Drees et al. 2001).

Kutatások igazolták, hogy a szén-dioxid kibocsátást a tenyészidőszakban a vetésforgó is jelentősen befolyásolja. A kukorica monokultúrás termesztésében átlagosan 16 %-kal magasabb emissziós értékeket mértek, mint vetésforgó alkalmazásakor. A talaj bolygatásának mellőzése (minimalizálása) hatékonyan hozzájárul az üvegházgázok emissziójának csökkentéséhez a hagyományos műveléshez viszonyítva (Omonde et al. 2006).

A talajok intenzív művelése a szénkészlet 30-50 %-os csökkenését idézi elő, amely elsősorban a talajok feltörésével hozható összefüggésbe. A szerves anyag fokozott mineralizációja révén felszabaduló szén-dioxid ilyen módon könnyen a légkörbe távozik (Cole 1996). Ezzel szemben a talajvédő technológiák (forgatás nélküli eljárások, direktvetés stb.) alkalmazása révén

a talaj humusztartalma évente 1 tonnával is növekedhet hektáronként. Az Egyesült Államokban végzett számítások szerint az elmúlt évek talajvédő technológiáinak elterjedése nyomán mérhetően csökkent a talajból a légkörbe kerülő szén-dioxid mennyisége (Pautian et al. 1998). Ha Európában a szántóterület 100 %-át talajvédő módszerekkel művelnék az a mezőgazdaság összes emisszióját mérsékelné. Ez az Európában keletkező éves szén-dioxid 4,1 %-át, globális mértékben az éves kibocsátás 0,8 %-át jelentené.

#### **2.4.2. A klímaváltozással kapcsolatos főbb nemzetközi állásfoglalások**

Amióta létezik a Föld, éghajlata folyamatosan változik, néha gyorsabban, máskor lassabban. A mostani helyzet azonban abban új, hogy az emberi tevékenység nemcsak a mikro- és makroklimát, hanem a globális klímát is befolyásolja. Nemzetközi rendezvények témakörei és állásfoglalásai jelzik, hogy a globális klímaváltozásra felfigyeltek, s a különféle állásfoglalások, ajánlások érzékeltetik a témakör súlyát, komolyságát, valamint széles körű összefüggéseit.

##### ***ENSZ Konferencia az Emberi Környezetről (Stockholm, 1972)***

A rendezvény dokumentumaiban a „climate change” kifejezés mindössze egyszer fordult elő. A javaslatokban azonban megjelent, hogy a természeti erőforrások fokozódó mértékű felhasználásának a meteorológiai folyamatokra gyakorolt hatását szükséges vizsgálni. Az ajánlásokban pedig szerepelt a légköri szennyeződések klimatikus következményeinek és az ember által okozott hatások vizsgálata (Bándi et al. 1994).

##### ***Környezet és Fejlődés Világbizottsága (Brundtland Bizottság, 1984-1987)***

Ezen a rendezvényen jutottak először a tudósok arra a következtetésre, hogy az éghajlatváltozást „elfogadható és komoly valószínűségnek” kell tekinteni.

A Brundtland Bizottság egyetért a szakemberek azon körének véleményével, akik szerint ok és okozati összefüggés létezik a légkörben lévő üvegházhatású gázok mennyiségének növekedése és a klímaváltozás között. (A szakemberek egy része viszont még ma sem látja bizonyítottnak az ok és okozati összefüggést.)

A Bizottság a klímaváltozást a fenntartható fejlődés fogalmába integrálta, pontosabban szólva, a fenntartható fejlődést akadályozó, lassító tényezők közé sorolta. A CO<sub>2</sub> emisszió csökkentése nemcsak a légkör védelmét, hanem a véges mennyiségű fosszilis energiahordozók megőrzését is szolgálta.

A Brundtland Bizottság 1987-ben, a klímaváltozással kapcsolatban az alábbi négyirányú stratégia kialakítását sürgette (Faragó és Gyulai 1994):

- A kibontakozó jelenségek intenzitásának megfigyelése és értékelése.
- A jelenségek eredetének, működésének és hatásainak alaposabb vizsgálata.
- Az üvegházhatást előidéző gázok csökkentését szolgáló, nemzetközileg egyeztetett irányelvek kialakítása.
- Az éghajlatváltozások és az emelkedő tengerszint okozta veszélyek minimalizálását szolgáló stratégiák elfogadása.

### ***ENSZ Konferencia a Környezetről és a Fejlődésről (Rio de Janeiro, 1992)***

Ezen a konferencián került aláírásra az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye, amely 1994-ben lépett érvénybe, és amelyhez valamennyi ENSZ tagállam (az Amerikai Egyesült Államok is) csatlakozott. A Keretegyezmény kinyilvánította, hogy cselekedni kell az éghajlatváltozás növekvő kockázata miatt, azonban nem adott jogilag kötelező érvényű irányadó számokat és határidőket az egyes országoknak. Ezen hiányosságok miatt sok bírálat érte a tagállamokat, közöttük is az iparilag legfejlettebbeket. Ezek hatására öt évvel később, Kiotóban (1997) találkoztak a szakértők, ahol részleges megállapodás született (Faragó 2004).

### ***A Kiotói Jegyzőkönyv (1997)***

A Jegyzőkönyv a kibocsátások szabályozását érintő kötelezettségeket rögzített, de ezek kizárólag a fejlett országokra, illetve a piacgazdaságra áttérő, ún. „átmeneti gazdaságú” közép- és kelet-európai országokra vonatkoztak. A fejlődő országok semmilyen jogilag kötelező korlátozást nem fogadtak el, a saját jólétük kialakításának veszélyeztetése miatt.

A Jegyzőkönyv értelmében az iparosodott államok és az „átmeneti gazdaságú” országok – ezúttal már jogilag kötelező érvénnyel – vállalták, hogy az 1990-es szinthez képest kibocsátásukat átlagosan 5,2 %-kal csökkentik a 2008-2012 közötti időszak alatt. A kelet-közép-európai országok eltérhettek a viszonyítási szinttől, így Magyarország esetében ez az 1985-1987 közötti időszak.

Az USA aláírta a jegyzőkönyvet, de az amerikai szenátus nem ratifikálta. Oroszország csak 2004 második felében döntött, hogy csatlakozik a jegyzőkönyvhöz. Ennek következtében 2005. február 16-tól lehet számítani a jogilag érvényes kötelezettségvállalást.

2005 decemberében tartották meg az éghajlatváltozással foglalkozó egyezményben részes államok 11. ülészakát Montrealban. Az eseményt óriási várakozás előzte meg, hiszen hosszú várakozás után, 2005 februárjában hatályba lépett a Kiotói Jegyzőkönyv, és Montrealban kerülhetett sor a jegyzőkönyvben részes államok első találkozására is.

A jegyzőkönyv hatályba lépését követően a legsürgetőbb feladattá vált, hogy elfogadásra kerüljön a szabályrendszer, amely alapján a jegyzőkönyv rendelkezései végrehajtandók. E

szabályok kiterjednek azokra az eszközökre, amelyek segítségével a fejlett államok költséghatékonyabban teljesíthetik kötelezettségeiket. Ilyen eszköz a nemzetközi emisszió-kereskedelem, amelynek keretében egy fejlett állam fejlődő vagy átmeneti gazdaságú országban finanszíroz emissziócsökkentést szolgáló beruházást – a kiotói kötelezettségvállalása részeként – , akkor azt saját teljesítéseként számolhatja el (Hajdú 2005; Hustiné 2005). A további szabályok a kibocsátások nyomon követésére, a vegetációt érintő emberi beavatkozások – pl. erdőtelepítések – által a légkörből kivont szén-dioxid mennyiség elszámolására, a kötelezettségeiket nem teljesítő államokkal szembeni eljárásokra vonatkoznak. A találkozók egyik alapvető eredménye e szabályrendszer elfogadása.

A Kiotói Jegyzőkönyv azonban konkrét kibocsátás-szabályozási előírásokat csak 2012-ig tartalmaz, és sok fejlett állam számára még azok elérése sem látszik egyszerű feladatnak. Az üvegházhatású gázok kibocsátása és az éghajlatváltozás kockázata viszont tovább növekszik, és ezek mérséklésére az eddigiéknél határozottabb lépések szükségesek. A fő kérdés az, hogy meg lehet-e állapodni a további teendőkre vonatkozó tárgyalások megkezdéséről, azok kereteiről (EEA 2005).

Feszült légkörben folyó egyezkedések után sikerült elérni olyan kompromisszumos megállapodásokat, amelyeket minden küldöttség elfogadott. Ezek értelmében egyeztetések kezdődnek:

(a) az egyezmény hatálya alatt – tehát minden állam részvételével – a kibocsátás-szabályozás további teendőiről;

(b) a Kiotói Jegyzőkönyv hatálya alatt az ahhoz csatlakozott fejlett államok további kibocsátás-csökkentési kötelezettségeiről a 2012 utáni időszakra;

(c) azon tárgyalások előkészítéséről, amelyek általában a Kiotói Jegyzőkönyv felülvizsgálatára vonatkoznak (ez a fejlődő országokat is érintheti);

(d) az önkéntes kibocsátás-mérséklési programokra kész országok ilyen irányú kezdeményezéseinek elismeréséről.

A montreali ülés eredményeivel egy fontos időszakot zárt le az ember által kiváltott globális környezetváltozás növekvő veszélyével szembeni eddigi nemzetközi együttműködés folyamatában, s egyúttal megnyitotta az utat ahhoz, hogy új tárgyalások kezdődhessenek a további – remélhetően hathatósabb – közös fellépésről (Faragó 1998; OECD 1999; OECD-IEA 2002).



## ***Az Európai Unió***

Az EU igen következetes a Kiotói Jegyzőkönyv kötelezettségeinek teljesítésében, sőt „túlvállalást” is ígért, nevezetesen 8%-os csökkentésre tett ígéretet. Ezt a célt az energiahatékonyság növelésével, energiatakarékosággal és a megújítható természeti erőforrások növekvő felhasználási arányával kívánja megvalósítani. A vállalás teljesítése érdekében, 2005. január elsejével az EU mind a huszonöt tagállamára véve kötelező jelleggel beindította a kibocsátási jogok kereskedelmét lehetővé tevő saját belső rendszerét. Ennek keretében mintegy tizenkétezer – EU tagállamban működő – ipari létesítmény kereskedhet szabadon a szén-dioxid kibocsátására jogosító engedélyekkel, amelyek egyúttal a korlátozást is magukban foglalják.

Az Európai Unióban megkezdődtek az előzetes tárgyalások az üvegházhatású gázok 2012 utáni jelentős, mintegy 15-30%-os csökkentésének lehetőségeiről (Láng 2003b; EEA 2005).

## ***Magyarország***

Hazánk 6%-os kibocsátás-csökkentést vállalt az 1985-1987 közötti időszak átlagához képest. Az ország leépült nehéziparának csökkenő kibocsátásai miatt különösebb megszorító intézkedések nélkül is teljesíthetők a kiotói kötelezettségek. A megújuló, illetve megújítható energiaforrások arányának növelése szintén fontos feladat, amit az EU előírások is megkövetelnek. Jelenleg az ország energiafelhasználásának 3,5 %-át fedezik a megújuló erőforrások, amit 2010-ig meg kellene kétszerezni, de ez pillanatnyilag nehezen teljesíthető feladatnak tűnik (Faragó és Nagy 2005).

Szükséges megjegyezni, hogy a kiotói kötelezettségek teljes mértékű teljesítésekor sem változik meg a légkör jelenlegi módosulása. A veszélyes mértékű éghajlatváltozás Európában akkor kerülhető el (a 2005. évi „Tavaszi Európai Tanács” állásfoglalása értelmében), ha a földfelszín globális átlaghőmérséklete legfeljebb 2 °C-kal haladja meg az ipari forradalom előtti szintet, ami már ma is mintegy 0,6-0,7 °C-kal magasabb. A 2 °C-t nagy valószínűséggel csak akkor nem lépik túl, ha az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja nem haladja meg a 450 ppm szén-dioxid mennyiséget. (1750 tájkán 280 ppm értéket figyeltek meg, 2000-ben 368 ppm-et.). A romlási folyamat mérsékléséhez 2020-ig 15-30 %-os globális kibocsátás csökkentése szükséges a fejlett országokban, az 1990-es szinthez képest. Emellett a gazdaságilag gyorsan növekvő fejlődő országoknak is részt kellene vállalniuk a globális probléma megoldásában (IEA 2001).

Elmondható, hogy a Kiotói Jegyzőkönyv vállalásainak teljesítése csupán az első lépés egy hosszú úton. A nagy kérdés, hogy a döntéshozók és a társadalom széles körei felismerik-e kellő időben a további határozott lépések megtételének szükségességét, és sikerül-e elkerülni egy globális éghajlati katasztrófát.

### 2.4.3. Az elmúlt száz év éghajlati tendenciái Magyarországon

Magyarország éghajlatát az óceáni, mediterrán és kontinentális klíma együttesen határozza meg. Ezek, a Kárpát-medence domborzati hatásaival együtt, változékony éghajlatot eredményeznek.

A legeggyöntetűbb változások a hőmérséklet tendenciájában tapasztalhatók. Az országos átlag jól követi a globális változásokat, annál valamivel nagyobb melegedési értéket (0,77 °C) jelez. Ennek évszakos felbontása már nagyobb eltéréseket mutat. Amíg a telek és a tavaszok döntően az éves átlagnak megfelelően melegszenek, addig a nyarak jobban (mintegy 1 °C), az őszyök kevésbé (0,4-0,5 °C) követik ezt a melegedést. Az elmúlt 30 évben gyorsult a melegedés. A két utolsó évtized átlaghőmérsékletének különbsége helyenként a fél fokot is meghaladja hazánkban. A melegedés elsősorban a keleti és az észak-nyugati területeken erőteljesebb. Hazánkban a minimum- és maximumhőmérsékletek hasonló mértékben növekszenek (Dunkel 1998; Faragó et al. 2004; Szalay és Szentimrey 2005). Növekszik a különböző hőmérsékleti küszöbértéket meghaladó napok (nyári, hőség és forró) száma, ami jelentősen hat az élőlényekre, például az emberi egészségre. A nyári hőségben nemcsak a szívbetegék halandósága nő, hanem az egészséges embernek is jobban oda kell figyelni a helyes öltözködésre, mozgásra és étkezésre. A minimumhőmérsékletek növekedésével emelkedik a meleg éjszakák száma (Láng 2005b). A pihenéshez hűvösebb levegőre van szükség, s ha ez nem adott, akkor az ember éjszaka nem tudja a nappali munka fáradalmait kipihenni. A hőmérsékleti határ a földrajzi szélességtől (azaz az emberek biológiai beállítódásától) függ, hazánkban 20 °C a küszöb. A 20 °C feletti minimumhőmérsékletű napok száma növekszik (Láng 2005c; Láng 2006b).

Az éves csapadékmennyiség a XX. században jelentősen csökkent. Elsősorban tavasszal, amikor az évszakos csapadékösszeg a század eleinek mintegy 75%-a. A nyári csapadékmennyiség összege lényegében nem változott az elmúlt száz évben. Régebben is voltak száraz nyarak, azonban a fokozatosan növekvő nyári hőmérséklet miatt az újabb száraz időszakok káros hatása jóval nagyobb. Az őszi és a téli csapadékcsökkenés 12-14%-os (Dunkel 1998; Szabó és Pomázi 2000). A téli csapadék nem hat komolyan az éves csapadékösszegre, hiszen a téli hónapok átlagos csapadékmennyisége a legkisebb a többi évszakhoz viszonyítva. A növényvilágra gyakorolt hatása azonban nagyon jelentős, mert túlnyomó része beszivárog a talajba, ezért a vízháztartásban játszott szerepe nagy. Ha a vegetációs időszak elején a talaj felső rétege nem telítődik vízzel, akkor komoly mezőgazdasági károk várhatóak (Szieberth 2005). Fontos kiemelni, hogy a csapadékcsökkenés hazánk északnyugati területein a legnagyobb. Ez azért nem keltette fel eddig a figyelmet, mert ott a csapadék éves mennyisége jelentős volt, ellentétben az Alfölddel, annak is elsősorban a délkeleti területeivel, ahol a kevesebb csökkenés

a kevesebb éves csapadékösszegekből következett be. További problémát okozhat, hogy a kevesebb csapadék intenzívebben érkezik. Ez egyrészt a csapadék hasznosulását, vagyis a vízháztartást rontja, mert kevesebb víz szivárog be a talajba, másrészt növeli a lefolyást, ami az árvízveszély fokozódását jelenti. Ha az egész csapadékjelenség hevesen zajlik le (nyári zivatarok) és kis vízgyűjtőn következik be, akkor a felszínborítottság és a domborzat függvényében hirtelen árhullámok alakulhatnak ki, amelyek nemcsak nagy anyagi kárt okozhatnak, hanem váratlanságuknál, hirtelen megjelenésüknél fogva akár emberéleteket is követelhetnek (Mika 2005; Láng 2006a, c; Varga 2006).

Az eddigi ismeretek alapján feltételezhető, hogy Magyarországon – hosszú távon – fokozatos melegedés, a csapadék mennyiségének csökkenése és a szélsőséges időjárási események gyakoriságának, valamint intenzitásának növekedése várható.

#### **2.4.4. A növénytermesztés alkalmazkodási lehetőségei**

A mezőgazdaság, és így az élelmiszerellátás biztonsága az a tevékenység, amely – a természetes vegetáció mellett – leginkább érzékeny a változó éghajlatra és az időjárásra. Ennek hatására megsemmisülhet, vagy lényegesen csökkenhet a termés, de a fordítottja is lehetséges, amikor a bőség okoz értékesítési, logisztikai gondokat (Varga és Haszonits 1983).

A szántóföldi növénytermelésben a jövő kulcskérdése a csapadék befogadása és megőrzése, a szárazságot, esetenként a nagy csapadékot egyaránt figyelembe vevő talajművelés, valamint az öntözés bővítése. A szántóföldi növénytermelésben meghatározó a termőhelyi adottságokhoz és a növény igényeihez igazodó technológia, a szárazságtűrő, illetve a szélsőséges hatásokat jobban tűrő fajták fokozottabb termelésbe vonása, illetve nemesítése, a helyi adottságokhoz alkalmazkodni képes fajták használata, a növénytermelési szerkezet aránymódosításai, kedvezőbb vetésváltási feltételek előmozdítása (Veisz et al. 2004; Jolánkai 2005).

A melegedés, szárazodás érzékenyen érinti a tápanyagok hasznosulását. Az eddigi gyakorlatban az aszálykárok megelőzésének egyik eszköze a műtrágyázás volt, de a kísérletek azt bizonyítják, hogy tartós aszályban a műtrágya hasznosulás lecsökken, több növénynél pedig termés csökkentő lehet. Aszályban a tápanyagbőség hátrányos tápanyag-koncentrációt eredményezhet. Gyengébb termőképességű termőhelyeken felértékelődik a vetésváltás, a vetésforgó, a zöldtrágyázás szerepe. A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a tartós szárazság kára lényegesen súlyosabb a fizikai és biológiai állapotukban leromlott és tápanyagokban elszegényedett talajokon. Fordítva viszont megállapítható, hogy a talajok jó fizikai és biológiai kondíciója javítja a termőhely aszálytűrő képességét (Harnos 2005; Jolánkai et al. 2005, Veisz 2005; Svirezev 2006).

A szántóföldi növényeknél a magyar búzanemesítés eredményeképpen mind a martonvásári, mind a szegedi fajták között megtalálhatók szárazságtűrő genotípusok, amelyek az átlagosnál kevesebb csapadék esetén statisztikailag is igazolhatóan nagyobb termés elérésére képesek, mint a fajták többsége (Harnos 2002; Veisz és Bence 2005). Az ilyen fajtajelöltek folyamatos nemesítése elengedhetetlen a klímaváltozás okozta károk mérsékléséhez.

A növények a levegőben található CO<sub>2</sub> molekulákat megkötik, belőlük és a talajból felvett vízből a fény energiájának segítségével szénhidrátokat építenek. Ez a jelenség fotoszintézis néven ismert. A növények fotoszintézisének intenzitása függ a levegő szén-dioxid koncentrációjának mértékétől is. Megfelelő mennyiségű víz és tápanyag ellátottság esetén, valamint magas megvilágítási szinteknél a légköri szén-dioxid koncentráció emelkedése előnyös lehet a növények növekedésére (ez az ún. szén-dioxid trágyázás). Például a búza, a rizs, a borsó által megkötött szén-dioxid mennyisége nő a légköri CO<sub>2</sub> koncentráció emelkedésével, így a biomassa-produkció is emelkedik (Zatykó 1993). Ezen túlmenően a növények vízhasznosítási hatékonysága javulhat, mivel magasabb szén-dioxid koncentráción a sztómák zárulnak és kevesebb vizet vesztenek a transzspirációval. Bár a különböző fajok reakciója eltérő, a többségük mutatja a szén-dioxid trágyázási hatást. A CO<sub>2</sub> mennyiség duplázódásával a biomassa-produkció 10-50 %-kal is emelkedhet. Vagyis a globális klímaváltozás nem minden eleme egyértelműen kedvezőtlen az élővilág számára. Ugyanakkor nem szabad elfelejtenünk, hogy a változások együttes hatása szabja meg a végeredményt, ugyanis a kísérletek azt is igazolták, hogy egyéb környezeti tényezők megváltozása esetén azonban a szén-dioxid trágyázás pozitív hatása csökkenhet, vagy akár teljesen el is maradhat (Veisz et al. 1996; Kristóf et al. 2007). Szükséges tehát az egyes környezeti tényezők kölcsönhatásának meghatározása is.

A *földhasználatban* számos egyedi válasz lehetséges a klímaváltozás okozta kihívásokra, de néhány általános jellegű megoldás a következő (Birkás 2004):

- Technológiai változtatás (vízgazdálkodást javító eljárások kidolgozása, alkalmazása).
- Műveletösszevonás vagy elhagyás (a kedvezőtlen talajállapot kialakításának megelőzése, csökkentése).
- Gyorsabb, flexibilisebb, hatékonyabb géppark (az alkalmazástechnikailag optimális időpont kihasználása).
- Biztonsági gépesítés (speciális, csak időszakonként, veszélyhelyzetben szükséges gépek beszerzése).

A hatékony válasz nagyobb beruházással és csökkentett gépkihasználással jár, vagyis a klímaváltozás jelentős kihívásainak csak költségnövekedéssel lehet eleget tenni (Jóri 2006).

A mezőgazdasági logisztika fejlesztése sürgető, amit a tartalékok képzése és biztonságos tárolása is indokol, gondolva a termelésingadozásokra, a hozamok lehetséges csökkenésére (Neményi 2005).

A *növényvédelemben* az eddigi tapasztalatok alapján várható, hogy a klímaváltozás következtében új növényi kórokozók és kártevők, illetve gyomok jelennek meg hazánkban is. Ezek a hagyományosokhoz képest agresszívebbek, és tömeges megjelenésük is valószínűsíthető. Viszonylag új folyamatról van szó, ezért az alkalmazkodásban megnő a szaktudás, az előrejelzés, a szervezett szaktanácsadás, az integrált növényvédelem, a korszerű technikai eszközök, valamint a védekezőszer tartalékok szerepe (Solymosi 2005). A növényi betegségek, a kártevő állatok és a gyomnövények elleni védekezésben a precíziós technika, valamint a gyomnövénytan eredményeinek elterjesztése a cél. Így kevesebb hatóanyag, vegyszer kerül kijuttatásra. A biológiai védekezés felkarolása is égetően fontos teendő a felkészülésben (Láng et al. 2007).

A hazai *vetőmagtermelés* a feltételezhető klímaváltozásnak egyidejűleg vesztese és haszonélvezője is lehet. Magyarország jelenlegi klimatikus viszonyai lehetővé teszik számos olyan növényfaj vetőmagtermelését, amelyre más országok nem képesek. Ezt ugyan a klímaváltozás módosíthatja, de hazánk viszonylagos előnye valószínű megmarad (Láng 2006b).

## **2.5. A talaj szerkezete**

Az elemi talajszemcsék (mechanikai frakciók) a talajok jelentős hányadában természetes állapotban nem külön-külön, hanem szerves és ásványi kolloidokkal összeragasztva, sajátos képződményeket, aggregátumokat, ún. szerkezeti elemeket alkotva találhatók a talajokban. A talaj szerkezeti állapota, a szerkezeti elemek nagysága, valamint vízzel és művelőeszközökkel szembeni ellenállósága a talaj agronómiai értékének fontos jellemzője (Várallyay 1993).

Az agronómiai szerkezet megítélésekor kizárólag a méretük alapján osztályozzuk a szerkezeti elemeket és a különböző mérettartományba eső aggregátumok arányát határozzuk meg. A művelés során arra kell törekedni, hogy a morzsa frakció (0,25 mm – 10 mm) részarányát növeljük. Az lenne az ideális állapot, ha ezen frakcióba tartozó részek aránya elérné a 80 %-ot.

A talajszerkezet (az éghajlattal kölcsönhatásban) befolyásolja a termés nagyságát és biztonságát (Hadas et al. 1978), valamint többek között az erózió kockázatát (Bresson és Boffin 1990). A talajaggregátumok méretszerinti eloszlása mellett a talajmorzsák tartóssága, a különböző fizikai behatásokkal szembeni ellenállósága is fontos jellemzője a talaj agronómiai értékének, termékenységének (Várallyay 1993). A talajszerkezet leromlásának elsődleges következménye a talaj pórusainak térfogateloszlás szerinti megváltozása, pórusrendszerének

funkcionális átalakulása, ami kedvezőtlenül hat a talaj vízgazdálkodására és biológiai aktivitására (Tóth 2001).

A művelt talaj szerkezetének kialakítása külső tényezők által befolyásolt folyamat, amely tényezők emberi (pl. művelőeszközök, taposás), és természeti (pl. éghajlat, fauna, gyökérszövet) eredetűek lehetnek. Ezek a tényezők egyaránt okozhatják a talaj részecskék tömörödését, szétesését, valamint helyváltoztatását, továbbá összetett hatásuk eredményezi a talaj azon jellemzőit, amelyek szerkezetét meghatározzák. A talaj, a fizikai alkotórészek nézőpontjából vizsgálva háromfázisú rendszernek tekinthető. Ülepedett talajon a szilárd fázis valamint a víz és levegő által kitöltött pórustér aránya közel 50:50 %. Művelés (szántás) hatására ez a viszony úgy módosul, hogy a szilárd fázis 40 %-nyi, míg a pórustér 60 %-nyi helyet foglal el. Taposás hatására ez az arány megfordul, tehát míg a szilárd fázis 60 %-ot tesz ki, addig a pórustér csak 40 %-ot, vagy kisebbet. A talaj szerkezete tehát közvetlenül befolyásolható a műveléssel.

## 2.6. A témához kapcsolódó szakirodalom összegző értékelése

A talajhasználati módok értékeléséhez a hazai és a nemzetközi szakirodalom feldolgozása során az alábbi következtetések vonhatók le:

- A fenntartható fejlődés egyik alapeleme legfontosabb természeti erőforrásunkat képező talajkészleteink ésszerű hasznosítása, védelme, állagának megőrzése, sokoldalú funkcióképességének fenntartása.
- Az emberi tevékenység hatására a talajpusztulás folyamata felgyorsult, a termőtalaj eróziós veszteségét a természetes talajképző folyamatok nem tudják pótolni. Ez ma már arra készíti a mezőgazdaság művelőit, hogy e folyamatokat megakadályozzák, vagy azokat jelentősen megfékezzék.
- A talajhasználati módok közvetlenül befolyásolják az eróziós és deflációs folyamatokat, az agronómiai védekezés lehetőségeit kihasználva megelőzhető illetve csökkenthető a talajpusztulás. Ez a sikeres növénytermesztéshez is hozzájárul a veszélyeztetett területeken.
- Földünk éghajlata folyamatosan változik, azonban napjainkra az emberi tevékenység nemcsak a mikro- és makroklimát, hanem a globális klímát is befolyásolja. Az éves középhőmérséklet világszerte növekszik, Európában az elmúlt tíz év folyamán 0,3-0,6 °C-os emelkedés figyelhető meg. A globális felmelegedés fő oka, hogy ember az üvegházhatást okozó gázok, különösen a szén-dioxid koncentrációját egyre növeli.
- A nemzetközi állásfoglalások a szén-dioxid kibocsátás csökkentését, valamint a megújuló, illetve megújítható energiaforrások arányának növelését sürgetik.
- A mezőgazdaság is jelentős mértékben járul hozzá az üvegházgázok légköri koncentrációjának növekedéséhez. Felmérések szerint az ipari tevékenység (beleértve a fosszilis energiahordozók égetését) 77 %-kal a mezőgazdaság pedig 23 %-kal járul hozzá a globális felmelegedéshez. Összességében az antropogén eredetű metán és nitrogénvegyületek (NO<sub>x</sub>) 50-75 %-a és a szén-dioxid 5 %-a a mezőgazdasági tevékenységből származik. Az erdőirtások, a biomassza elégetése és a földhasználatban előidézett egyéb változások további 14 %-ot tesznek ki.
- A talaj szerkezete közvetlenül befolyásolható a műveléssel.
- Szükségszerű a környezetkímélő és fenntartható talajhasználat alkalmazása.





### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

#### 3.1. A kutatás céljai

Az eltérő talajművelési rendszerek talajra gyakorolt hatását három fő kutatási célnak megfelelően vizsgáltam:

1. A hagyományos és a bakhátas művelés összehasonlítása az eróziót befolyásoló képességük alapján, a következő tényezők figyelembevételével:
  - A lefolyt víz mennyiségének mérésével
  - A lehordott talaj mennyiségének vizsgálatával
  - A lehordott talaj humusztartalmának meghatározásávalA két művelési mód hatásának vizsgálata a termésátlagokra.
2. Eltérő talajhasználati módszerek hatásának vizsgálata a talaj CO<sub>2</sub> kibocsátására és a humusztartalmára.
3. A különböző művelési rendszerek értékelése a talaj agronómiai szerkezetére gyakorolt hatásuk alapján.

Kutatómunkám eredményeit a kitűzött kutatási céloknak megfelelően, időrendi sorrendben közlöm az Eredmények című fejezetben. Ezek alapján a talajhasználati módszerek értékelését talajvédelmi szempontból három alpontban összefoglalva mutatom be. Az alábbiak szerint:

1. Az erózió vizsgálatainak eredményei
2. A talaj CO<sub>2</sub> kibocsátás mérésének eredményei
3. A talaj agronómiai szerkezet vizsgálat eredményei

#### 3.2. A kutatómunka körülményei

##### A Józsefmajor-i termőhely agroökológiai jellemzői

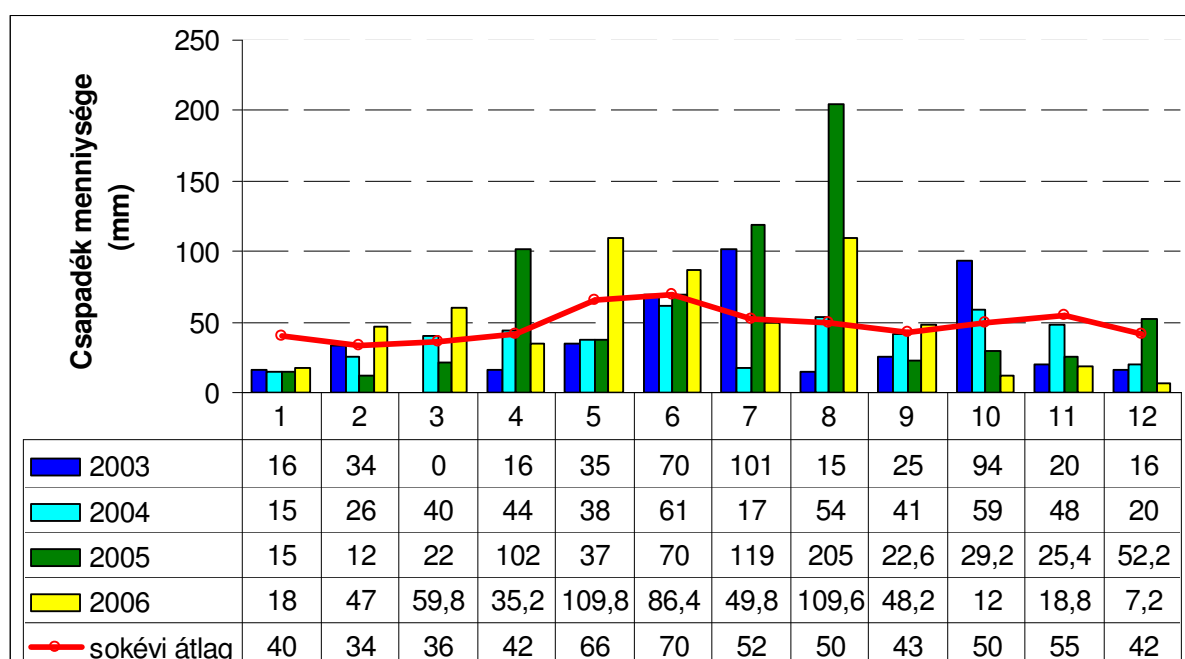
###### Földrajzi fekvés

A kísérlet Hatvan körzetében, a Szent István Egyetem Józsefmajori Kísérleti és Tangazdasági területén található, amely az ország egyik legerodáltabb részén, az Észak Alföldi hordalékkúp-síkság és a Cserhátalja határán helyezkedik el. A kísérleti terület enyhén D-K-i lejtős dombtság, 100 m tengerszint feletti magasságban. A domborzati viszonyok – az aránylag kis gazdasági területhez képest – változatosak, ezért az erózió és a szedimentáció jelensége különböző mértékben jut érvényre.

## Éghajlati viszonyok

Az éghajlat szempontjából a terület két részre tagolható. Északi része mérsékeltén hűvös-mérsékeltén száraz, míg déli része mérsékeltén meleg-mérsékeltén száraz. Éghajlatát jelentősen befolyásolja dombvidéki jellege.

Az évi középhőmérséklet 9,5 - 10 °C, a vegetációs időszakban 16,3-16,8 °C. A 10 °C fölötti középhőmérséklet általában április 13. és november 13. között, 183 napig mérhető. A fagymentes napok száma északon 170, délen 180. Az évi abszolút hőmérsékleti maximumok 32,5 és 33 °C közöttiek. Az éves csapadékmennyiség 580 mm, ebből a vegetációs időszakban 323 mm esik le. A kísérleti tér csapadékviszonyait az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. A csapadék havi átlagértékei Józsefmajorban (2003-2006)

Figure 1. Mean values of the precipitation in Józsefmajor (2003-2006)

Józsefmajorra a magyarországi sokéves átlag alatti csapadékmennyiség jellemző. A sokévi átlag alapján elmondható, hogy ősszel novemberben, tavasszal májusban és júniusban várható a legtöbb csapadék. Az 1. ábra adatai alapján azonban megállapítható, hogy a vizsgált években havi szinten jelentős a csapadék mennyiségének eltérése a sokévi havi átlaghoz képest, de összességében a 2003-as és a 2004-es évi csapadékmennyiség is kevesebb volt a sokéves átlagnál. 2003-ban 138 mm-rel, míg 2004-ben 68 mm-rel kevesebb csapadék esett. A 2005-ös év csapadéka szélsőségesnek mondható. Az összes mennyiség meghaladta a sokéves átlagot, mert már augusztusig 564 mm csapadék hullott az 580 mm sokévi összeshez képest. A 2006-os évben az évi összes csapadék valamivel (22,4 mm) meghaladta a sokévi átlagot, viszont az eloszlása egyenlőtlen volt.

## **Talajviszonyok**

A talaj típusa mészlepedékes csernozjom (Calcic Chernozem), fizikai félesége vályog. Kémhatása kissé savanyú. A talaj víz és tápanyag-gazdálkodása kedvező. A 0-40 cm réteg átlagos szervesanyag tartalma 2,83 %.

A kísérleti terület talajának jellemzői:

**A<sub>sz</sub> szint:** A 0-30 cm mélységben található. Szárazon sötét szürkés barna, nedvesen nagyon sötét szürkés barna. Nedvesen enyhén tapadós. Felső része poros, lemezes szerkezetű, kagylósan törő hasábos. Jellemző a diós szerkezet. Helyenként meszezési foltok fellelhetők. Nagyon tömődött, finom gyökerek csak a szerkezeti elemek között, a repedésekben található. Állatjáratok nincsenek. Fokozatos, egyenletes átmenet jellemzi. Fizikai félesége agyagos vályog. pH: 5,3

**A<sub>1</sub> szint:** A 30-60 cm mélységben található. Szárazon nagyon szürkés barna, nedvesen nagyon sötét szürke. Jellemző a fejlett morzsás szerkezet, 80-90 %-ban a gilisztjáratok, illetve ürülékük megjelenése. Egyéb állatjárat nem található. A gyökerek eloszlása egyenletes. Fokozatos, egyenletes átmenet figyelhető meg. Fizikai félesége vályog, agyagos vályog, karbonátot nem tartalmaz. pH: 6,9

**AB szint:** Átmeneti réteg 60-75 cm mélységben. Szárazon barna, nedvesen sötét barna. Jellemző a morzsás szerkezet. 50-60 %-ban gilisztjáratokkal átszótt, szórtan emlős krotovinák található. Éles átmenet tapasztalható. Fizikai félesége vályog, karbonátot nem tartalmaz. pH: 7,1

**B<sub>1</sub> szint:** 75-100 cm mélységben, világos barnás szürke, nedvesen szürkés barna, gyengén szerkezetes, aprómorzsás, mészlepedékes réteg. Mészereket és mészgöbecseket tartalmaz. Elszórtan gilisztjáratok és krotovinák található. Fizikai félesége vályog. Karbonáttartalma ++ pH: 6,2

**BC szint:** 100-130 cm mélységben, szárazon barna, nedvesen sötét barna, aprómorzsás, gyengén szerkezetes réteg. Mészlepedéket, mészereket és mészgöbecseket tartalmaz. Gyökerek nincsenek. Fizikai félesége vályog. karbonáttartalma +++, pH: 7,9.

A legfontosabb talajjellemzőiket a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat. A Józsefmajori kísérleti tér egyes talajtulajdonságai (Józsefmajor, 2003)

Table 6. Some soil properties of the experimental site in Józsefmajor, at the year of 2003.

Megnevezés	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
$K_A$	42	43	43	44
Összes só%	0,055	0,055	0,057	0,048
$CaCO_3$ %	0	0	0	0
$pH_{KCl}$	5,17	5,28	5,36	5,46
$NH_4-N$ mg/100g	0,71	0,46	0,51	0,42
$NO_3-N$ mg/100g	2,53	2,15	1,61	1,12
$NH_4+NO_3$ mg/100g	3,24	2,61	2,12	1,54
Összes N%	0,147	0,129	0,118	0,088
$C_{org}$ %	1,956	1,797	1,670	1,204
H%	3,37	3,10	2,88	2,08
C:N	13	14	14	14
AL- $P_2O_5$ mg/kg	320	247	235	118
AL- $K_2O$ mg/kg	140	78	73	81

A 7. táblázat a humusztartalom alakulását szemlélteti a 0-40 cm talajmélységig az eltérő műveléseknek megfelelően. A humusztartalom meghatározása a búza betakarítása előtt történt 2003 májusában.

7. táblázat. A józsefmajori kísérleti terület humusztartalma kezelések szerint (Józsefmajor, 2003)

Table 7. Humus content of the experimental site in Józsefmajor, according to the tillage methods in the year of 2003.

Művelés	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
Direktvetés	3.16	2.83	2.53	1.72
Tárcsázás	3.34	3.40	3.02	2.43
Kultivátoros művelés	3.81	3.37	2.53	2.21
Szántás	2.96	2.77	2.92	2.41
Sekély kultivátoros művelés	3.78	3.30	2.84	1.72
Lazítás+tárcsázás	3.17	2.90	3.40	1.93
Átlag	3.29	3.05	2.91	2.09
Min.	2.96	2.77	2.53	1.72
Max.	3.81	3.40	3.40	2.43

### 3.3. A kísérlet bemutatása

#### 3.3.1. Talajművelési tartamkísérlet

A kísérletet a Földműveléstan Tanszék dolgozói 2002-ben állították be. A kísérlet területén a beállítást megelőző két évben búzát termesztettek, a hagyományos talajhasználattal nem törekedtek a nedvesség talajban történő megőrzésére, illetve a kedvező talajszerkezet kialakítására, ezért az első évben általános talajkondíció javítás céljából mustárt termesztünk.

A kísérlet területe  $312 \times 150 \text{ m} = 4,68 \text{ ha}$ . A kísérlet négyismétléses, sávos véletlen elrendezésű. A parcellaméret  $13 \times 75 \text{ m} = 975 \text{ m}^2$ .

A kísérlet A tényezője hat különböző talajművelési kezelést jelent, amelyek a következők:

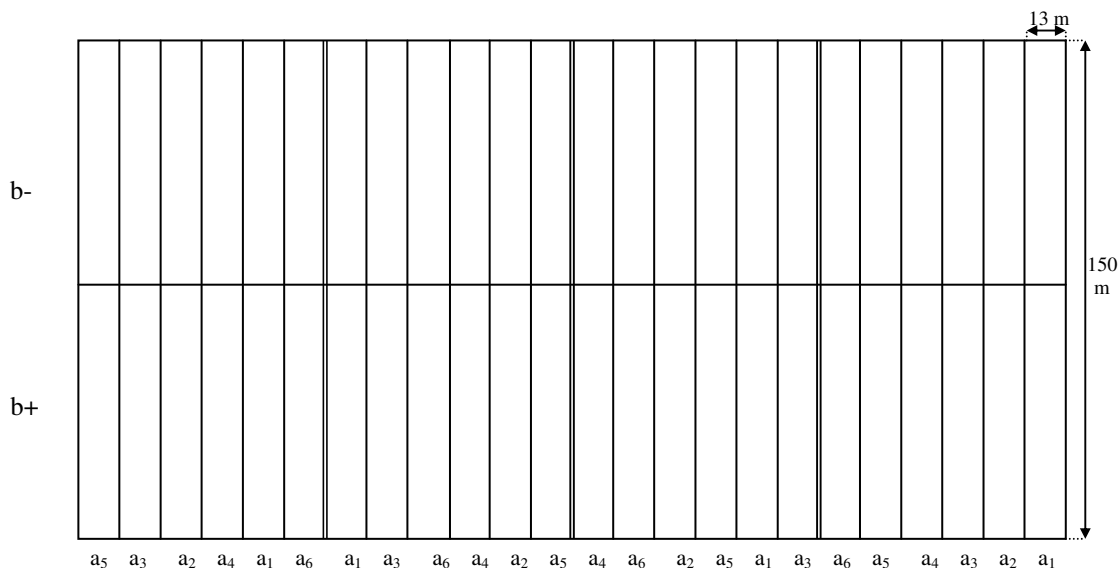
- a1: szántás (26-30 cm)
- a2: direktvetés
- a3: sekély kultivátoros művelés (12-16cm)
- a4: kultivátoros művelés (16-20 cm)
- a5: tárcsázás (16-20 cm)
- a6: lazítás + tárcsázás (40-45 cm+ 16-20 cm)

A különböző művelési kezeléseket a talaj állapotára gyakorolt kedvező, közömbös, illetve kedvezőtlen hatásuk megítélése céljából választottuk ki. Öt művelési kezelésnél a talaj állapotát befolyásoló beavatkozások a következők voltak: Tarlóhántás és a hántott tarló ápolása; alapművelés; magágykészítés; vetés. A direktvetésnél ezek a beavatkozások elmaradtak, a művelés csak a vetésre korlátozódott.

A kezelések közül a szántás, a direktvetés, a kultivátoros művelés, a tárcsázás és a lazítással kombinált tárcsázás hatását vizsgáltam.

A kísérlet B tényezője a védőnövényvel való borítottság. Ezek alapján a b+ parcellák (összesen 2,34 ha) a védőnövényvel (rozs) fedett, a b- parcellák a védőnövény nélküli parcellákat jelentik.

A kísérlet elrendezési módját a 2. ábra szemlélteti.



a<sub>1</sub>-a<sub>6</sub>: talajművelési kezelések  
 b+ -: rozs védőnövényvel való borítottság

2. ábra. A józsefmajori tartamkísérlet elrendezése

Figure 2. Long-term trial setup in Józsefmajor

### 3.3.1.1. A kísérlet termesztéstechnológiai adatai

A kísérletben alkalmazott növényi összetétel és sorrend a következő:

2002: fehér mustár (*Sinapis alba* L.), (talajkondíció javító növény)

2002/03: őszi búza (*Triticum aestivum* L.), fajta: Mv Kucsma, II. szaporítási fok

2003/04: rozs (*Secale cereale* L.), (köztes védő- és mulcs-növény + takarmány a kísérleti terület felén, a b+ parcellákon)

2004: borsó (*Pisum sativum* L.), (mulcsnövény)

2004/05: őszi búza (*Triticum aestivum* L.), fajta: Mv Verbunkos I. szaporítás fok

2005: fehér mustár (*Sinapis alba* L.), (talajkondíció javító növény)

2005/2006: őszi búza (*Triticum aestivum* L.), fajta: Mv Verbunkos II. szaporítási fok

A kísérleti terület talajának általános kondíciójavítása, biológiai átlazítása az első kísérleti évben termesztett fehér mustárral valósult meg. A fehér mustár vetése műtrágyaszóróval, talajba munkálása sekélyen, kultivátorral történt. A felszínt kapcsolt gyűrűshengerrel zártuk. A védőnövény lezúzására 80-85 cm-es növénymagasságnál, 140 db/m<sup>2</sup>-es tőszám mellett került sor. A védőnövény után 6,5 t/ha szárazanyagra átszámított mulcs képződött. A lezúzás után, az egyes parcellák – a kísérlet céljának megfelelően – különböző alpművelésben részesültek. A direktvetés esetében a bolygatatlan talajba magágykészítő vetőgéppel (Vaderstad Rapid)

vetettünk. A búza vetésének elhúzódását magyarázza az alapművelést követő bő csapadékmennyiség (100 mm). A 2002. év téli féléve mégis aszályosnak minősül, mert jelentősen kevesebb csapadék hullott a sokévi átlagnál. A búza kezdeti fejlődését a csapadék hiánya visszavetette. A 2003-as év első három hónapja is száraznak bizonyult, így a búza másodlagos gyökerezése és bokrosodása is gyenge volt. A 2002/2003. év termesztéstechnológiai adatait a 8. táblázat szemlélteti.

8. táblázat. A 2002/2003 év termesztéstechnológiai adatai

Table 8. Crop production data of the year 2002/2003

### 2002/2003

Növény	<b>Fehér mustár</b> ( <i>Sinapis alba</i> L.)
Elővetemény	Őszi búza
Vetési idő	2002. 07. 15.
Vetőmag mennyiség	10 kg/ha
Lezúzás ideje	2002. 09. 01.
Műtrágyázás	NPK (2-18-18) 300kg 2002. 09. 03.
Növény Fajta	<b>Őszi búza</b> ( <i>Triticum aestivum</i> L.) Mv Kucsma
Alapművelések	2002. 09. 10. - 2002. 09. 30.
Vetési idő	2002. 11. 20.
Vetőmag mennyiség	280 kg/ha
Gyomirtás	Posztemergens (Secator, Tango) 2003. 05. 03.
Fejtrágyázás	MAS 27 % N 2003. 06. 01.
Kalászvédő	Juwel 200kg/ha 2003. 06. 01.
Aratás	2003. 07. 16.

Köztes védőnövénynek rozstot vetettünk (2003. aug. 25.) őszi búza tarlóba, a kísérleti terület felére (2,34 ha), a fedetlen és védőnövényvel borított talaj összehasonlítása céljából. A korai vetésidő a köztes védőnövény intenzívebb fejlődését, ezáltal a hatékonyabb talajvédelmet segítette elő. A köztes védőnövény-termesztés talajvédelmi céljai mellett a Józsefmajori tangazdaság szarvasmarha állományának takarmányozását is szolgálta. Ez indokolta azt, hogy rozsz betakarítása csak június elején történt. A betakarítás utáni növényi maradványokat a direktvetéses kezelésben vegyszeres úton kezeltük, a többi kezelés esetében kultivátorral kevertük a talajba. Az utónövény (borsó) vetése a védőnövényes kezelésekben mulcsba történt, a védőnövény nélküli kezelésekben közvetlenül az ülepedett talajba mivel 2003. aug-tól nem volt bolygatva. A 9. táblázat a 2003/2004. év termesztéstechnológiai adatait szemlélteti.

9. táblázat. A 2003/2004 év termesztéstechnológiai adatai

Table 9. Crop production data of the year 2003/2004

**2003/2004**

Növény	<b>Rozs</b> ( <i>Secale cereale</i> L.)
Alapművelések	2003. 08. 21. - 2003. 08. 22.
Vetési idő	2003. 08. 25.
Vetőmag mennyiség	200 kg/ha
Rozsvágás zöldtakarmánynak	2004. 05. 08. - 2004. 06. 07.
Lezúzás ideje	2004. 06. 08.
Növény	<b>Borsó</b> ( <i>Pisum sativum</i> L.)
Fajta	Celeste
Vetési idő	2004. 06. 09.
Vetőmag mennyiség	200 kg/ha
Borsó lezúzása	2004. 08. 10.

A borsó egyenletes kelését akadályozta a rozs nagymennyiségű növényi maradványa, mivel a vetőmag nem minden esetben tudott érintkezni a talajjal. A borsót ezért a talajba munkálva zöldtrágyaként, nem pedig takarmányként hasznosítottuk az őszi búza előtt. A borsó talajba munkálását követően az alapműveléseket, majd a magágykészítést a 2002. búzáéhoz hasonlóan végeztük. A kísérletet módosítottuk eltérő dózisu nitrogén fejtágyázással. A 10. táblázat a 2004/2005-ös év termesztéstechnológiai adatait szemlélteti.

10. táblázat. A 2004/2005 év termesztéstechnológiai adatai

Table 10. Crop production data of the year 2004/2005

**2004/2005**

Növény	<b>Őszi búza</b> ( <i>Triticum aestivum</i> L.)
Fajta	Mv Verbunkos I. szaporítási fok
Perzselő gyomirtás	2004. 08. 17.
Műtrágyázás	NPK (4-16-20) 250 kg
Alapművelések	2004. 09. 13.
Vetési idő	2004. 10. 04.
Vetőmag mennyiség	250 kg/ha
Gyomirtás	Posztemergens (Secator, Tango) 2005. 04. 11.
Fejtrágyázás	34 % N 300kg 2005. 03. 02.
Aratás	2005. 07. 26.



Talajkondíció javítás céljából 2005-ben az őszi búza után ismét fehér mustárt termesztettünk a teljes kísérleti területen. A lezúzás után, az egyes parcellák – a kísérlet céljának megfelelően – különböző alpművelésben részesültek az őszi búza előtt. A 11. táblázat a 2005/2006-ös év termesztéstechnológiai adatait szemlélteti.

11. táblázat. A 2005/2006 év termesztéstechnológiai adatai

Table 11. Crop production data of the year 2005/2006

### 2005/2006

Növény	<b>Fehér mustár</b> ( <i>Sinapis alba</i> L.)
Vetésidő	2005. 07. 30.
Vetőmagnennyisége	12 kg/ha
Lezúzás ideje	2005. 10. 05.
Növény Fajta	<b>Őszi búza</b> ( <i>Triticum aestivum</i> L.) Mv Verbunkos II. szaporítási fok
Műtrágyázás	NPK (16-16-16) 250kg
Alpművelések	2005. 10. 07.
Vetési idő	2005. 10. 12.
Vetőmag mennyiség	250 kg/ha
Gyomirtás	Posztemergens (Secator, Tango) 2005. 04. 19.
Fejtrágyázás	34 % N 300kg 2005. 03. 05.
Aratás	2006. 07.26.

### 3.3.2. Bakhátas kísérlet

#### Művelési kezelések:

1. Hagyományos művelés (22-25/28-32 cm, évente változó mélységű szántás), elmunkálás, magágykészítés, vetés
2. Bakhátas művelés (szántás a kísérlet beállításának évében; bakhátkészítés, vetés a bakhátak középsávjába, betakarítás után szárzúzás; a következő években: bakháttető lemetszése, vetés, tenyészidőben júniusban bakhátmagasítás)

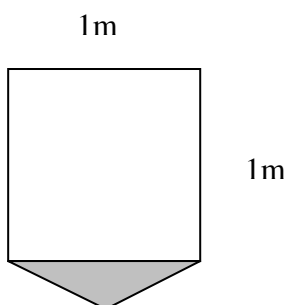
A kísérlet lejtős (10-14 % dőlésszögű), erózióknak kitett területen helyezkedik el, a táblán 2003 tavaszától kukoricatermesztés folyt 2005 őszéig. A kísérletbe 2004-ben kapcsolódtam be. A parcellaméretet minden évben a terepviszonyokhoz és a művelő/vetőgépek munkaszélességéhez igazítottuk (Parcellaméret: **2004:** 15x7,5 m = 112,5 m<sup>2</sup>, 0,01125 ha, *Teljes terület:* 900 m<sup>2</sup>, 0,09 ha. **2005:** 8x20 m=160 m<sup>2</sup>, 0,016 ha, *Teljes terület:* 80 m x 16 m =1280 m<sup>2</sup>, 0,128 ha). A parcellák kialakítása lejtőre merőlegesen történt. Az ismétlések száma 4, sávos, véletlen

elrendezésben. A kijuttatott műtrágya mennyiségét a talaj tápanyagtartalmához mérten választottuk meg. A műtrágyát mind a két kezelésnél a téli szikkadás után juttattuk ki. A szármaradványokat zúzás után a szántott talajba forgattuk.

### 3.4. A kutatás módszerei

#### 3.4.1. Az erózió vizsgálata

Az erózió vizsgálatát a bakhátas kísérletben, lejtős, erózióknak kitett területen végeztük, hagyományos és bakhátas művelési kezelésben. Az eróziót a kísérleti terület felén, négy parcellán tanulmányoztuk, amelyből kettő a lejtő tetején, kettő a lejtős terület alján helyezkedett el. A vizsgált parcellákra a bakhátmagasítás után egy négyzetméteres fém keretet telepítettünk (3. ábra). A háromszög alakú rész alja fémből volt, így nem befolyásolta a keret méretét (1 m<sup>2</sup>). A háromszög alakú rész alsó végére kifolyó elemet illesztettünk, ez alá pedig egy 20 literes ballont helyeztünk. Ezzel a ballonnal fogtuk fel a bekerített területre hullott, és a talajba nem szivárgott csapadékot és a csapadék által lemosott talaj mennyiségeket. A lemosott talaj humusztartalmát a TAKI-ban, Tyurin módszere (Ballenegger – Di Gléria 1962; Búzás 1988) szerint határoztuk meg. A mérések időpontját a 12. táblázat mutatja be.



3. ábra. Erózió mérésére szolgáló keret 2 dimenziós rajza

*Figure 3. Two dimension drawing of the frame to measure water erosion*

Az erózió vizsgálatának éveiben (2004 és 2005) a bakhátas és a hagyományos művelési mód értékelése érdekében a kukorica termésátlagát is vizsgáltuk.

12. táblázat. Az eróziós mérések időpontjai

Table 12. Dates of erosion measurements

<i>Minta begyűjtésének időpontja</i>	<i>Csapadék mennyisége</i>
2004. június 30. keretek telepítése	
2004. július 7.	8 mm
2004. augusztus 10.	23 mm
2004. szeptember 5.	57 mm
2005. június 15. keretek telepítése	
2005. július 18.	129 mm
2005. augusztus 24.	191 mm
2005. november 8.	73 mm

### 3.4.2. A talaj CO<sub>2</sub> kibocsátás mérése

A talaj CO<sub>2</sub> kibocsátását 2003-2005-ig vizsgáltuk a talajművelési tartamkísérletben a művelés és a vetés után. A vizsgálatokhoz az INNOVA 1312 (Multi-gas monitor) kézi műszert használtuk. A méréshez a talaj felszínét egy gúlával letakartuk és az így felfogott CO<sub>2</sub> mennyiségi változását meghatározott időközönként feljegyeztük (a mérés kezdetekor, majd ezt követően 30 percenként). Az általunk használt műszer a CO<sub>2</sub> kibocsátást ppm-ben (mg/kg) mérte. Ezt a mértékegységet a maximális CO<sub>2</sub> kibocsátási értéknél átszámítottuk fluxusra, így megtudtuk, hogy mennyi volt maximális CO<sub>2</sub> kibocsátás kilogrammban, négyzetméterenként óránként.

Az átszámolást az alábbi képlet alapján végeztük (Zsembeli et al. 2005):

$$F=d * V/A * (c_2-c_1)/t * 273/(273+T)$$

F= CO<sub>2</sub> fluxus (kg/m<sup>2</sup>/h)

d= 1,96 kg/m<sup>3</sup> (CO<sub>2</sub> sűrűsége)

V= mérő edény térfogata (m<sup>3</sup>) /= 0,00366 m<sup>3</sup>/

A= leborított felszín (m<sup>2</sup>) /= 0,0314 m<sup>2</sup>/

c<sub>1</sub>= CO<sub>2</sub> koncentráció a mérés kezdetekor (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)

c<sub>2</sub>= CO<sub>2</sub> koncentráció a mérés végén (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)

t= a mérés időtartalma (h)

T= levegő hőmérséklete (°C)

A talaj CO<sub>2</sub> kibocsátás mérésének időpontjait a 13. táblázat mutatja be.

13. táblázat. A szén-dioxid mérés időpontjai

Table 13. Date of carbon dioxide measurements

<i>Művelés után</i>	<i>Vetés után</i>
2003. augusztus 22.	2003. augusztus 25.
2004. szeptember 13.	2004. október 04.
2005. október 7.	2005. október 12.

A talaj szén-dioxid kibocsátása és a humusztartalom között közvetlen kapcsolat figyelhető meg. Kísérletünkben vizsgáltuk a humusztartalom változását is. A vizsgálatokhoz a talajmintavétel 2003 májusában is és 2006 júniusában is az őszi búza betakarítás előtt történt.

### 3.4.3. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálata

A talaj agronómiai szerkezetét sík területen, különböző műveléseket prezentáló védőnövényes és védőnövény nélküli kísérletben, és lejtős területen, bakhátba és hagyományosan vetett kukorica állomány talajában vizsgáltuk, és száraz szitálással határoztuk meg. Az agronómiai szerkezet megítélésakor nem vagyunk tekintettel a szerkezeti elemek alakjára, kizárólag a méretük alapján osztályozzuk a szerkezeti elemeket, és a különböző mérettartományokba tartozó aggregátumok arányát határozzuk meg (Stefanovits 1992b).

A talajmintavétel a talaj felső 30 cm-es rétegéből, bolygatott, eredeti szerkezetű minták vételével történt. A talajművelési tartamkísérletből a minták száma mintavételenként 20 db (5 kezelés vizsgálata 4 ismétlésben), a rozs védőnövényvel való borítottság idején, valamint borsó alatt a minták száma 40 (5 kezelés, rozs védőnövényvel fedett illetve fedetlen parcellák vizsgálata 4 ismétlésben), a bakhátas kísérletben a minták száma mintavételenként 8 (2 kezelés 4) ismétlés. A bakhátas parcellákról származó minták 3 részmintából állnak (bakhát teteje, közepe, alja). A vizsgálati időpontokat a 14. táblázat tartalmazza.

A vizsgálati módszer lényege, hogy a bolygatott talajmintákat légszárazra szárítjuk, majd 7 különböző lyukbőségű szitán (20, 10, 5, 3, 1, valamint 0,5 és 0,25 mm) átrostálva 8 mérettartomány szerinti frakcióra bontjuk. A frakciók tömegét megmérjük és mennyiségüket a minta tömegszázalékában kifejezve állapítjuk meg a talaj százalékos rög-, morzsa és porösszetételét. A 10 és 20 mm lyukátmérőjű szitán fennmaradt részt együttesen a rögfrakcióba (10mm<), az 5, 3, 1, valamint a 0,5 és a 0,25 mm-es lyukbőségű szitákon fennmaradt részt a morzsafrakcióba (0,25-10 mm), a 0,25 mm lyukátmérőjű szita alatt elhelyezett porfelfogó edényben lévő részt pedig a porfrakcióba (0,25 mm>) soroljuk be (Stefanovits 1992b).

14. táblázat. Az agronómiai szerkezet mintavételének időpontjai

*Table 14. Dates of sampling of agronomical texture*

<i>Művelési kísérlet</i>	<i>Bakhátas kísérlet</i>
2003. 08. 25. Jellemző szerkezet ( <i>rozs előtt</i> )	2002.09.17. és 2003. 10. 17. Jellemző szerkezet (hántott búzatarló)
2004. 03. 31. rozs alatt ( <i>vetés 2003. 08. 25.</i> )	2004. 07. 07. bakhátmagasítás után ( <i>2004. 06. 23.</i> )
2004. 07. 14. borsó alatt ( <i>vetés 2004. 06. 09.</i> )	2004. 09. 17. tenyészedőszakban
2004. 10. 11. őszi búza vetése után ( <i>2004. 10. 04.</i> )	2004. 10. 11. betakarítás előtt ( <i>2004. 10. 24.</i> )
2005. 05. 04. tenyészedőszakban	2005. 06. 02. vetés után ( <i>2005. 05. 27.</i> )
2005. 07. 18. aratás előtt ( <i>2005. 07. 26.</i> )	2005. 07. 19. bakhátmagasítás után ( <i>2005. 06. 15.</i> )
2005.09.07. mustár alatt ( <i>vetés 2005. 07. 30.</i> )	2005. 09. 07. tenyészedőszakban
2005.11.08. őszi búza kelése után ( <i>vetés 2005. 10. 12.</i> )	2005. 11. 08. betakarítás előtt ( <i>2005. 11. 10.</i> )

#### 3.4.4. Statisztikai módszerek

Statisztikai értékelést az EXCEL program segítségével végeztem. A kezeléshatás elemzésére az egytényezős varianciaanalízis szolgált (Sváb 1981; Baráth et al. 1996).



## 4. EREDMÉNYEK

A kísérleti munka során elért eredményeket az Anyag és Módszer című fejezetben feltüntetettek szerint ismertetem.

### 4.1. Az erózió vizsgálatának eredményei

Csapadék nélkül nem lenne élet a Földön, nem lenne termőföldjeinken lehetőség az emberi táplálékhoz nélkülözhetetlen növényi termékek előállítására. Az évszázadok során a növekvő népesség táplálékkal való ellátása mind nagyobb földterület művelésbe vonását tette szükségessé. A lejtős területeken az eredeti talajfelszín megbolygatása (erdőirtás, ős gyepek felszántása), a földek intenzív művelése nyitott utat az egyébként oly fontos csapadék eróziós talajromboló hatásának. A talajképződés és a talajrombolás közötti egyensúly az utóbbi kiterjedése folytán szűnt meg (Duck 1960; Centeri 2002a).

A lehulló csapadék és a szél hatására bekövetkező talajpusztulás önmagában véve természetes folyamat, amely azonban emberi beavatkozás következtében felgyorsulhat.

A lejtőkön, az erózió hatására a talajok szerves anyagban gazdag legértékesebb felszíni rétege mosódik le és megveszendőbe. A talaj termőréteg elvékonyodik, szerves- és tápanyagkészlete elszegényedik, víztartó képessége romlik, összességében jelentősen csökken a termékenység.

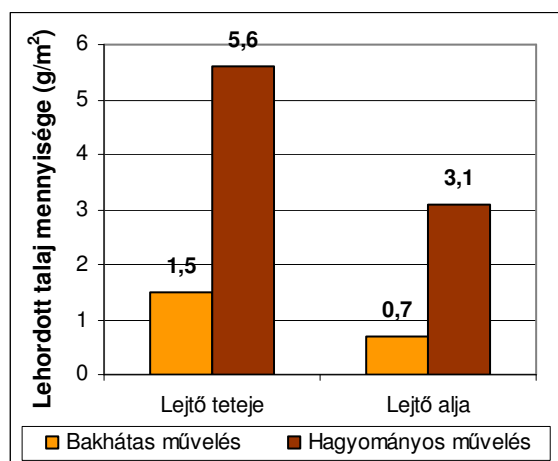
Hazánk agrárerőforrásának alapja a jelentős mennyiségben rendelkezésre álló jó minőségű termőtalaj, amelyhez többnyire kitűnő éghajlati adottságok párosulnak. Ugyanakkor a termőtalajaink mintegy 40 %-a hegy- és dombvidéki lejtős területeken helyezkedik el. Ezek a területek fokozódó vízeróziós kártételnek vannak kitéve (Stefanovits 1977).

A szántó területek csökkenése nemcsak a művelés alól kivonás, illetve az erdősítés miatt következhet be, hanem a termőtalaj pusztulása, az erózió, és a defláció folytán is. A víz- és szélerózió által veszélyeztetett területek aránya jelentős. Az erózió 2.3 millió hektárnyi hegy- és dombvidéki területet károsít, a deflációval veszélyeztetett területek kiterjedése 1.4 millió ha. A talaj pusztulása – bár eltérő mértékben – az ország területének több mint 40%-át érinti. Becslések szerint ezekről a sérült felszínekről évi átlagban kb. 80-100 millió m<sup>3</sup> talaj, ezáltal 1.5 millió tonna szerves anyag pusztul le.

Az elmúlt évtizedekben egyre inkább előtérbe került a mezőgazdasági termelés hatására bekövetkező talajpusztulási folyamatok környezetvédelmi kérdése (Bouraoui és Dillaha 1996). A szakszerűtlen művelés következtében felgyorsult eróziót a közvetett hatásai miatt – mint pl. az élővizek szennyeződése – is célszerű tanulmányozni. A talajerózió közvetlen hatásainak, a felszíni lefolyásnak és a talajvesztésnek következményeinek tanulmányozása ugyancsak időszerű feladat.

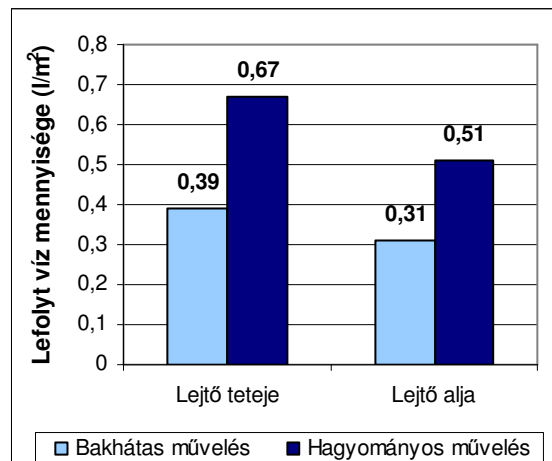
Józsefmajori kísérletünkben, lejtős területen, kukorica bakhátas és hagyományos termesztése esetén vizsgáltuk a csapadék által lehordott talaj és a lehordott humusz, valamint a talajba be nem szívárgott, a területről lefolyt víz mennyiségét.

A talaj- és vízfogó kereteket 2004. június 30-án telepítettük. Első ízben **2004. július 7-én**, 8 mm csapadék után vizsgáltuk a ballonokban felfogott víz és a lehordott talaj mennyiségét. Az eredményeket a 4. és az 5. ábra szemlélteti.



4. ábra. A lehordott talaj mennyisége bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2004.07.07.)

*Figure 4. The amount of runoff soil at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 07.07.2004.)*



5. ábra. A lefolyó víz mennyisége bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2004.07.07.)

*Figure 5. The amount of runoff water at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 07.07.2004)*

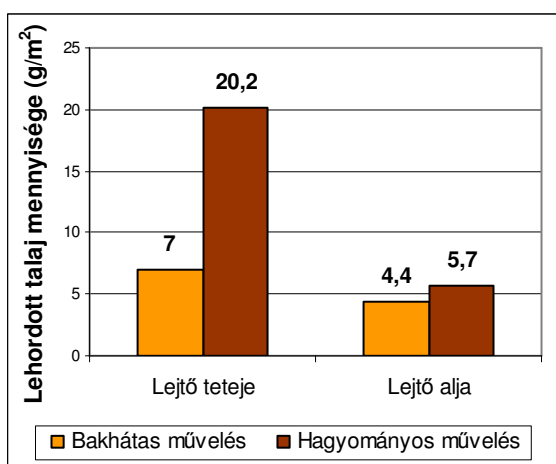
A 4. és 5. ábra alapján megállapítható, hogy kis mennyiségű csapadék hatására is mérhető különbség alakul ki a kezelések között a lehordott talaj és víz mennyiségét illetően. Az eredmények értékelésénél meg kell jegyezni, hogy a Józsefmajori kísérletünkben a lejtő teteje meredekebb, mint az alja. A 4. ábra alapján jól látható, hogy a hagyományos művelés alkalmazásakor a csapadék által lehordott talaj mennyisége közel 4-szerese a kukorica bakhátas termesztésében mért értéknél, akár a lejtő tetejét, akár az alját tekintjük. A lehordott talaj humusztartalmát nem tudtuk megmérni a kis mennyiség miatt. Vizsgáltuk a területről lefolyó víznek, vagyis a lehullott csapadék azon részének a mennyiségét is, amely nem szívárgott be a talajba (5. ábra). Kísérletünkben azt tapasztaltuk, hogy a bakhátas termesztés alkalmazásakor több víz jut a talajba. A lejtő meredekebb részén a hagyományos kezelés



esetében 0,28 literrel, míg a lankásabb részén 0,20 literrel több víz távozott el a területről. Ez a különbség, tekintettel a 8 mm csapadékra, elég jelentősnek mondható.

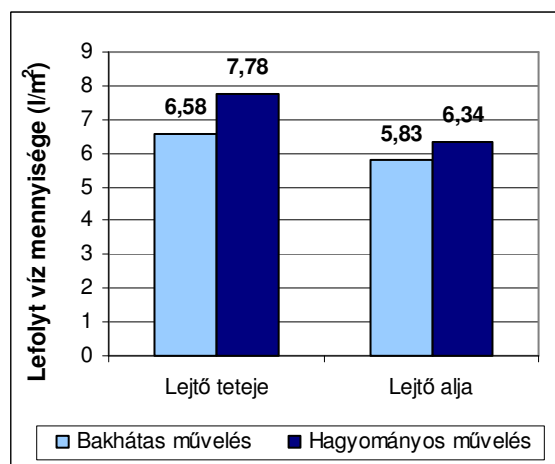
A bakhátas termesztési mód esetében, mind a lehordott talaj, mind a lefolyó víz mennyiségét tekintve szignifikánsan jobb eredményt tapasztaltunk, mint a hagyományos kezelésben (Mellékletek 1. táblázat).

A vizsgálatokat **2004. augusztus 10-én** folytattuk, miután a kísérleti területen 23 mm csapadékot regisztráltunk. Az eredményeket a 6. és a 7. ábra szemlélteti. A hagyományos művelési mód alkalmazásakor ez esetben is több volt a lehordott talaj mennyisége, a lejtő alján 1,3 grammal, a lejtő meredekebb részén pedig közel háromszor nagyobb értékkel, mint a bakhátas kezelésben (6. ábra). A területről eltávozó víz mennyisége ugyancsak a bakhátas kialakítású talajon volt kisebb, a lejtő tetején 1,2 literrel, a lejtő lankásabb részén pedig fél literrel kevesebb víz folyt le, mint a szántott, nem profilozott talajról.



6. ábra. A lehordott talaj mennyisége bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2004.08.10.)

*Figure 6. The amount of runoff soil at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 10.08.2004.)*



7. ábra. A lefolyó víz mennyisége bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2004.08.10.)

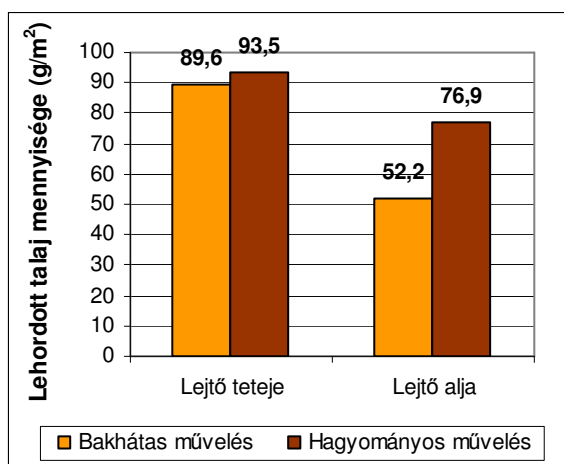
*Figure 7. The amount of runoff water at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 10.08.2004.)*

Az adatok értékeléséhez meg kell jegyezni, hogy a hagyományosan termesztett kukorica talaját a tenyészidőben a bakhátástól eltérő befolyások érik. A csapadék ütőhatása mindkét talajon érvényesül, amelynek hatására a talaj aggregátumok felaprózódhatnak, ezáltal a víz még könnyebben el tudja szállítani a területről. A bakhátas termesztési módnál a víz sodrását, iszapolását a bakhátak jól gátolják, így csökkenthető a talajról lehordott talaj mennyisége.

A lehordott talaj humusztartalmát ez esetben sem tudtuk mérni, mivel a ballonokban összegyűlt vízbe több rovar belefulladt, így nem lehettünk biztosak abban, hogy a vizsgálandó talajhoz nem keveredett-e más eredetű szerves anyag (a további méréseknél ezt a hibát kijavítottuk, a ballonok tetejét szúnyoghálóval fedtük be).

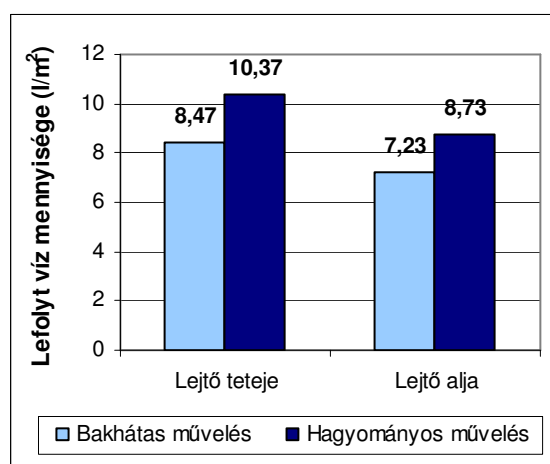
Ennél a mérésnél nem kaptunk statisztikailag igazolható differenciát, a bakhátas és a hagyományos termesztési mód között sem a lehordott talaj, sem a területről távozó víz mennyiségében viszont a bakhátas talajvédő hatása itt is megfigyelhető (Mellékletek 2. táblázat).

A **2004. szeptember 5-én** történt mérés eredményeit a 8. és a 9. ábra mutatja. A mérés előtti időszakban 57 mm csapadékot regisztráltunk.



8. ábra. A lehordott talaj mennyisége bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2004.09.05.)

*Figure 8. The amount of runoff soil at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 05.09.2004.)*



9. ábra. A lefolyó víz mennyisége bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2004.09.05.)

*Figure 9. The amount of runoff water at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 05.09.2004.)*

Ez esetben is azt tapasztaltuk, hogy a lejtős területen a bakhátas termesztési mód kímélte jobban a talaj felső termékeny rétegét. A hagyományos művelési mód alkalmazásakor a lehordott talaj mennyisége a lejtő alján közel 25 grammal volt több, mint a bakhátas kezelésben. A lejtő meredekebb részén kisebb különbséget mértünk (3,9 g). Ennek valószínűleg oka az, hogy az intenzív eső hatására a bakhát védő hatása kevésbé érvényesül a meredek lejtőn (8. ábra). A területről távozó víz mennyiségét illetően szintén a bakhátas termesztési mód alkalmazásakor tapasztaltuk a kedvezőbb értékeket, a lejtő tetején közel 2 literrel, a lejtő alján pedig 1,5 literrel kevesebb csapadék távozott a területről, mint a szántásos kezelés esetében (9. ábra). Abban az

esetben, ha távlatilag is hasznosítani kívánjuk a lejtős területen elhelyezkedő táblát, gondoskodni kell arról, hogy a csapadék nagy részét helyben tudjuk tartani illetve, hogy az elfolyó vizek minél kisebb eróziós kártétellel vonuljanak le a lejtőkön (Erődi et al. 1965; Wishmeier et al. 1978).

A lehordott talajnak megvizsgáltuk a humusztartalmát is. A vizsgálatok eredményeit a 15. táblázat mutatja. A táblázat alapján egyértelművé válik az eróziós kár mérete. A kísérletben mért legnagyobb talajleomosódás (hagyományos művelési mód, lejtő teteje) érték – amely 100 grammnál is kisebb 1 négyzetméteren – humusztartalmát vizsgálva arra lehet következtetni, hogy 1 hektár területen 64 kg humusz veszteség keletkezett. Bakhátas termesztés alkalmazásával ez a veszteség 43,5 kg-ra mérsékelhető.

15. táblázat. A lehordott talaj mennyisége, humusztartalma és a területről lefolyt víz mennyisége (Józsefmajor, 2004.09.05.)

Table 15. The amount of runoff soil, humus content and the amount of runoff water (Józsefmajor, 05.09.2004.)

	Bakhátas művelési mód			Hagyományos művelési mód			SZD <sub>5</sub> %*
	Lejtő teteje	Lejtő alja	Átlag	Lejtő teteje	Lejtő alja	Átlag	
Lehordott talaj (g/m <sup>2</sup> )	89,6	52,2	<b>70,9</b>	93,5	76,9	<b>85,2</b>	<b>nsz</b>
Lehord humusz (g/m <sup>2</sup> )	4,35	2,75	<b>3,55</b>	6,4	5,98	<b>6,19</b>	<b>1,32</b>
Lehord humusz (kg/ha)	43,5	27,5	<b>35,5</b>	64	59,8	<b>61,9</b>	<b>13,2</b>
Lefolyt víz (l/m <sup>2</sup> )	8,47	7,23	<b>7,85</b>	10,37	8,73	<b>9,55</b>	<b>1,65</b>
Humusz/talaj (%)	4,85	5,27	<b>5,06</b>	6,84	7,78	<b>7,31</b>	-

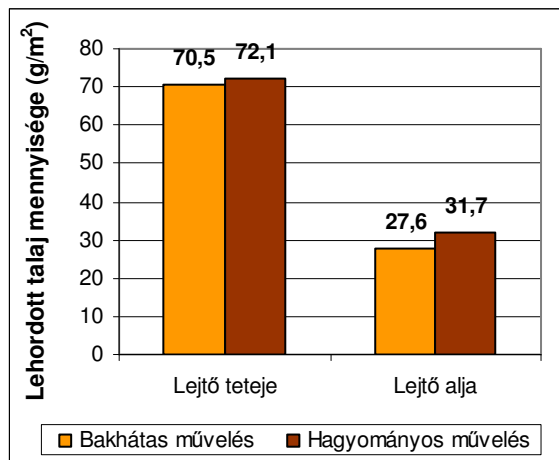
SZD<sub>5</sub>%\*: a bakhátas és a hagyományos művelési mód közötti szignifikáns differencia

A mérési eredmények alapján megállapítható, hogy ugyan a lehordott talaj mennyiség szignifikánsan nem különbözik a két kezelésben, viszont a hagyományos művelés alkalmazásával a csapadék által lemosott humusz mennyisége és a területen nem hasznosuló víz mennyisége statisztikailag igazolhatóan nagyobb, mint a bakhátas termesztés esetén.

2005-ben június 15-én telepítettük a kereteket. A vizsgálatokat **2005. július 18-án** folytattuk, miután heves esőzés következtében 129 mm csapadék hullott. Az eredményeket a 10. és a 11. ábra szemlélteti.

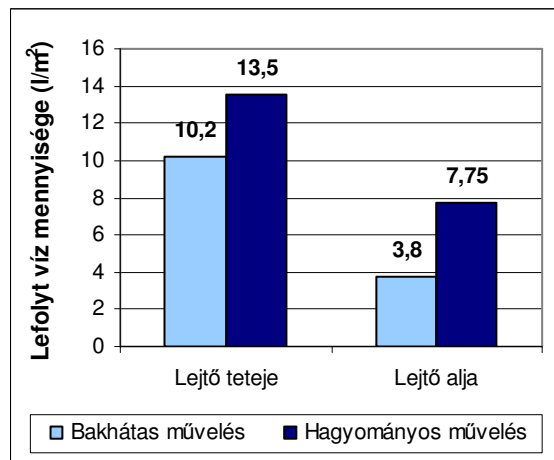
A lehordott talaj mennyiségét vizsgálva ezúttal is azt tapasztaltuk, hogy az eróziós károkat a bakhátas termesztési mód mérsékelte. A meredekebb lejtőszakaszon közel 2 grammal, míg a kisebb dőlésszögű szakaszon több mint 4 grammal kevesebb talajt mosott le a csapadék, mint a hagyományos kezelés esetében (10. ábra). A területről lefolyó víz tekintetében nagyobb

különbséget mértünk a kezelések között. Bakhátak alkalmazásával a lejtő tetején több mint 3 literrel, a lejtő alján pedig majdnem 4 literrel kevesebb víz távozott a területről (11. ábra).



10. ábra. A lehardott talaj mennyisége bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2005.07.18.)

Figure 10. The amount of runoff soil at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 18.07.2005.)



11. ábra. A lefolyó víz mennyisége bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2005.07.18.)

Figure 11. The amount of runoff water at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 18.07.2005.)

A vizsgálatok eredményét, illetve a lehardott talaj humusztartalmát a 16. táblázat összesíti.

16. táblázat. A lehardott talaj mennyisége, humusztartalma és a területről lefolyt víz mennyisége (Józsefmajor, 2005.07.18.)

Table 16. The amount of runoff soil, humus content and the amount of runoff water (Józsefmajor, 18.07.2005.)

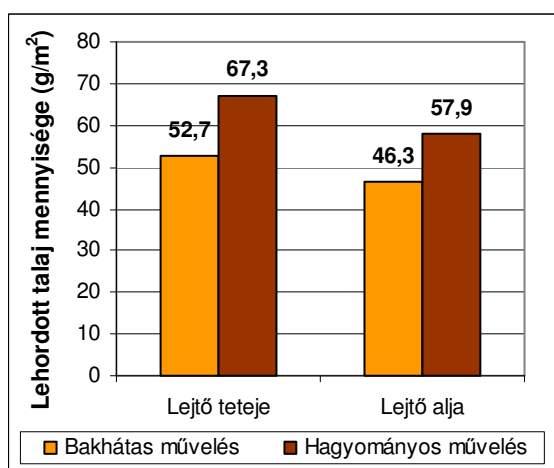
	Bakhátás művelési mód			Hagyományos művelési mód			SZD <sub>5</sub> %*
	Lejtő teteje	Lejtő alja	Átlag	Lejtő teteje	Lejtő alja	Átlag	
Lehardott talaj (g/m <sup>2</sup> )	70,5	27,6	<b>49,05</b>	72,1	31,7	<b>51,09</b>	<b>nsz</b>
Lehard. humusz (g/m <sup>2</sup> )	1,95	0,88	<b>1,42</b>	2,05	1,45	<b>1,8</b>	<b>nsz</b>
Lehard. humusz (kg/ha)	19,5	8,8	<b>14,2</b>	20,5	14,5	<b>18</b>	<b>nsz</b>
Lefolyt víz (l/m <sup>2</sup> )	10,2	3,8	<b>7</b>	13,5	7,75	<b>10,7</b>	<b>nsz</b>
Humusz/talaj (%)	2,77	3,19	<b>2,98</b>	2,84	4,57	<b>3,71</b>	-

SZD<sub>5</sub>%\*: a bakhátas és a hagyományos művelési mód közötti szignifikáns differencia

Megállapítható, hogy a kezelések között a lehordott talaj humusz mennyiségében kimutatható néhány gramm eltérés 1 hektárra átszámolva számottevő különbséget mutat. A csapadék hatására a területről távozó szerves anyag mennyisége a bakhátas termesztés esetén, a lejtő meredekebb szakaszán 1 kg-mal, az enyhébb lejtésű területen 5,7 kg-mal kevesebb hektáronként, mint a hagyományos művelési mód alkalmazásával. Ez érdelemleges különbség, tekintettel arra, hogy a talaj humuszanyagai hosszú évek, évtizedek alatt épülnek fel.

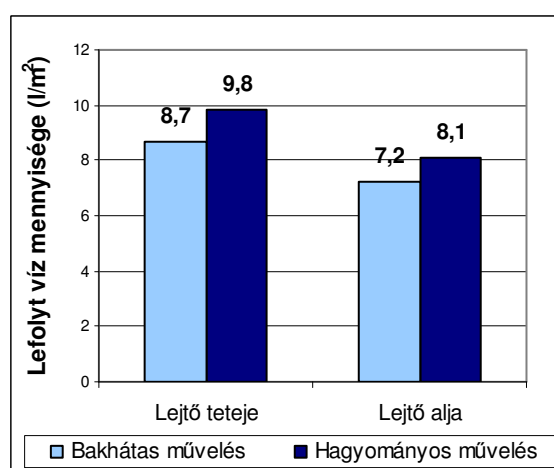
A hagyományos és a bakhátas termesztési mód között egyik általunk vizsgált paraméterben sem tapasztaltunk szignifikáns differenciát, viszont a tendencia szinten itt is a bakhátak talajvédő hatása igazolódott.

A következő mintavétel – a **2005. augusztus 24.** – erősen csapadékos időszakot követően történt, a kísérleti téren 191 mm csapadékot mértünk. Az eredményeket a 12. és a 13. ábra mutatja.



12. ábra. A lehordott talaj mennyisége bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2005.08.24.)

*Figure 12. The amount of runoff soil at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 24.08.2005.)*



13. ábra. A lefolyó víz mennyisége bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2005.08.24.)

*Figure 13. The amount of runoff water at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 24.08.2005.)*

A csapadék által lehordott talaj mennyisége ismételtelen a bakhátas kiképzésű területen volt kisebb, vagyis ez a mód csökkentette hatékonyabban a felső termékeny réteg lemosódását. A lejtő meredekebb szakaszán a hagyományos művelés alkalmazásakor közel 15 grammal, míg a lejtő kisebb dőlésszögű részén majdnem 12 grammal több talaj mosódott le a területről, mint ott, ahol bakhátakat képeztünk ki (12. ábra). A lefolyó víz mennyiségét vizsgálva hasonló tendencia

figyelhető meg. A bakhátas kezelésű talajról akár a lejtő nagyobb, akár a kisebb dőlésszögű részét vizsgálva 1 literrel kevesebb víz távozott el, mint a szántott, védelem nélküli talajról (13. ábra).

A 17. táblázat a vizsgálatok eredményeit, valamint a lehordott talaj humusztartalmát mutatja.

17. táblázat. A lehordott talaj mennyisége, humusztartalma és a területről lefolyt víz mennyisége (Józsefmajor, 2005.08.24.)

Table 17. The amount of runoff soil, humus content and the amount of runoff water (Józsefmajor, 24.08.2005.)

	Bakhátas művelési mód			Hagyományos művelési mód			SZD <sub>5</sub> %*
	Lejtő teteje	Lejtő alja	Átlag	Lejtő teteje	Lejtő alja	Átlag	
Lehordott talaj (g/m <sup>2</sup> )	52,7	46,3	<b>49,05</b>	67,3	57,9	<b>62,6</b>	<b>9,11</b>
Lehord. humusz (g/m <sup>2</sup> )	1,16	1,29	<b>1,22</b>	2,12	1,59	<b>1,85</b>	<b>0,437</b>
Lehord. humusz (kg/ha)	11,6	12,9	<b>12,25</b>	21,2	15,9	<b>18,55</b>	<b>4,37</b>
Lefolyt víz (l/m <sup>2</sup> )	8,75	7,2	<b>7,97</b>	9,82	8,1	<b>8,96</b>	<b>nsz</b>
Humusz/talaj (%)	2,20	2,79	<b>2,50</b>	3,15	2,75	<b>2,95</b>	-

SZD<sub>5</sub>%\*: a bakhátas és a hagyományos művelési mód közötti szignifikáns differencia

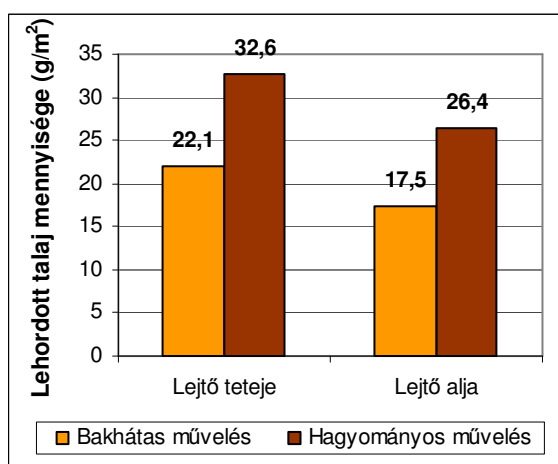
A talajvédő és a hagyományos művelési mód hatékonysága között akkor látható valóban a különbség, ha az erózió által lemosott talaj humusztartalmát is megvizsgáljuk. A bakhátas védő hatásának köszönhetően a meredek lejtőszakaszon 9,6 kg-mal, a lankásabb részen pedig 3 kg-mal több szerves anyag marad a termőhelyen hektárra vetítve.

A bakhátas termesztési mód alkalmazásával a lehordott talaj és a csapadék által lemosódott humusz mennyisége statisztikailag igazolhatóan kevesebb, mint a hagyományos kezelésben. A területről távozó víz mennyisége a bakhátas alkalmazásával mérsékelhető, azonban ennél a mérésnél szignifikáns differenciát nem tapasztaltunk a két kezelés között.

A betakarítás előtt az utolsó minta begyűjtésének időpontja **2005. november 8.** A mintavétel előtt a kísérleti téren 73 mm csapadék hullott. Az eredményeket a 14. és a 15. ábra összesíti.

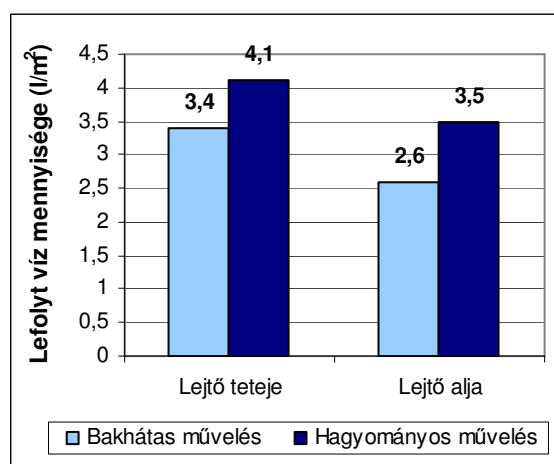
A mérési eredmények ismét a bakhátas termesztési mód talajvédő hatását igazolták. A csapadék által lemosott talaj mennyisége a lejtő tetején (meredekebb lejtőszakasz) több mint 10 grammal, a lejtő alján pedig közel 9 grammal kevesebb a bakhát védő hatásának köszönhetően, mint a hagyományos művelési módnál (14. ábra).

A területéről távozó víz mennyiségét vizsgálva megállapítható, hogy a hagyományos kezelés esetén a lejtő meredekebb részén 0,7 literrel, míg a kisebb lejtésszögű szakaszon 0,9 literrel több víz folyik el területéről (15. ábra), mint a bakhátas termesztés alkalmazásával. Ennek egyrészt azért nagy a jelentősége, mert a bakhátak védő hatását kihasználva csökkenthető az eróziós kártétel (felső termékeny réteg lehordása, szedimentáció), másrészt, ha több víz szivárog a talaj mélyebb rétegeibe, akkor a növények számára is több felvehető víz áll rendelkezésre (a kukorica egyes gyökerei a száraz talajban akár 2 m mélyre is lehatolnak), vagyis a vízigényük hosszabb ideig elégíthető ki. Ez az előny lényeges szempont lehet a művelési mód megválasztásánál, különösen, ha a globális felmelegedés következményeként gyakoribb aszályos időszakokkal és szélsőséges csapadékeloszlással kell számolnunk.



14. ábra. A lehordott talaj mennyisége bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2005.11.08.)

*Figure 14. The amount of runoff soil at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 08.11.2005.)*



15. ábra. A lefolyó víz mennyisége bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2005.11.08.)

*Figure 15. The amount of runoff water at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 08.11.2005.)*

A bakhátas és a hagyományos művelési mód alkalmazásakor a csapadék által lehordott talaj humusztartalmát és a mérés eredményeit a 18. táblázat összesíti.

A lehordott talaj humusztartalma alapján újólaj a talajvédő művelés előnyei igazolódnak. A talaj felső termékeny rétegének megőrzése (helyben tartása) adott lejtős területen a termesztés további esélyeit növelheti. Kísérletünkben a bakhátak védő hatásának betudhatóan a lejtő meredekebb szakaszán 15,6 kg-mal, a lankásabb részen 11,3 kg-mal kevesebb szerves anyag mosódott le a csapadék hatására, szemben a hagyományos művelési móddal, ahol az erózióknak semmi nem állta útját. Ha területen az évről-évre azonos mélységben végzett szántás

következtében még talajhibák is előfordulnak (különböző mélységben káros tömör záróréteg jelenléte) akkor az erózió még pusztítóbb lehet azáltal, hogy kevesebb víz tud a talaj mélyebb rétegeibe jutni.

18. táblázat. A lehordott talaj mennyisége, humusztartalma és a területről lefolyt víz mennyisége (Józsefmajor, 2005.11.08.)

*Table 18. The amount of runoff soil, humus content and the amount of runoff water (Józsefmajor, 08.11.2005.)*

	Bakhátas művelési mód			Hagyományos művelési mód			SZD <sub>5</sub> %*
	Lejtő teteje	Lejtő alja	Átlag	Lejtő teteje	Lejtő alja	Átlag	
Lehordott talaj (g/m <sup>2</sup> )	22,1	17,5	<b>19,08</b>	32,6	26,4	<b>29,05</b>	<b>6,18</b>
Lehord humusz (g/m <sup>2</sup> )	0,75	0,65	<b>0,7</b>	2,31	1,78	<b>2,1</b>	<b>0,43</b>
Lehord humusz (kg/ha)	7,5	6,5	<b>7</b>	23,1	17,8	<b>21</b>	<b>4,3</b>
Lefolyt víz (l/m <sup>2</sup> )	3,4	2,6	<b>3</b>	4,1	3,5	<b>4,2</b>	<b>0,88</b>
Humusz/talaj (%)	3,39	3,71	<b>3,55</b>	7,09	6,74	<b>6,92</b>	-

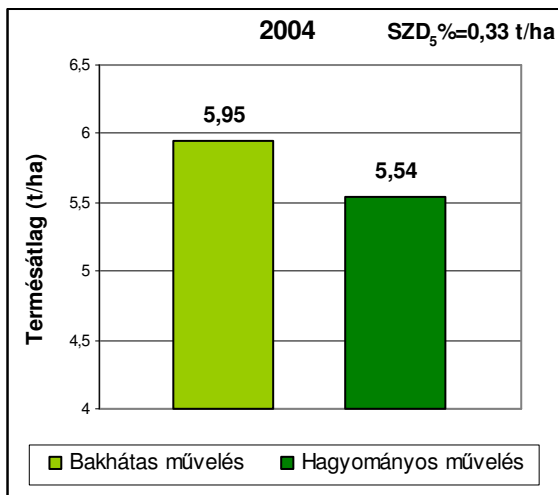
SZD<sub>5</sub>%\*: a bakhátas és a hagyományos művelési mód közötti szignifikáns differencia

Méréseink alapján megállapítható, hogy a lehordott talaj, a csapadék által lemosott humusz és a területről elfolyó víz mennyiség statisztikailag igazolhatóan csökkenthető bakhátas termesztési mód alkalmazásával, a hagyományos művelési módhoz viszonyítva.

Kísérletünkben azt is vizsgáltuk, hogy a bakhátas művelés talaj és humusztartalom védő, valamint vízmegtartó képesség növelő hatása hogyan mutatkozik meg a kukorica termésátlagában. 2004-ben és 2005-ben mért eredményeket a 16. és a 17. ábra szemlélteti.

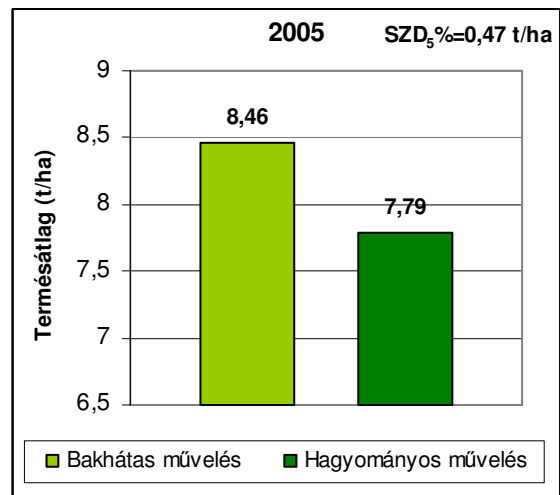
A kukorica termésátlagát tekintve mind a 2004. évben, mind a 2005. évben statisztikailag igazolhatóan jobb eredményt mértünk a bakhátas kezelésben, mint a hagyományos művelési mód alkalmazásakor.





16. ábra. A kukorica termésátlaga bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2004)

*Figure 16. Yield of maize at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 2004)*



17. ábra. A kukorica termésátlaga bakhátas és hagyományos művelési mód esetén (Józsefmajor, 2005)

*Figure 17. Yield of maize at ridge tillage and conventional tillage methods (Józsefmajor, 2005)*

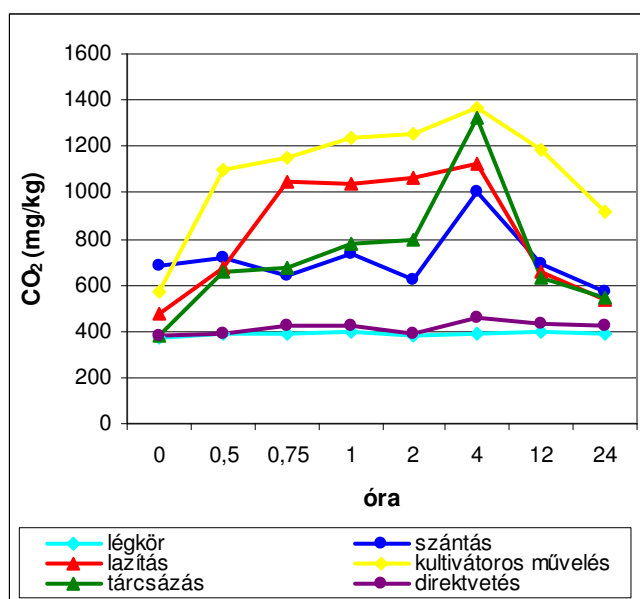
**Összefoglalás:** Kísérletünkben a bakhátas és a hagyományos termesztési mód talajvédő hatását hasonlítottuk össze lejtős területen. Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy védő felszín kiképzésével, vagyis esetünkben bakhátak alkalmazásával érdemlegesen csökkenthető az erózió kártétele. A talajvédő felszín alkalmazásának előnyei a lehordott talaj, a talajban lévő humusz, valamint a területről eltávozó víz kisebb mennyiségében egyaránt kimutathatók. Ez a pozitív hatás a kukorica termésátlagában is megmutatkozott. Az eredmények hagyományos művelés esetén védő jellegű beavatkozásokra – lejtő irányra merőleges művelés, felszín takarás, művelőtalp tömörödés megelőzés és enyhítése – irányítják a figyelmet.

## 4.2. A talaj CO<sub>2</sub> kibocsátás mérésének eredményei

Világviszonylatban a mezőgazdaság 5 %-kal járul hozzá az összes szén-dioxid kibocsátáshoz (Cole 1996). A Kyotoi Jegyzőkönyv állásfoglalása szerint a légköri szén-dioxid tartalom növekedése a globális klímaváltozás egyik kiváltója lehet.

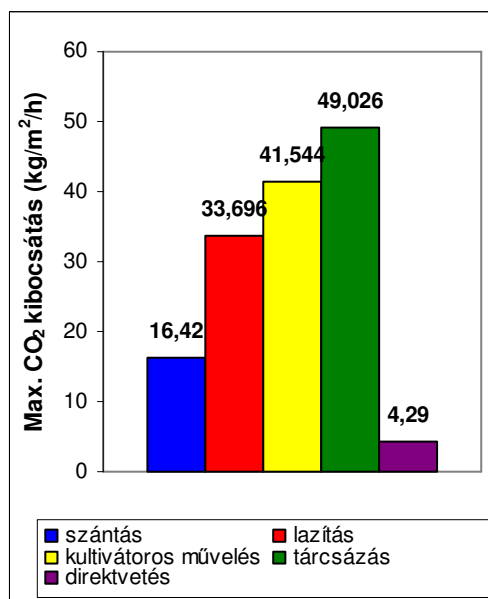
A józsefmajori talajművelési kísérletben a szén-dioxid emisszió értékét az alpművelés és a vetés elvégzése után mértük. Valamennyi esetben meghatároztuk a légköri szén-dioxid tartalmat is, amely kellő viszonyítási alapot ad a talajból történő kibocsátás értékeléséhez. A szén-dioxid kibocsátást ppm-ben (mg/kg) mértük, amit átszámoltunk fluxusra (kg/m<sup>2</sup>/h), aminek segítségével a maximális szén-dioxid kibocsátást tudtuk összehasonlítani a különböző kezelések alkalmazásakor.

A **2003. augusztus 22-én**, a művelés utáni mérésorozat eredményeit száraz talajon a 18. és a 19. ábra mutatja be. Méréskor a levegő hőmérséklete 25 °C.



18. ábra. A szén-dioxid emisszió alakulása különböző talajművelési eljárásoknál művelés után (Józsefmajor, 2003.08.22.)

*Figure 18. CO<sub>2</sub> emission at different soil tillage practices after cultivation (Józsefmajor, 22.08.2003.)*



19. ábra. A maximális szén-dioxid fluxus különböző talajművelési eljárásoknál művelés után (Józsefmajor, 2003.08.22.)

*Figure 19. Maximum CO<sub>2</sub> flux at different soil tillage methods after cultivation (Józsefmajor, 22.08.2003.)*

A 18. ábra a szén-dioxid kibocsátást mutatja. Látható, hogy a legkisebb átlagos emissziót a direktvetéses kezelésben mértük. A direktvetéses rendszerrel nem történt művelési beavatkozás, a szén-dioxid emisszió a légköri értéktől lényegében nem különbözött. A legnagyobb értéket a kultivátoros művelés esetében tapasztaltuk, 1098 mg/kg CO<sub>2</sub> volt az átlagos kibocsátás a mérés ideje alatt. A kultivátoros művelés szerkezetkímélő tulajdonságát emeli ki Szabó (1994) és Birkás (2002). Megállapításaik szerint a talajmorzsákat összetartó humuszanyagok degradációja nem következik be, mivel a levegőzöttség, az aerob mikrobiális tevékenység és a szervesanyag fogyasztás csak kis mértékű a művelés következtében. Kísérleteinkben tapasztalt ellentétes eredmények oka feltételezhetően a felső talajréteg fellazítása és a felszín lezárás tökéletlensége (a kultivátor 1989. évi gyártmány). A lazítással kombinált tárcsázás átlagos kibocsátási értéke a második legnagyobb a kezelések közül, 827 mg/kg. A tárcsával végzett művelés esetében is jelentős kibocsátást mértünk, az átlagos emisszió 724 mg/kg. Ennél a szántás esetében alacsonyabb értéket mértünk (707 mg/kg), amely valószínűleg a felszín szántással egy menetes lezárásának köszönhető.

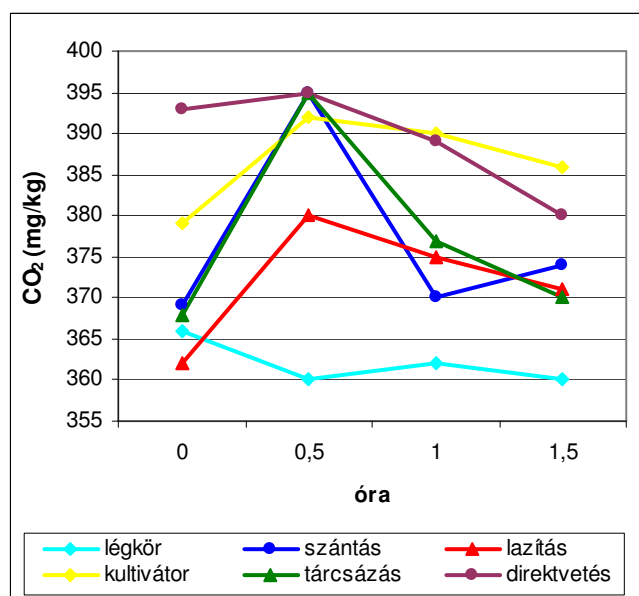
A 19. ábra alapján megállapítható, hogy az augusztus végén végzett alpművelést követően a maximális szén-dioxid kibocsátás a direktvetés esetében bizonyult a legkisebbnek. A tárcsázás a talaj legfelső 16-20 cm-es rétegét mozgatja át, amely javítja a talaj levegőzöttségét, ezáltal kedvező életteret biztosít a mikrobák számára. Ez a maximális szén-dioxid kibocsátásban is megmutatkozik, a tárcsával végzett művelés esetében mértük a legnagyobb, kultivátoros kezelésnél a második legmagasabb emissziós értéket. A szántásnál jelentősen nagyobb maximális kibocsátás értéket mértünk a lazításos művelés esetében. Ebből az eredményből is látható, hogy nyári napokon végzett forgatásos művelésnél milyen jelentős szerepe van az azonnal, lehetőleg a műveléssel egy menetben végzett elmunkálásnak. A felszín hengerrel történő lezárása csökkenti a párolgást, a szerves anyagok lebomlását és a szén-dioxid légkörbe távozását. A tárcsázás során a légkörbe kerülő szén-dioxid maximális mennyisége 49 kg/m<sup>2</sup>/h, amely lényegesen nagyobb a direktvetésnél mért 4,2 kg/m<sup>2</sup>/h értéknél. Ez jelentősnek mondható, különösen, ha tekintetbe vesszük, hogy évente 0,5 %-kal nő a légkör szén-dioxid koncentrációja, amely szerepet játszik az éves középhőmérséklet emelkedésében és ezáltal a klímaváltozásban.

**A 2003. augusztus 25-én,** rozs vetés utáni mérésorozat eredményeit a 20. és a 21. ábra szemlélteti.

A 20. ábra a vetés után, száraz talajon, 16 °C levegő hőmérséklet mellett mért szén-dioxid kibocsátás alakulását mutatja. Látható, hogy közvetlenül a vetés után, a légköri CO<sub>2</sub> koncentrációhoz képest lényegesen két kezelés esetében mértünk nagyobb értéket, ez a kettő a direktvetés, 393 mg/kg és a kultivátoros művelés, 379 mg/kg. A vetés után 30 perccel már

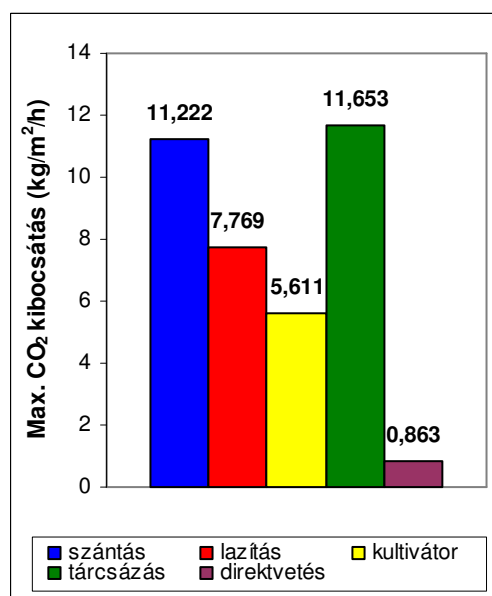
valamennyi parcellán magasabb értéket tapasztaltunk. A lazítással kombinált tárcsázás kivételével az összes többi művelés közel azonos szén-dioxid kibocsátási értéknél érte el a maximumát.

A 21. ábra a vetés utáni maximális kibocsátási értékeket mutatja. Az ábráról leolvasható, hogy a maximális fluxust a tárcsázásos művelés esetén tapasztaltuk. Ezt követi a szántás, a lazítással kombinált tárcsázás és a kultivátoros kezelés. Ebben a mérésorozatban is a direktvetés maximális szén-dioxid kibocsátása volt a legkisebb. Ugyanakkor azt is megfigyeltük, hogy a vetés után mért kibocsátási értékek lényegesen alacsonyabbak, mint amelyeket a művelés után tapasztaltunk. Ez a magágykészítés és vetés tömörítő műveleteivel magyarázható. Mind a művelés, mind a vetés után a tárcsás kezeléskor mértük a legmagasabb maximális szén-dioxid kibocsátás értéket, amely első esetben  $49 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ , második esetben  $11,6 \text{ kg/m}^2/\text{h}$  volt.



20. ábra. A szén-dioxid emisszió alakulása különböző talajművelési eljárásoknál vetés után (Józsefmajor, 2003.08.25.)

Figure 20. CO<sub>2</sub> emission at different soil tillage practices after sowing (Józsefmajor, 25.08.2003.)

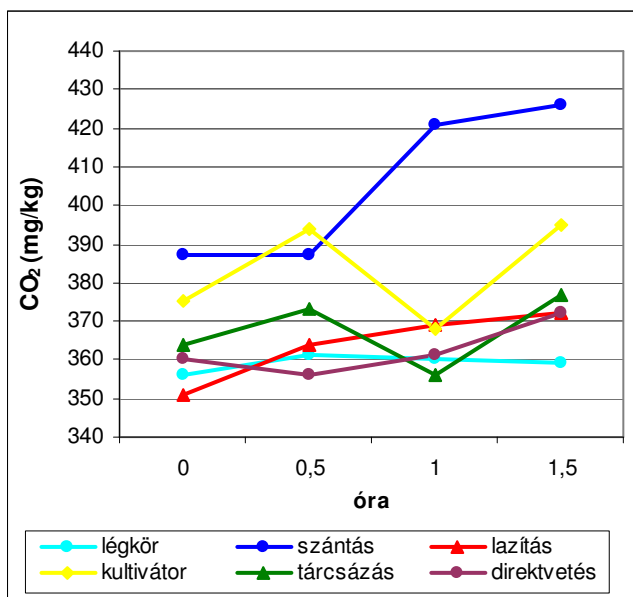


21. ábra. A maximális szén-dioxid fluxus különböző talajművelési eljárásoknál vetés után (Józsefmajor, 2003.08.25.)

Figure 21. Maximum CO<sub>2</sub> flux at different soil tillage methods after sowing (Józsefmajor, 25.08.2003.)

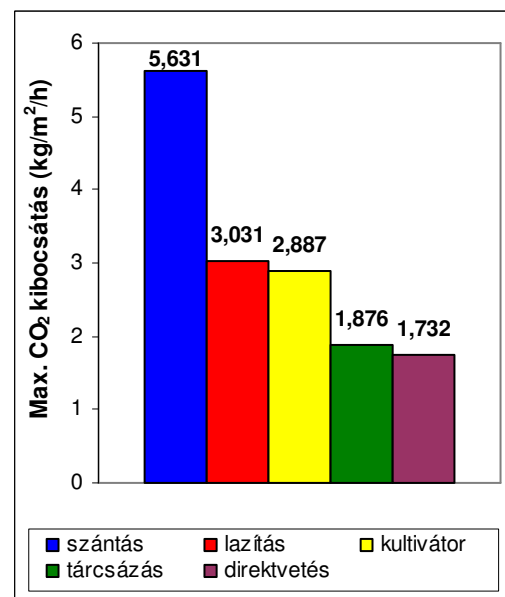
A **2004. szeptember 13-án**, a zöldtrágyának termesztett borsó után, a búza alá történt alapművelést követően, száraz talajon végzett mérésorozat eredményeit a 22. és a 23. ábra szemlélteti. A levegő hőmérséklete 15 °C.

A hazai és a nemzetközi kutatások eredményei (Tracy et al. 1990; Reicosky et al. 1999; Etana et al. 2001) egyaránt azt mutatják, hogy a különböző művelési módok közül a talaj rendszeres szántása következtében kerül a legtöbb szén-dioxid a légkörbe. A józsefmajori, 2004. nyár végi alapművelés utáni mérések ugyanezt támasztják alá. A 22. ábrán jól látható, hogy a forgatósas kezelés esetében tapasztaltuk a legmagasabb átlagos CO<sub>2</sub> kibocsátást, mely 405 mg/kg volt. A légköri értékhez viszonyítva ez az érték nem magas, tekintettel a felszínzárásra. Második legnagyobb értéket a kultivátoros kezelés esetében tapasztaltuk, ezt követi sorrendben a tárcsás és a lazítással kombinált tárcsás művelés. A legkisebb átlagos kibocsátási értéket (362 mg/kg) a direktvetés esetében mértük, amely ebben az esetben is alig volt magasabb a légköri koncentrációnál (359 mg/kg). A direktvetéskor a talaj állapotába semmilyen beavatkozás nem történt, ezért a fokozott mikrobiális tevékenység feltételei sem voltak biztosítva.



22. ábra. A szén-dioxid emisszió alakulása különböző talajművelési eljárásoknál művelés után (Józsefmajor, 2004.09.13.)

*Figure 22. CO<sub>2</sub> emission at different soil tillage practices after cultivation (Józsefmajor, 13.09.2004.)*

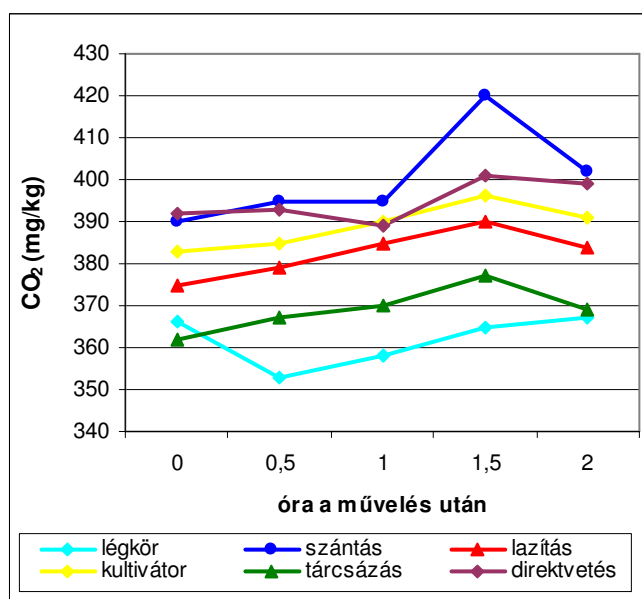


23. ábra. A maximális szén-dioxid fluxus különböző talajművelési eljárásoknál művelés után (Józsefmajor, 2004.09.13.)

*Figure 23. Maximum CO<sub>2</sub> flux at different soil tillage methods after cultivation (Józsefmajor, 13.09.2004.)*

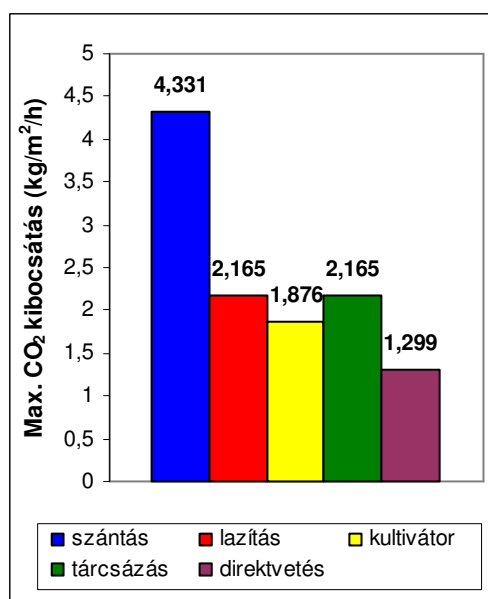
A 23. ábra a maximális szén-dioxid kibocsátási eredményeket szemlélteti. Hasonlóan az átlagos emisszióhoz, itt is a szántásnál tapasztaltunk magasabb értéket, 5,6 kg/m<sup>2</sup>/h, amely 3,9 kg-mal több CO<sub>2</sub> kibocsátást jelent m<sup>2</sup>-ként, és óránként, mint a direktvetés alkalmazásakor. Külföldi kutatások is hasonló eredményt mutatnak. Reicosky (1997) megállapítása szerint a szántás utáni szerves anyag mikrobiális lebontása révén 80 %-kal több szén-dioxid kerül a légkörbe, mint a direktvetés esetén. Ennek következményeként pedig adott idő alatt csökken a talaj szerves anyag tartalma is. A maximális CO<sub>2</sub> kibocsátást tekintve a második legnagyobb értéket a lazításos kezelés esetében kaptuk, amelyet kis különbséggel a kultivátoros kezelés követ. A tárcsás művelés emissziós értéke csak valamivel magasabb annál, mint amelyet a direktvetés esetében mértünk.

A **2004. október 4-én**, 15 °C levegő hőmérséklet mellett végzett őszi búza vetését követő mérésorozat eredményeit a 24. és a 25. ábra szemlélteti.



24. ábra. A szén-dioxid emisszió alakulása különböző talajművelési eljárásoknál vetés után (Józsefmajor, 2004.10.04.)

Figure 24. CO<sub>2</sub> emission at different soil tillage practices after sowing (Józsefmajor, 04.10.2004.)



25. ábra. A maximális szén-dioxid fluxus különböző talajművelési eljárásoknál vetés után (Józsefmajor, 2004.10.04.)

Figure 25. Maximum CO<sub>2</sub> flux at different soil tillage methods after sowing (Józsefmajor, 04.10.2004.)

A 24. ábra alapján, száraz talajon a szántott talajban tapasztaltuk a legnagyobb átlagos CO<sub>2</sub> kibocsátást. Az emissziós érték a vetés után 90 perccel érte el a maximumot 420 mg/kg értékkel, ezt követően némileg visszaesett. A direktvetés esetében az átlagos kibocsátás viszonylag nagy volt, 395 mg/kg. A kezelések közül egyébként vetés után közvetlenül a direktvetésben mértük a legmagasabb CO<sub>2</sub> koncentrációt (392 mg/kg). Ugyanakkor ez esetben a vetés után mért érték lényegesen nem növekedett, mint az a maximális kibocsátást bemutató 23. ábráról is leolvasható.

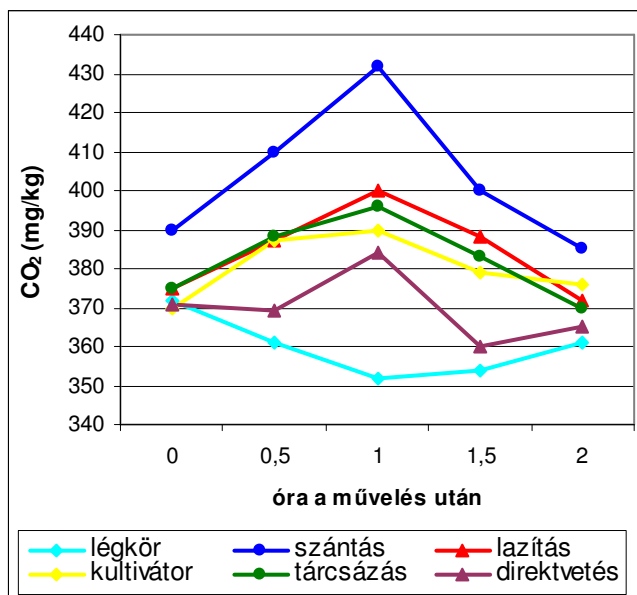
Az átlagos szén-dioxid kibocsátás alapján a művelések rangsora csökkenő sorrendben tehát a következő:

szántás > direktvetés > kultivátoros művelés > lazítás+tárcsázás > tárcsázás

A 25. ábra a maximális CO<sub>2</sub> kibocsátást szemlélteti a különböző művelések esetében. A szántott talaj mutatta a legmagasabb fluxust, 4,3 kg/m<sup>2</sup>/h értéket. A tárcsás és a lazítással kombinált tárcsás művelés esetében azonos a maximális szén-dioxid kibocsátás értéke, a kultivátoros kezelés esetében pedig kisebb. Ez esetben is a direktvetéses parcella talaján volt mérhető a legkisebb érték (1,3 kg/m<sup>2</sup>/h).

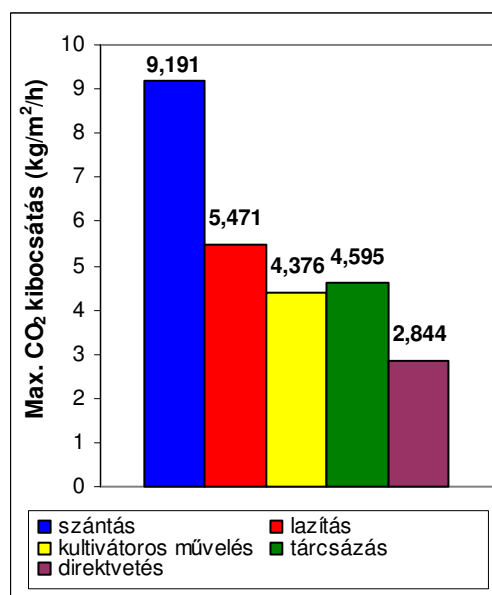
A **2005. október 7-én**, fehér mustár védőnövény után végzett alpművelést követő mérésorozat eredményeit a 26. és a 27. ábra szemlélteti. A levegő hőmérsékletet 12 °C.

A 26. ábra alapján, nedves talajon a nagyobb talajbolygatással járó szántás esetén nagyobb, a mérsékelt talajmozgatást okozó műveléseknél alacsonyabb szén-dioxid kibocsátás állapítható meg. Ez ismét azokat a kutatási eredményeket igazolja, amelyek az intenzív, forgatásos művelés következtében megnövekedett mikrobiális tevékenységet és ezzel összefüggésben jelentős CO<sub>2</sub> kibocsátást mutatnak (Reicosky et al. 1997; Giuffré et al. 2003). Ugyanakkor felhívom a figyelmet a szántott talaj relatív alacsony emissziós értékére (432 mg/kg), amely kedvezőbb, mint a szokásos szántásoké, mivel elmunkált a felszín. Esetünkben a legalacsonyabb emissziós értékeket a direktvetés alkalmazásakor tapasztaltuk, az átlagérték ezúttal is alig tért el a légkör szén-dioxid koncentrációjától. A lazítással kombinált tárcsázás (384,4 mg/kg), a tárcsázás (382,4 mg/kg) és a kultivátoros kezelés (380,4 mg/kg) átlagos CO<sub>2</sub> kibocsátás értékei között lényegi különbséget nem tapasztaltunk.



26. ábra. A szén-dioxid emisszió alakulása különböző talajművelési eljárásoknál művelés után (Józsefmajor, 2005.10.07.)

Figure 26. CO<sub>2</sub> emission at different soil tillage practices after cultivation (Józsefmajor, 07.10.2005.)



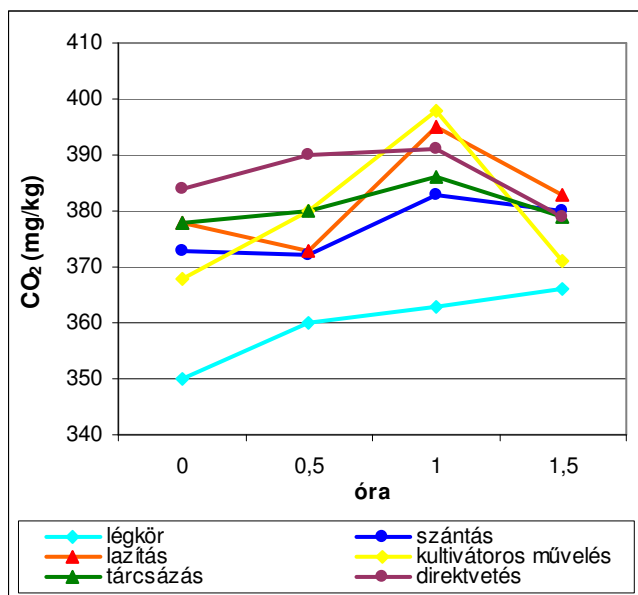
27. ábra. A maximális szén-dioxid fluxus különböző talajművelési eljárásoknál művelés után (Józsefmajor, 2005.10.07.)

Figure 27. Maximum CO<sub>2</sub> flux at different soil tillage methods after cultivation (Józsefmajor, 07.10.2005.)

A **2005. október 12-én**, az őszi búza vetése után, 8,8 °C hőmérséklet mellett végzett mérésorozat eredményeit a 28. és a 29. ábra szemlélteti.

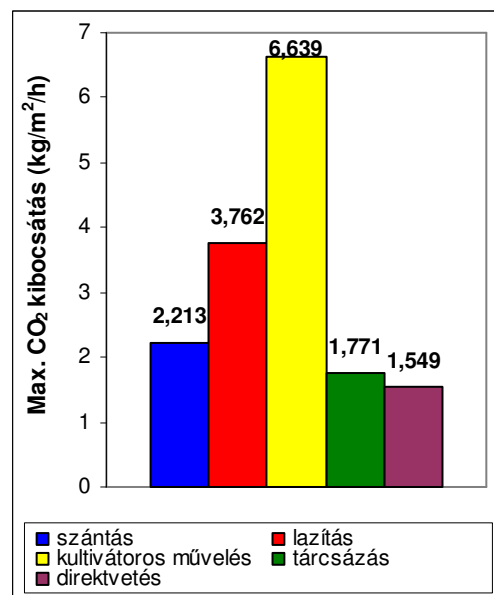
A szén-dioxid emisszió vetés utáni alakulását, nedves talajon a különböző művelési módok esetében a 28. ábra mutatja. Ha a mérés ideje alatti (90 perc) átlagos CO<sub>2</sub> kibocsátást tekintjük, látható, hogy a különböző kezelések átlagos emissziós értékei csak némileg térnek el egymástól. A direktvetés esetében mértük a legmagasabb átlagos értéket (386 mg/kg), amelyet a vetés által okozott talajmozgatás magyaráz. A lazítással kombinált tárcsázás és a tárcsázás esetében valamivel alacsonyabbak az átlagos emisszió értékek (382 mg/kg és 381 mg/kg). A kultivátorral művelt talaj átlagos kibocsátása ezeknél valamivel alacsonyabb, 379 mg/kg. A legalacsonyabb átlagos értéket a szántott talajban mértük (377 mg/kg). Ezek az átlagos emissziós értékek alig haladják meg a légköri szén-dioxid koncentrációt, amely a mérés ideje alatt 360 mg/kg volt. Ugyanakkor a maximális CO<sub>2</sub> kibocsátás alapján a művelések közti különbségek szembetűnőek (29. ábra).





28. ábra. A szén-dioxid emisszió alakulása különböző talajművelési eljárásoknál vetés után (Józsefmajor, 2005.10.12.)

Figure 28. CO<sub>2</sub> emission at different soil tillage practices after sowing (Józsefmajor, 12.10.2005.)



29. ábra. A maximális szén-dioxid fluxus különböző talajművelési eljárásoknál vetés után (Józsefmajor, 2005.10.12.)

Figure 29. Maximum CO<sub>2</sub> flux at different soil tillage methods after sowing (Józsefmajor, 12.10.2005.)

A 29. ábra alapján megállapítható, hogy a legnagyobb maximális kibocsátási értéket a kultivátoros művelési mód alkalmazásánál tapasztaltuk, amely 6,6 kg/m<sup>2</sup>/h volt. A magágykészítés ennél a kezelésnél vélhetően nem volt tökéletes, a kívánatosnál nagyobb és durvább felület maradt. Más magyarázat szerint a szántott talajba aláforgatott tarlómaradványok feltáródása alig kezdődött meg, míg ott, ahol csak bekeverés történt, a feltáródás már folyt. A direktvetésnél mértük a legkisebb értéket 2,5 kg/m<sup>2</sup>/h. A művelések rangsora csökkenő sorrendben a vetés utáni maximális szén-dioxid emisszió tekintetében a következő:

Kultivátoros művelés > lazítás+tárcsázás > szántás > tárcsázás > direktvetés

A szén-dioxid kibocsátás, a humusztartalom és a talaj levegőzöttsége között közvetlen kapcsolat figyelhető meg, mivel a fokozott mikrobiológiai tevékenység intenzív szerves anyag fogyasztással jár. A talaj humuszanyagai évek, évtizedek alatt épülnek fel, ezért nagy jelentősége van a megfelelő talajművelés megválasztásának. A Józsefmajori kísérletben azonos talajhasználati módnál három év elteltével jelentős változást tapasztaltunk a humusztartalomban (19. táblázat).

19. táblázat. A józsefmajori kísérleti talaj humusztartalmának változása 3 év alatt a kezelések szerint (Józsefmajor, 2003 és 2006)

*Table 19. Change of humus content of soil following 3 years of the experimental site in Józsefmajor, according to the tillage methods (Józsefmajor, 2003 and 2006)*

	Humusz tartalom (%)											
	0-10 cm			10-20 cm			20-30 cm			30-40 cm		
	2003	2006	$\Delta$	2003	2006	$\Delta$	2003	2006	$\Delta$	2003	2006	$\Delta$
<b>DV</b>	3.16	4.34	<b>1,18</b>	2.83	3.51	<b>0,68</b>	2.53	3.11	<b>0,58</b>	1.72	2.55	<b>0,83</b>
<b>T</b>	3.34	4.11	0,77	3.40	3.34	-0,06	3.02	3.12	0,1	2.43	2.52	0,09
<b>K</b>	3.81	4.02	0,21	3.37	3.33	-0,04	2.53	3.09	0,56	2.21	2.80	0,59
<b>SZ</b>	2.96	3.39	0,43	2.77	3.39	0,62	2.92	3.32	0,40	2.41	2.88	0,47
<b>L+T</b>	3.17	3.82	0,65	2.90	3.49	0,59	3.40	3.14	-0,26	1.93	2.69	0,76
<b>Átlag</b>	3,29	3,94	0,65	3,05	3,41	0,36	2,88	3,15	0,27	2,14	2,69	0,55

Jelmagyarázat: D= Direktvetés; T= Tárcsázás (16-20 cm); K= Kultivátoros művelés (16-20); SZ= Szántás (26-30 cm); L+T= Lazítás és tárcsázás (40-45 cm + 16-20 cm);  $\Delta$ = humusz tartalom változása

A talaj humusztartalmát vizsgálva a 2006-ban mért értékek között, a talaj felső 10 cm rétegében a különböző kezelések között szignifikáns differenciát tapasztaltunk (Mellékletek 3/a. táblázat). A szántásos kezelés humusztartalma statisztikailag igazolhatóan alacsonyabb a többi kezelésben mért értéknél. A direktvetés esetében tapasztalt humusztartalom pedig szignifikánsan magasabb a lazítással kombinált tárcsázás és a kultivátoros művelésben kapott értéknél (Mellékletek 3/b. táblázat).

A talaj 10-20 cm mélységében a kezelések között a humusztartalom vonatkozásában szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk.

A talaj 20-30 cm rétegének humusztartalmában a különböző művelési módok statisztikailag igazolhatóan nem különböznek.

A talaj 30-40 cm mélységében a kezelések között szignifikáns differenciát tapasztaltunk a talaj humusztartalma alapján. A szántás alkalmazásakor mért humusztartalom statisztikailag igazolhatóan magasabb, mint a tárcsázásos és a direktvetéses kezelésben tapasztalt érték. A kultivátoros művelés esetében szignifikánsan nagyobb humusztartalmat mértünk a tárcsás műveléshez viszonyítva. A kezelések közti korrelációs viszonyokat a Mellékletek 3/b. táblázata mutatja.

A 19. táblázat alapján megállapítható, hogy a szerves anyag a direktvetéses kezelés alkalmazásakor gazdagodott a legnagyobb értékben, bármelyik – 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm – szintet vizsgáljuk. A különböző talajmélységekben a következőképpen alakult a kezelések sorrendje.

0-10 cm: direktvetés > tárcsázás > lazításos kezelés > szántás > kultivátoros művelés

10-20 cm: direktvetés > szántás > lazításos kezelés > tárcsázás > kultivátoros művelés

A tárcsás és a kultivátoros művelés esetében a talaj szerves anyag tartalma nem nőtt, hanem csökkent néhány század százalékkal. Erre, egy következő vizsgálat bővebb magyarázattal szolgálhat.

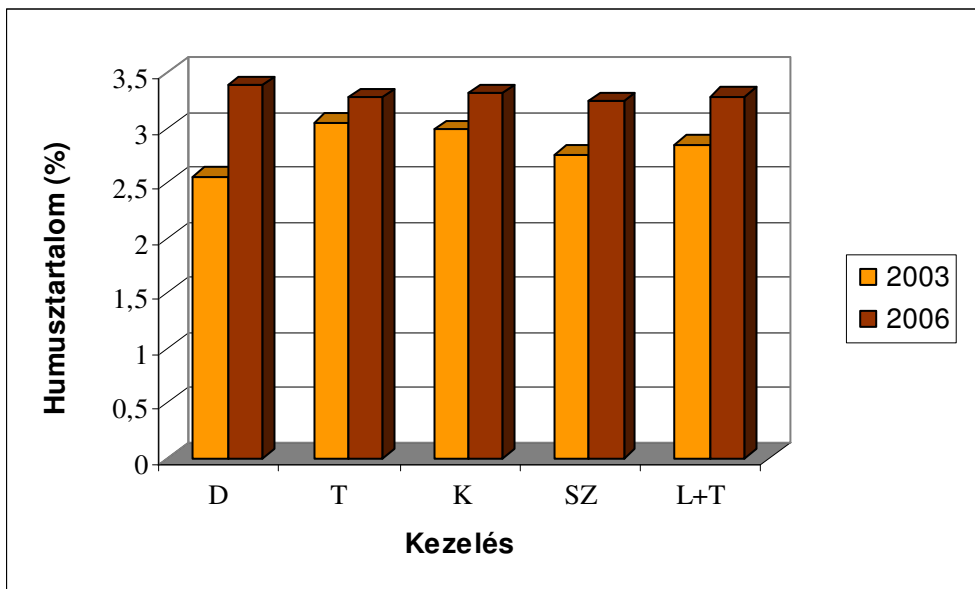
20-30 cm: direktvetés > kultivátoros művelés > szántás > tárcsázás > lazításos kezelés

Lazításos kezelés hatására a szerves anyag 0,26 %-os csökkenését tapasztaltuk. Ez megegyezik más külföldi kísérletek eredményeivel (Ball et al. 1998), amelyek ugyancsak az intenzív talajművelés negatív hatását igazolták a talaj természetes termékenységére.

30-40 cm: direktvetés > lazításos kezelés > kultivátoros művelés > szántás > tárcsázás

A talaj humusztartalmának 3 év alatti változását (0-40 cm mélységig) tekintve a kezelések között szignifikáns különbséget tapasztaltunk. A direktvetés alkalmazásakor a talaj humusztartalma statisztikailag igazolhatóan nagyobb mértékben gazdagodott, mint a többi kezelés esetében (Mellékletek 4/b. táblázata).

A szerves anyag csökkenés és a talajállapot romlása következtében az ülepedési, tömörödési és porosodási hajlam is növekszik (Soane 1985). Több és jó minőségű szerves anyag esetén nagyobb a talaj rugalmassága és ellenállása a deformáló erővel szemben (Gyuricza 2004).



30. ábra. A humusztartalom alakulása különböző kezelések esetében 2003-ban és 2006-ban  
*Figure 30. The organic matter content in case of different tillage methods in the year of 2003 and 2006*

Jelmagyarázat: D= Direktvetés; T= Tárcsázás (16-20 cm); K= Kultivátoros művelés (16-20); SZ= Szántás (26-30 cm); L+T= Lazítás és tárcsázás (40-45 cm + 16-20 cm)

**Összefoglalás:** A talaj szén-dioxid kibocsátás vizsgálatainak eredményeként megállapítható, hogy a vizsgált talajkímélő változatok között az emissziós érték a direktvetés esetében tartható legalacsonyabb szinten. Mivel a direktvetés esetében nem avatkoztunk a talaj állapotába, nem növeltük a talaj levegőzöttségét, így a mikrobiális folyamatok feltételeit sem biztosítottuk, így a szén-dioxid kibocsátás is alacsony szinten maradt. A szerves anyag tartalom három év alatt ugyancsak a direktvetésben, a legkevésbé bolygatott kezelésben növekedett a legnagyobb mértékben. A sekélyen művelt talajokban a flux értékeket vélhetően befolyásolta a talaj nedvességtartalma, a felület (pl. a tárcsával vagy kultivátorral művelt talajokat jó minőségben nem tudtuk lezárni), illetve a talajba kevert tarlómaradványok feltáródásának zavartalansága.

A szántott talajban lényegesen nagyobb emissziót mértünk (a Magyarországon még elterjedt, lezárás nélküli szántásokhoz képest azonban mindhárom évben alacsonyabbat). Ennek köszönhetően a szántott talajban is növekedett a humusztartalom, amelyre a direktvetést előtérbe helyező szakirodalomban alig van példa. Kísérletünkben is bizonyítást nyert, hogy különösen a nyári melegben végzett alpműveléskor milyen nagy jelentősége van a felszín azonnali lezárásának. Ezáltal ugyanis nem csak a talaj szén-dioxid kibocsátása csökkenthető, hanem a szerves anyag fogyását is mérsékelni lehet.

### 4.3. A talaj agronómiai szerkezet vizsgálat eredményei

#### 4.3.1. Művelési kísérlet eredményei

A talajhasználat hosszabb időszak alatt befolyásolja az agronómiai szerkezetet. A szántással, tárcsázással sokat bolygatott talaj esetében nőhet a por frakció aránya, míg a kímélő talajhasználat érdemlegesen csökkentheti a talajok porosodását. A talajok bolygatása, beleértve a rögaprítás ciklikus ismétlődését, a szervesanyag mérleg és az agronómiai szerkezet romlásához vezethet (Birkás 2004).

A talajok állapota azért érdemel megkülönböztetett figyelmet, mivel a nedvességforgalom hatékonyságán keresztül befolyásolható a Magyarországon igen gyakori aszályal összefüggő károk mértéke (Birkás et al. 2004). A klimatikus károk enyhítése érdekében a szerkezet degradálását kiváltó és súlyosbító körülményeket, főként a talajok kiszáradását és rögzösödését kellene megelőzni, illetve csökkenteni. A nedvességvesztés csökkentésével a műveléssel összefüggő mechanikai károk (rögzösödés, porosodás) mérsékelhetők (Birkás 2000). Más szerzők rámutatnak arra, hogy a talajszerkezet kímélése vagy romlása összefügg a bolygatottsággal és a szerves anyag veszteséggel (Győrffy 1990; Tóth 2001). Klasszikus szerzőink, Milhoffer (1897) és Cserháti (1900) elsőként számoltak be a talajszerkezet romlásáról, amelyhez véleményük szerint az eredeti tájak átalakítása (erdők kiirtása, mocsarak lecsapolása, folyók szabályozása) mellett az okszerűtlen művelés is hozzájárult. Mára az is bebizonyosodott, hogy a jó talajszerkezet enyhíti, a degradálódás növeli a klímaelemekkel szembeni érzékenységet (Nyiri 1997; Ruzsányi 2000; Birkás és Gyuricza 2001; Birkás 2004).

Ideális szerkezetű az a talaj lenne, amelynek legalább 80%-át a morzsafrakcióba tartozó aggregátumok képeznék (Stefanovits 1992b). Hazánkban ilyet nem találunk. A talajok szerkezetességétől függően a morzsák mennyisége 70 és 0% között változik.

A józsefmajori talajra jellemző agronómiai szerkezetet a különböző talajművelési kezelések alkalmazása (kísérlet „A” tényezője) esetén, az alpművelés elvégzése után, a rozs vetése előtt a 20. táblázat szemlélteti. A 20. táblázat alapján látható, hogy **2003-ban**, nyár végén a legkedvezőbb szerkezetet (minél nagyobb a morzsa frakció %-os aránya, annál jobb a talaj agronómiai szerkezete) a kultivátoros művelés alkalmazásakor tapasztaltuk, amelyet kis különbséggel a lazítással kombinált tárcsás művelés követ. A tárcsás kezelésre jellemző szerkezet sorrendben a harmadik, a szántott talajé pedig a negyedik. A sorrend oka az lehet, hogy a kísérlet beállítása előtt a területen mindig azonos mélységben, és rögzképzően végezték a szántást, ennek következtében nagyobb a rög frakció aránya. A legrosszabb szerkezetet a direktvetéses kezeléskor kaptuk, amely az eredetileg ülepedett talajállapot révén alakulhatott ki.

20. táblázat. Jellemző agronómiai szerkezet a különböző művelési módok esetében (Józsefmajor, 2003.08.25.)

*Table 20. Characteristic agronomical texture of soil in different tillage systems (Józsefmajor, 25.08.2003.)*

Frakció méret	Szántás	Lazításos kezelés	Kultivátoros művelés	Tárcsázás	Direktvetés
> 10 mm, rög (%)	40,10	38,21	35,36	38,31	40,85
10–0,25 mm, morzsa (%)	50,57	54,09	56,73	52,46	45,59
< 0,25 mm por (%)	9,33	7,70	7,31	9,23	13,56

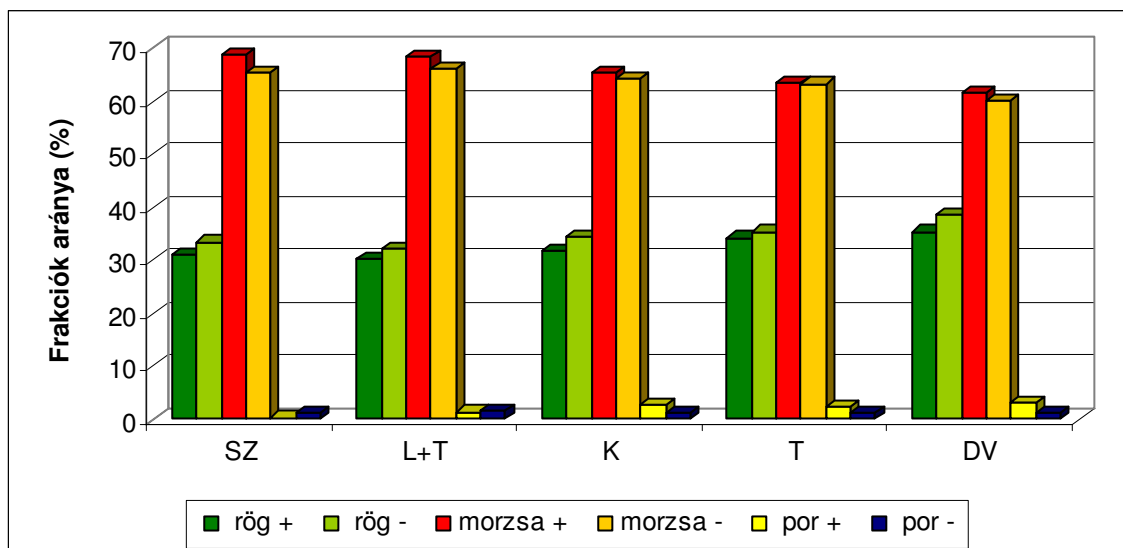
A kísérlet „B” tényezőjét a rozs védőnövényvel való borítás jelenti. Mivel a kísérleti területnek csak a felét vetettük be rozssal, lehetőség nyílt a talaj agronómiai szerkezet értékeinek összehasonlítására, mind a különböző kezelések esetében, mind a védőnövényvel fedett és fedetlen kezelések esetében.

A **2004. márciusi**, a rozs állományában végzett mérés eredményeit a 31. ábra szemlélteti. Az agronómiai szerkezet legkedvezőbb arányait tavasszal, a védőnövényvel bevetett, szántott talajban kaptuk (rög: morzsa: por=31:68,8:0,2). A védőnövény hiánya kisebb eltérést mutatott, az arányok 33,5:65,4:1,1 % szerint alakultak. Ez a szántásokat illetően nem általánosítható, esetünkben a jó minőséggel magyarázható. Az agronómiai szerkezet a direktvetés esetében volt a legrosszabb, mind a védőnövényvel fedett, mind a fedetlen területen. Ez azzal magyarázható, hogy a kísérletben a morzsaregenerálódás még csupán a kezdeti stádiumban van. A talaj tavasz végi nagyobb nedvességtartalma miatt a por frakció aránya igen csekély, 0-2% között változik.

Kezelések sorrendje rozs alkalmazásakor, a talaj agronómiai szerkezete (kiemelten a morzsa) szempontjából csökkenő érték szerint:

szántás > lazítás+ tárcsázás > kultivátoros művelés > tárcsázás > direktvetés

Rozs védőnövény alkalmazása esetén a kezelések között a morzsa és a por frakció esetében szignifikáns különbséget tapasztaltunk (Mellékletek 5/a. táblázat). A kezeléspárok közti korrelációt a Mellékletek 5/b. táblázata szemlélteti. A szántás és a lazítással kombinált tárcsázás esetében szignifikánsan nagyobb volt a morzsa frakció aránya, mint a direktvetés alkalmazásakor. A por frakciót tekintve a szántásnál, mind a tárcsázás, mind a kultivátoros művelés, mind a direktvetés statisztikailag igazolhatóan magasabb értéket tapasztaltunk, vagyis jobban porosítanak ezek a kezelések. A lazítással kombinált tárcsázás, a por frakció százalékos arányát alapul véve, a direktvetésnél szignifikánsan szerkezet kímélőbb művelésre utal.



31. ábra. Agronómiai szerkezet különböző kezelések esetében, rozs védőnövény alkalmazásával és védőnövény nélkül (Józsefmajor, 2004.03.31.)

*Figure 31. Agronomical texture in different tillage treatments with and without rye catch crop (Józsefmajor, 31.03.2004.)*

Jelmagyarázat: SZ= szántás, L+T= lazítással kombinált tárcsázás, K=kultivátoros művelés, T= tárcsázás, DV= direktvetés, + = köztes védőnövényvel fedett, - = fedetlen

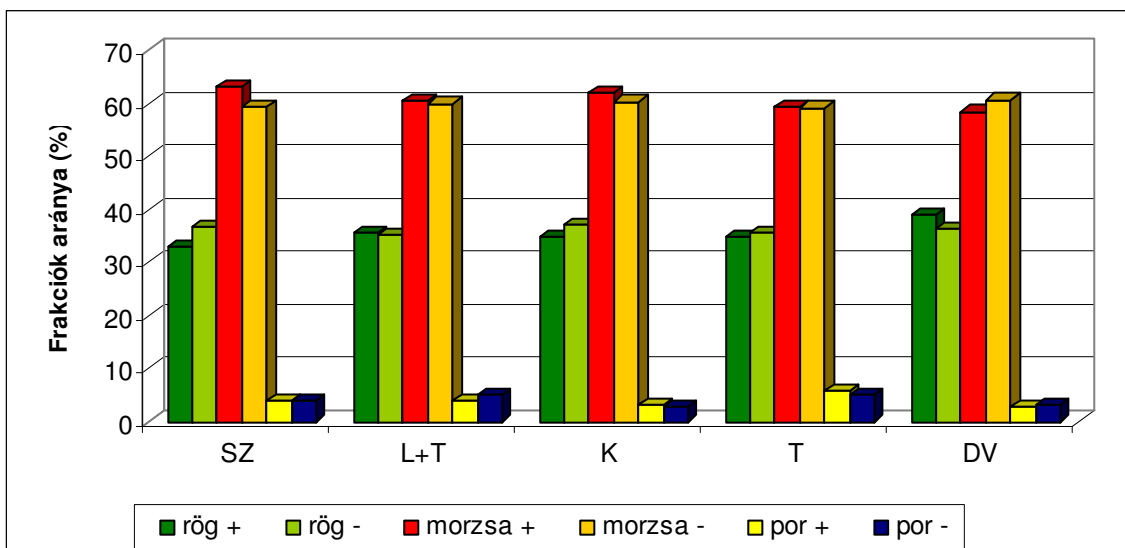
Kezelések sorrendje rozs alkalmazása nélkül, a talaj agronómiai szerkezete (kiemelten a morzsa) szempontjából csökkenő sorrendben:

Lazítás+tárcsázás > szántás > kultivátoros művelés > tárcsázás > direktvetés

Azokon a parcellákon, ahol nem alkalmaztuk a rozsot védőnövényként, a kezelések között nem találtunk szignifikáns különbséget (Mellékletek 5/c. táblázat) egyik frakció vizsgálatakor sem.

Mindegyik kezelés esetében megállapítható, hogy a védőnövény alkalmazásakor jobb szerkezetet találtunk, bár szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk (Mellékletek 5/d. táblázat).

Az agronómiai szerkezet értékeit **2004. júliusi** méréskor a zöldtrágyának termesztett borsó alatt is külön vizsgáltuk a rozs védőnövényvel fedett és fedetlen területen a különböző kezelések alkalmazásakor. Az eredményeket a 32. ábra szemlélteti.



32. ábra. Agronómiai szerkezet különböző kezelések esetében, rozs védőnövény alkalmazása és védőnövény nélkül (Józsefmajor, 2004.07.14.)

Figure 32. Agronomical texture in Józsefmajor in different tillage treatments, with and without rye catch crop (Józsefmajor, 14.07.2004.)

Jelmagyarázat: SZ= szántás, L+T= lazítással kombinált tárcsázás, K=kultivátoros művelés, T= tárcsázás, DV= direktvetés, + = köztes védőnövényvel fedett, - = fedetlen

A nyári aszálynak – amely jellemző erre a térségre –, betudhatóan emelkedett a por frakció aránya. Az agronómiai szerkezet viszonylatában 2004 nyarán a védőnövényvel fedett és fedetlen parcellák között szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk, bár egyes kezelések esetében a növényvel fedett továbbra is jobb értéket mutat. Ekkor is a szántásos, védőnövényvel fedett parcella esetében mértük a legjobb értéket (rög:morzsa:por=33:63:4).

Kezelések sorrendje rozs alkalmazásakor, a talaj agronómiai szerkezete – kiemelten a morzsa – szempontjából csökkenő sorrendben:

szántás > kultivátoros művelés > lazítás+ tárcsázás > tárcsázás > direktvetés

Rozs védőnövény alkalmazása esetén a kezelések között a por frakciót tekintve szignifikáns különbséget tapasztaltunk (Mellékletek 6/a. táblázat). A kezeléspárok közti korrelációt a Mellékletek 6/b. táblázata szemlélteti. A tárcsás művelés alkalmazásakor a por frakció aránya statisztikailag igazolhatóan magasabb volt, mint a többi kezelés esetében. Vagyis a 2004. júliusi méréskor a tárcsás művelés porosítását igazoltuk.

Kezelések sorrendje rozs alkalmazása nélkül, a talaj agronómiai szerkezete szempontjából – kiemelten a morzsa frakciót tekintve – csökkenő sorrendben:

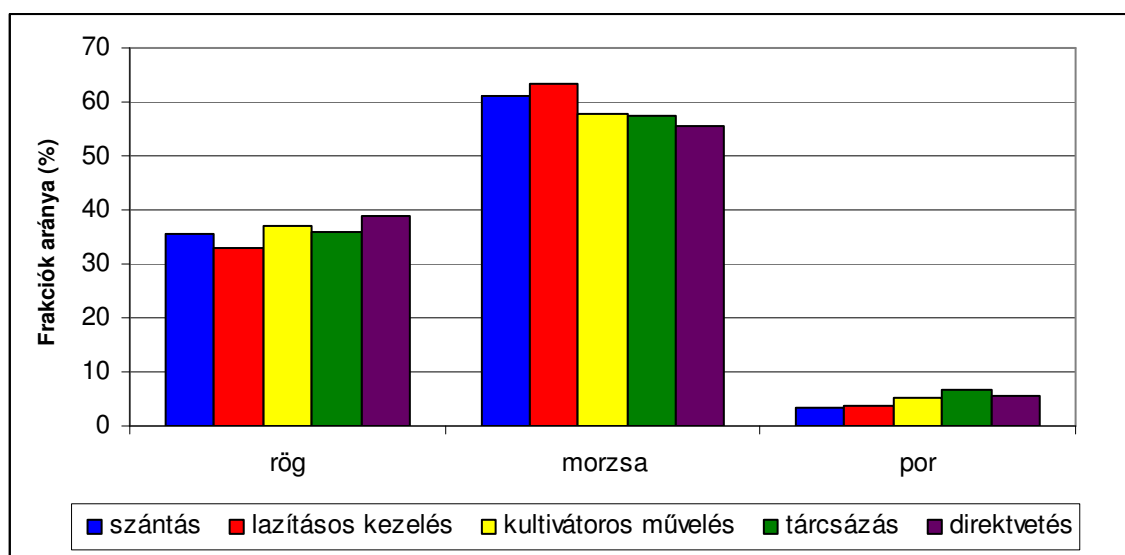
direktvetés > kultivátoros művelés > lazítás+tárcsázás > szántás > tárcsázás



Azokon a parcellákon, ahol nem alkalmaztuk a rozst védőnövényként a kezelések között nem találtunk szignifikáns különbséget (Mellékletek 6/c. táblázat) egyik frakció vizsgálatakor sem. Ennek oka a fedetlen talaj felszín azonos kitétsége lehet.

Direktvetés alkalmazásakor a köztes védőnövény nélküli területen tapasztaltunk jobb agronómiai szerkezetű talajt. Ez valószínűleg annak köszönhető, hogy teljesen bolygatatlan maradt a talaj (sem az alapművelés, sem a rozs vetése következtében nem volt talajmunka). A többi kezelésnél a védőnövény alkalmazása elősegítette a morzsásodást, bár szignifikáns különbség nem alakult ki (Mellékletek 6/d. táblázat).

A 33. ábra a **2004. októberi**, az őszi búza vetése utáni mérési eredményeket szemlélteti. Mivel a kísérleti területe b+ és b- parcellái azonos kezelést kaptak a továbbiakban az agronómiai szerkezet vizsgálatkor csak a talajművelési kezelések hatását vizsgáltuk a talaj szerkezetére (a minták minden esetben a b+ parcellákról származtak).



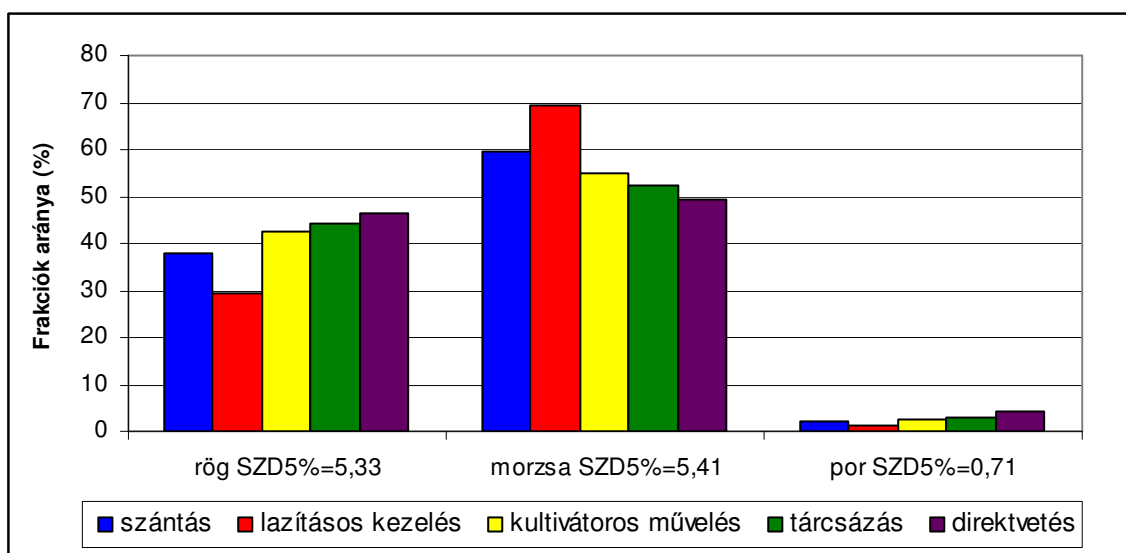
33. ábra. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Józsefmajor, 2004.10.11.)

*Figure 33. Trends in agronomical texture at different tillage methods (Józsefmajor, 11.10.2004.)*

Megállapítható, hogy a morzsafrakció aránya a lazítással kombinált tárcsás kezelés esetében volt a legmagasabb (33:63:4). Szántás alkalmazásakor valamivel alacsonyabb értéket kaptunk (36:61:3). Ez a szántás esetében nem nevezhető általánosnak, a kísérletünkben ezt a jó eredményt a jó minőségű alapművelésnek és a gyors, egy menetben történő lezárásnak köszönhetjük. A talaj szerkezete a kultivátoros (37:58:5) és a tárcsás (36:57:7) művelési mód

esetében hasonló értéket mutat, azzal a különbséggel, hogy a tárcsás kezelés esetében magasabb a por frakció aránya. A legrosszabb rög:morzsá:por arányt a direktvetés (39:56:5) alkalmazásakor tapasztaltuk. A szerkezet javulása tehát a minimális bolygatás harmadik évében még nem volt kimutatható. A kezelések között szignifikáns különbséget nem találtunk.

Az agronómiai szerkezet alakulását tovább vizsgálva **2005 májusában**, az őszi búza állományban a lazításos kezelésben tapasztaltuk a legkedvezőbb frakció arányt (30:69:1), amely a lazítás talaj szerkezetére gyakorolt kedvező hatását újólag bizonyítja (34. ábra). A szántott talajban valamivel rosszabb értékeket kaptunk (38:60:2), ugyanígy a kultivátoros művelésnél (42:55:3). A tárcsával művelt talajban a rög:morzsá:por arány 44:53:3 szerint alakult. A leggyengébb eredményt ismét a direktvetéses parcella talajában tapasztaltuk (46:50:4).



34. ábra. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor  
(Józsefmajor, 2005.05.04.)

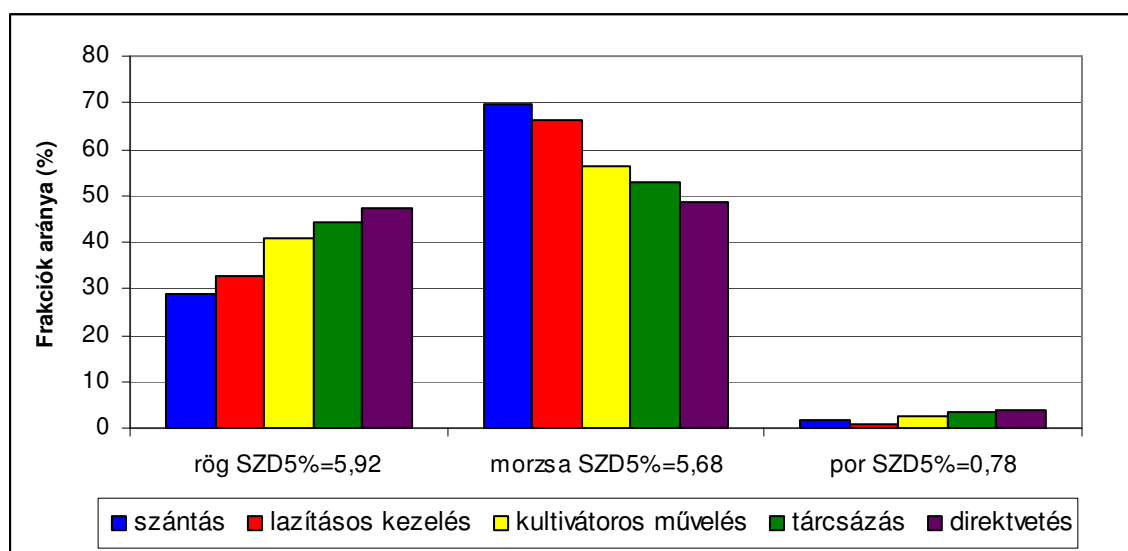
*Figure 34. Trends in agronomical texture at different tillage methods  
(Józsefmajor, 04.05.2005.)*

A kezelések között a művelés talaj agronómiai szerkezetére gyakorolt hatásának vizsgálatok szignifikáns különbséget találtunk (Mellékletek 8/a. táblázat).

A lazítással kombinált tárcsás művelés statisztikailag igazolhatóan kedvezőbb hatást gyakorol a talaj szerkezetére a többi négy kezelésnél, mind a rög, a morzsa, és a por frakciót tekintve. A rög és a morzsa frakciót tekintve szignifikánsan jobb szerkezetet tapasztaltunk a szántáskor, mint a tárcsás és a direktvetéses kezelés esetén. A direktvetéses kezelésben a por

frakció aránya szignifikánsan nagyobb volt a többi kezelésben tapasztalt értéknél. A kezelések közti korrelációt a Mellékletek 8/b. táblázata mutatja.

**2005. nyarán**, az őszi búza betakarítása előtt a szántott talajban mértük a legkedvezőbb rög:morzsa:por arányt 29:69:2, a morzsákat tekintve kissé gyengébbet a lazítással kombinált tárcsázásos kezelésben (33:66:1, 35. ábra). A kultivátoros kezelés alkalmazásakor ez esetben is jobb agronómiai szerkezetet (morzsa 58%) tapasztalatunk, mint a tárcsás művelés használatakor. A legrosszabb eredményt (49 % morzsa) ekkor is a direktvetéses kezelésben kaptuk. A porfrakció aránya minden kezelésben 4 % alá esett vissza, amelyet az áztató csapadék és a takarás együttes morzsaképző hatásának tulajdoníthatunk.



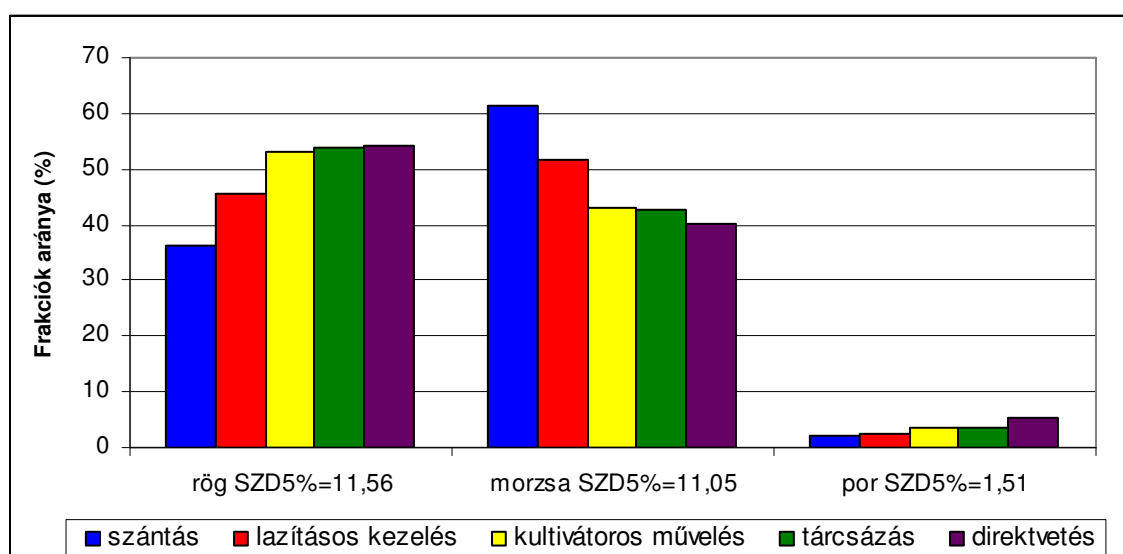
35. ábra. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezeléseknél alkalmazásakor  
(Józsefmajor, 2005.07.18.)

*Figure 35. Trends in agronomical texture at different tillage methods  
(Józsefmajor, 18.07.2005.)*

A kezelések között statisztikailag igazolható különbséget tapasztaltunk a talaj agronómiai szerkezetének vizsgálatakor (Mellékletek 9/a. táblázat). A rög és a morzsa frakciót tekintve megállapítható, hogy a szántás kímélő módú alkalmazásával igazolhatóan jobb szerkezet alakul ki, mint a műszaki szempontból gyengébb eszközökkel végzett tárcsás, és kultivátoros művelésben, illetve a direktvetéses kezelésben. A lazítással kombinált tárcsás művelési mód – vélhetően a talaj kedvezőbb biológia tevékenysége folytán – ugyancsak jobb eredményt adott, mint a kultivátoros, a tárcsás és a direktvetéses kezelés. A kultivátoros és a tárcsás művelés között szignifikáns különbség nem alakult ki. A por frakciót vizsgálva megállapítható, hogy a

legkisebb az érték a lazított talajban, amely a szántás kivételével statisztikailag igazolhatóan alacsonyabb a többi kezelésben mért értékeknél. A kezelések közti korrelációt a Mellékletek 9/b. táblázata mutatja be.

A **2005. szeptemberi**, az őszi búza vetése előtti, másodvetésű mustár állományban végzett mérés eredményeit a 36. ábra szemlélteti.



36. ábra. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Józsefmajor, 2005.09.07.)

*Figure 36. Trends in agronomical texture at different tillage methods under peas (Józsefmajor, 07.09.2005.)*

A morzsa frakció legmagasabb értékét a szántott talajban tapasztaltuk. Az ábra alapján megállapítható, hogy a kezelések sorrendje a talaj agronómiai szerkezetének alapján – kiemelten a morzsa arányra nézve – csökkenő sorrendben a következő:

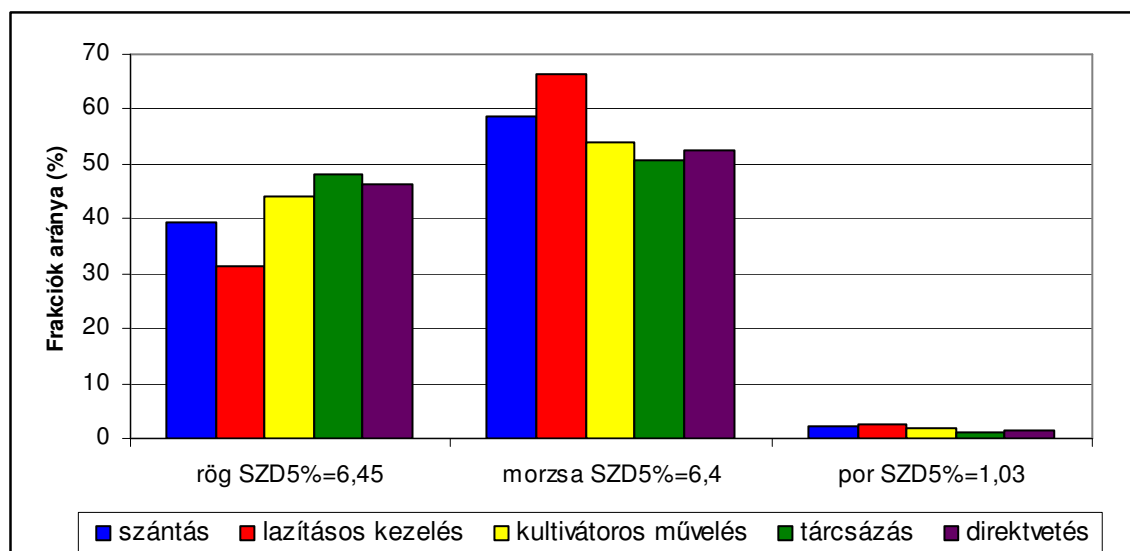
szántás>lazítással kombinált tárcsázás > kultivátoros művelés > tárcsázás > direktvetés

Ez a sorrend a rög és a morzsa frakciót tekintve hasonló, ellenben a por frakció kevesebb a lazításos kezelésben, mint a szántott talajban.

A kezelések között szignifikáns különbség mutatható ki (Mellékletek 10/a. táblázat). Kísérletünkben a szántás (a rög és a morzsa frakció értékeinek tekintetében) statisztikailag igazolhatóan kedvezőbb hatással volt a talaj szerkezetére, mint a kultivátoros, a tárcsás és a direktvetéses kezelés. A lazításos és a direktvetéses kezelések között a morzsa frakció arányában lényegi különbség volt mérhető. A direktvetéses kezelésben kaptuk a legnagyobb por arányt, amely a többi művelési módnál mért értéknél matematikailag igazolhatóan is több. A kezelések közti korrelációt a Mellékletek 10/b. táblázata mutatja.

A **2005. novemberi**, őszi búza állományban végzett mérés eredményeit a 37. ábra szemlélteti. Megállapítható, hogy kísérletünkben a lazítással kombinált tárcsás művelési mód alkalmazása adta a legjobb eredményt (31:66:3), mind a morzsa, mind a rög frakció tekintetében. A por frakció százalékos aránya ugyancsak a lazításon kezeletben a legmagasabb, bár ez is alacsonynak számít, mivel az 5 %-ot sem éri el. A kezelések sorrendje a rög:morzsa:por arányt tekintve csökkenő sorrendben a következő:

lazítással kombinált tárcsázás > szántás > kultivátoros művelés > direktvetés > tárcsázás

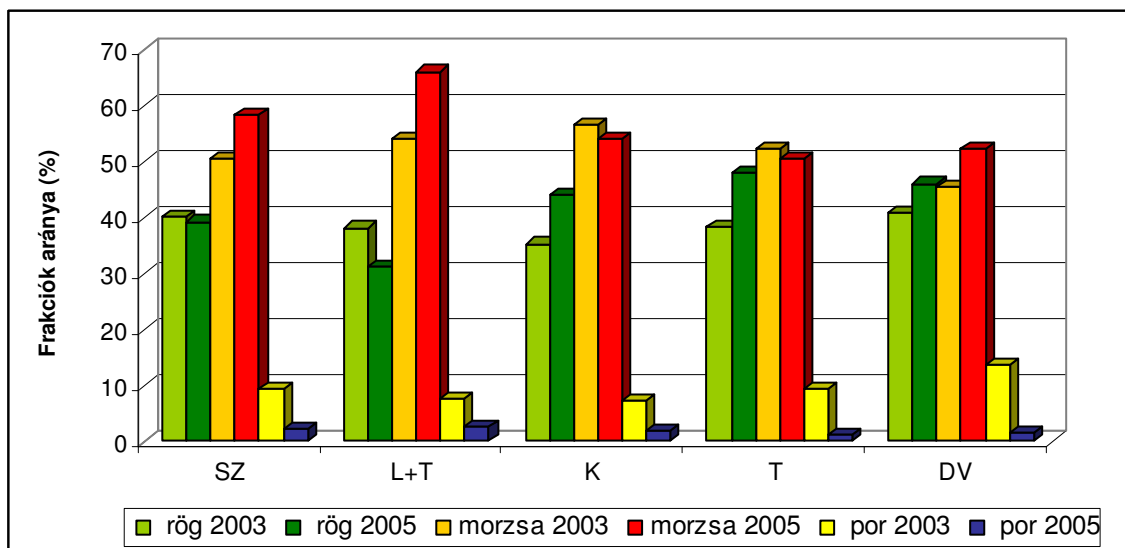


37. ábra. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Józsefmajor, 2005.11.08.)

*Figure 37. Trends in agronomical texture at different tillage methods (Józsefmajor, 08.11.2005.)*

A talaj agronómiai szerkezetét tekintve szignifikáns különbség mérhető a kezelések között (Mellékletek 11/a. táblázat). A rög és a morzsa frakció esetében a lazítással kombinált tárcsás művelés alkalmazása statisztikailag igazolhatóan jobb szerkezetet eredményezett a többi kezelésben mértnél. A morzsa frakciót tekintve a szántott talaj kedvezőbbnek bizonyult a tárcsázottnál, valamint a rög frakció esetében a direktvetésnél is. A por frakciót vizsgálva, kizárólag a lazításon kezelet esetében kaptunk szignifikánsan nagyobb százalékos értéket. A művelések közti korrelációt a Mellékletek 11/b. táblázat mutatja be.

A 38. ábra az agronómiai szerkezet 2 év alatt történt (2003-2005) változását mutatja a különbözően művelt talajokban.



38. ábra. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor 2003-2005 között (Józsefmajor)

Figure 38. Trends in agronomical texture at different tillage methods between 2003 and 2005 (Józsefmajor)

A legjobb rög:morzsa:por arányt a *lazításos kezelés* esetében tapasztaltuk és a 2003. évi méréshez képest több mint 12 %-kal nőtt a morzsa frakció, és csökkent a rög (7 %-kal) és a por (5 %-kal) százalékos aránya. Ez az eredmény újól a lazításos művelés talajra gyakorolt kedvező hatását igazolja.

A *szántás* morzsásságra gyakorolt hatása esetünkben ugyancsak kedvezőnek mondható. A 2005. évi eredmények, a 2003-ban mért értékeknél kedvezőbbek: a rög arány 1 %-kal, a por frakció 7 %-kal csökkent, a morzsa frakció pedig 8 %-os növekedett. A szántott talajokra ez a jó eredmény nem általánosítható, kísérletünkben a jó minőségű szántásnak és a szántással egyidejű felszín lezárásnak köszönhető.

A vizsgálat ideje alatt a kezelések közül a *direktvetés* alkalmazásakor is érdemi javulást tapasztaltunk a talaj agronómiai szerkezetének tanulmányozásakor. Igaz, a rög frakció aránya emelkedett (5 %-kal), viszont a por frakció aránya lényegesen, 12 %-kal csökkent, és a morzsa frakció 7 %-kal javult.

A *tárcsás kezelés*ben a morzsák aránya 2 %-kal, a por aránya 8 %-kal csökkent, a rög frakció aránya pedig 10 %-kal emelkedett. Ez megegyezik más kísérletek eredményével, ahol szintén azt tapasztalták, hogy a tárcsával sokszor bolygatott talajban kevesebb morzsa frakció található, míg a rög és a por aránya nagyobb (Birkás 2004; Tóth 2001).

A *kultivátoros művelés* alkalmazásakor a talajszerkezet romlását tapasztaltuk 2 év alatt. A rög frakció aránya 9 %-kal emelkedett, a morzsa frakció aránya közel 3 %-kal csökkent. Csupán a por frakció esetében kaptunk kedvezőbb eredményt (5 %-kal), ám a por frakció százalékos aránya valamennyi kezelésnél csökkent. Szabó (1994) és Birkás (2002) a kultivátoros művelés szerkezetkímélő tulajdonságát emeli ki. Megállapításaik szerint a talajmorzsákat összetartó humuszanyagok degradációja nem következik be, mivel a levegőzöttség, az aerob mikrobiális tevékenység és a szervesanyag fogyás csak kis mértékű a művelés következtében. A kísérleteinkben tapasztalt ellentétes eredmény oka feltételezhetően a felső talajréteg fellazítása és a felszín lezárás tökéletlensége (a kultivátor 1989. évi gyártmány).

### 4.3.2. Bakhátás kísérlet eredményei

A talaj agronómiai szerkezetét Józsefmajorban a bakhátás kísérletünkben is vizsgáltuk, ahol a hagyományos (szántásos), és a bakhátás művelés hatását hasonlítottuk össze, lejtős területen.

A bakhátás művelés talaj szerkezetére gyakorolt hatásainak tisztázása azért is lényeges, mivel a lejtős, erózió sújtotta területeken szinte egyetlen megoldás a növénytermesztés biztonságának megtartására (Lal 1990; Klein et al. 1996; Birkás et al. 1998). A mezőgazdasági területek csökkenése ugyanis nemcsak a művelés alól kivont területek, illetve az erdő területek növekedésének tudható be, hanem a termőtalaj pusztulásának, az erózióknak, a deflációnak is. A víz- és szélerózió által veszélyeztetett területek aránya jelentős. Az erózió 2.3 millió hektárnyi hegy- és dombvidéki területet károsít, a deflációval veszélyeztetett területek kiterjedése 1.4 millió ha. A talaj pusztulása – bár eltérő mértékben – az ország területének több mint 43 %-át érinti (Stefanovits 1992c; Michéli et al. 2003). Vagyis a talajvédő művelési módoknak egyre inkább szerepet kell kapniuk a növénytermesztés stabilitásának megtartása érdekében.

A területre jellemző agronómiai szerkezetet a 21. táblázat mutatja. A 2002. és a 2003. évi vizsgálatok alapján a talaj szerkezete kedvezőnek mondható. A morzsa frakció aránya magas, a rög frakció százalékos aránya viszonylag alacsony. A por frakció jelenléte egy kissé magas, megközelíti, sőt meghaladja a rög frakció értékét.

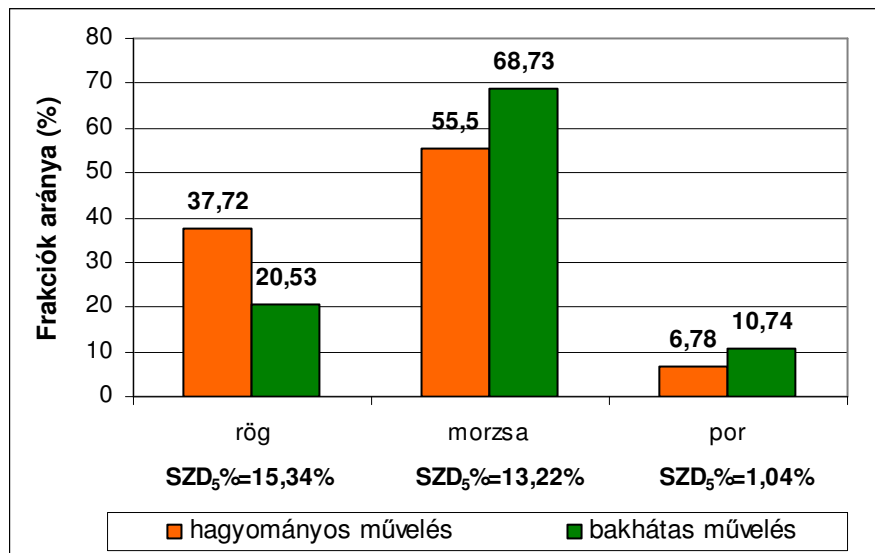
21. táblázat. Jellemző agronómiai szerkezet (Józsefmajor, 2002.09.17. és 2003.10.17.)

Table 21. Characteristic agronomical texture (Józsefmajor, 17.09.2002. and 17.10.2003)

Frakcióméret (mm)	2002.09.17.	2003.10.17.
> 10 mm (rög)	15,5	19,7
10–0,25 mm (morzsa)	65,7	66,2
< 0,25 mm (por)	18,8	14,1

A bakhátás és hagyományos kukorica termesztés talajszerkezetre gyakorolt hatását **2004 júliusában** a bakhátmagasítás után vizsgáltuk. Az eredményeket a 39. ábra szemlélteti. A bakhátás művelés alkalmazásakor kedvezőbb szerkezetet találtunk, mint a szántás esetében. A bakhátás kezelésben a rög frakció aránya 17 %-kal volt alacsonyabb, a morzsa frakció pedig több mint 13 %-kal mutatott alacsonyabb értéket. A por frakció százalékos aránya a szántott talajban volt alacsonyabb közel 4 %-kal, ugyanakkor a csökkenés mindkét kezelés talajára jellemző volt. A művelési módok között mind a három frakció esetében szignifikáns különbséget találtunk.





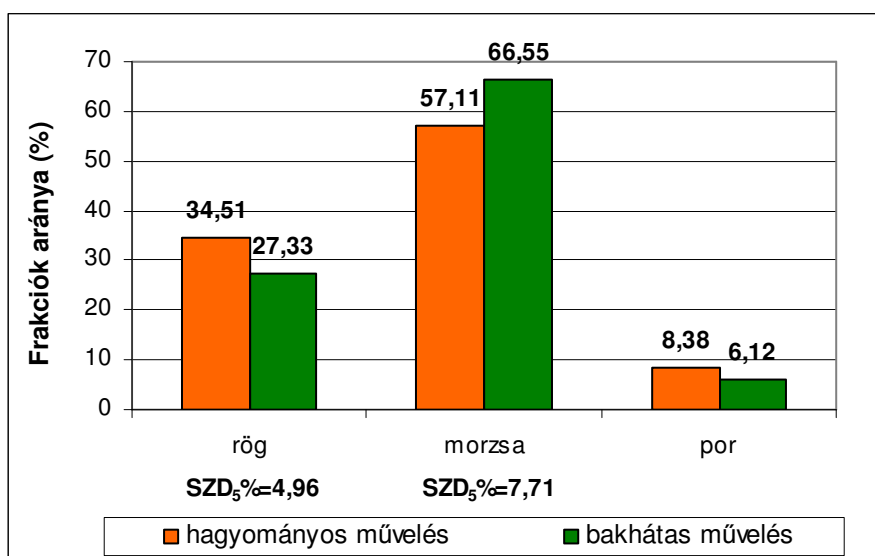
39. ábra. A talaj frakciók aránya a bakhátas és hagyományos művelési kezelésben  
(Józsefmajor, 2004.07.07.)

*Figure 39. Rate of soil fractions in the ridge and conventional tillage treatment  
(Józsefmajor, 07.07.2004.)*

A vizsgálatokat **2004. szeptemberben**, a tenyészidőben is folytattuk. Az eredményeket a 40. ábra mutatja.

Az adatok értékeléséhez meg kell jegyezni, hogy a hagyományosan termesztett kukorica talaját a tenyészidőben a bakhátástól eltérő befolyások érik. A csapadék ütőhatása mindkét talajon érvényesül, az utóbbinál a víz sodrását, iszapolását a bakhátak jól gátolják. A vizsgálat eredménye azt mutatja, hogy a bakhátas vetés adott lejtős területen alkalmas a talajszerkezet bizonyos mértékű megóvására is. Hagyományos vetés esetén ugyanis mintegy 7 %-kal több a rögfrakció aránya, a morzsa frakció pedig majdnem 10 %-kal kisebb. A víz által legkönnyebben elsodorható porfrakció csapadékos időszakban vélhetően ott csökken, ahol nincs gátja a lefolyásnak. A hagyományosan művelt talajon ilyen akadály nem volt, bakhátas művelés esetén pedig a bakhát védelmi funkciója érvényesült, ezért ott valamivel kisebb volt a por frakció százalékos aránya. A bakhátas kezelésben tapasztalt morzsafrakció aránya 66%, amely az adott, tömörödésre és ülepedésre közepesen érzékeny vályog talajon kedvezőnek mondható.

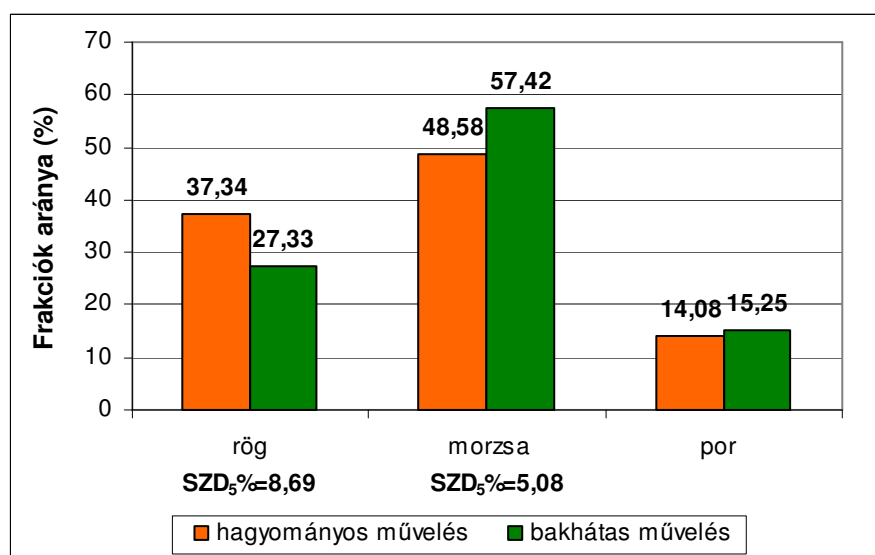
A rög és a morzsa frakciót tekintve a bakhátas művelés statisztikailag igazolhatóan kedvezőbb hatással van a talaj szerkezetére, mint a szántásos kezelés, amelyben – adott lejtős területen – nincs talajvédő megoldás.



40. ábra. A talaj frakciók aránya a bakhátas és hagyományos művelési kezelésben  
(Józsefmajor, 2004.09.17.)

*Figure 40. Rate of soil fractions in the ridge and conventional tillage treatment  
(Józsefmajor, 17.09.2004.)*

A talaj agronómiai szerkezetét **2004. októberben** a betakarítás előtt ugyancsak megvizsgáltuk, az eredményeket a 41. ábra mutatja.



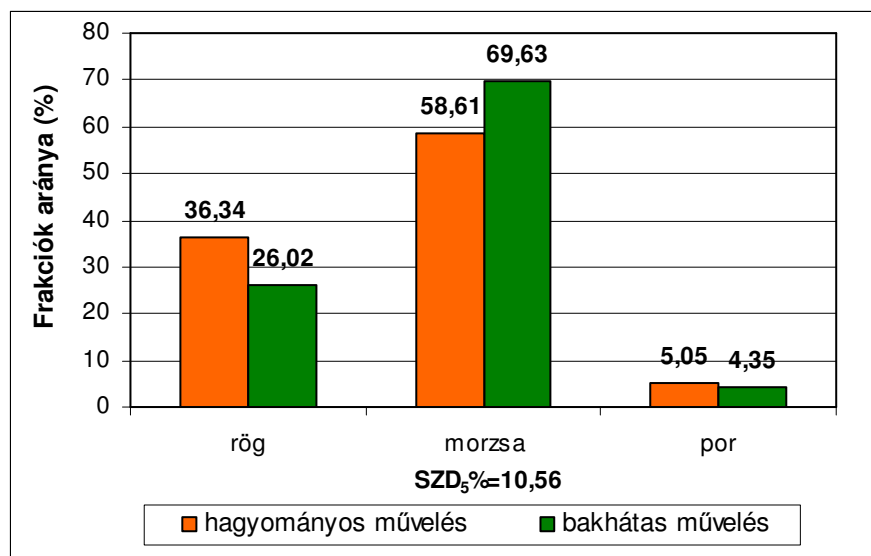
41. ábra. A talaj frakciók aránya a bakhátas és hagyományos művelési kezelésben  
(Józsefmajor, 2004.10.11.)

*Figure 41. Rate of soil fractions in the ridge and conventional tillage treatment  
(Józsefmajor, 11.10.2004.)*

A kedvezőbb rög:morzsá:por arányt ez esetben is a bakháttal művelt talajban tapasztaltuk. A szántott talajban a rög frakció aránya 10 %-kal magasabb, a morzsa frakció pedig közel 9 %-kal kisebb, mint a bakhátas művelésben. A por frakció százalékos aránya a szántott talajban alacsonyabb, ám az különbség alig haladja meg az 1 %-ot, vagyis a bakhátas művelés porosító hatása – a bakhát kialakítás illetve magasztás többlet menet – statisztikailag nem igazolható.

A kezelések hatását vizsgálva a rög és a morzsa frakció esetében szignifikáns különbséget találtunk, vagyis a bakhátas művelés általánosan kedvezőbb a talaj szerkezetére, mint a hagyományos szántásos művelés. Kísérletünkben évről-évre változó mélységű szántást alkalmaztunk, amely kedvezőbb a talaj szerkezetére nézve, ugyanis ezáltal elkerülhető a talaj káros tömörödése és porosodása. A két kezelés közti különbség vélhető oka a felszín védelem megléte, illetve hiánya.

A talaj agronómiai szerkezetének tanulmányozását **2005. júniusban**, a vetést követően is folytattuk; az eredményeket a 40. ábra mutatja.



42. ábra. A talaj frakciók aránya a bakhátas és hagyományos művelési kezelésben  
(Józsefmajor, 2005.06.02.)

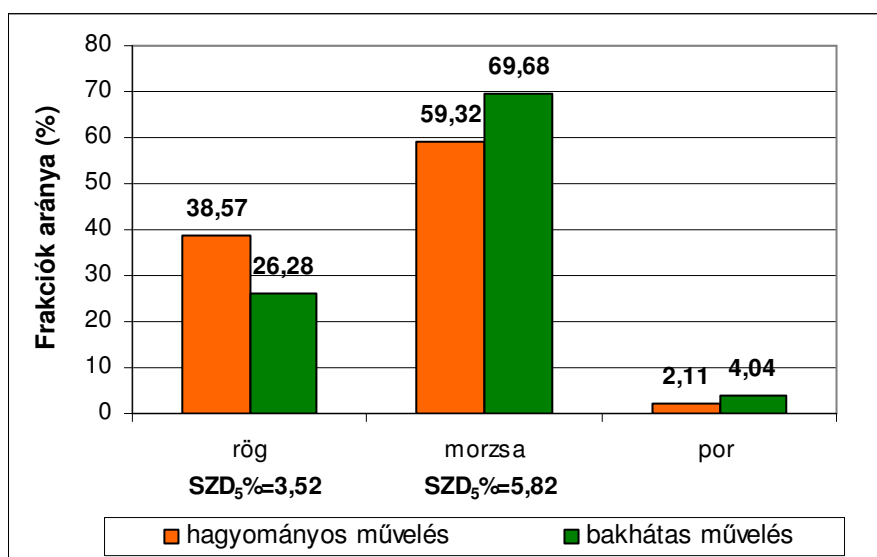
*Figure 42. Rate of soil fractions in the ridge and conventional tillage treatment  
(Józsefmajor, 02.06.2005.)*

A 42. ábra alapján újból a bakhátas kezelés talajszerkezetre gyakorolt kedvező hatása állapítható meg. A rög frakcióból 10 %-kal nagyobb értéket kaptunk a hagyományosan művelt talajban. Ellenben a morzsa frakció százalékos aránya közel 14 %-kal volt több a bakhátas talajban, míg a por frakcióban gyakorlatilag nem alakult ki különbség (0,08 %).

A kezelések között csupán a morzsa frakció esetében találtunk statisztikailag is igazolható különbséget, amely újólag a bakhátas művelés talaj szerkezetre gyakorolt kedvező hatását igazolta.

A talaj szerkezetét **2005. júliusban** a bakhátkészítés után is megvizsgáltuk. Az eredményeket a 43. ábra mutatja. A bakhátas kezelésben ezúttal is kedvezőbb eredményeket kaptunk. A rög frakció aránya 12 %-kal alacsonyabbnak, a morzsa frakció százaléka pedig több mint 10 %-kal bizonyult nagyobbaknak, mint a hagyományosan művelt talajban. A por frakció valamivel nagyobb arányú volt a bakhátas kezelésben. Ugyanakkor a különbség matematikailag nem igazolható (<2%). A por a két kezelésben összességében is alacsony, 5 % alatti érték, amely adott talajon igen kedvezőnek mondható.

A bakhátas kezelés talaj szerkezetére gyakorolt kedvező hatását bizonyító, statisztikailag is igazolható különbséget a morzsa és a por frakció esetében tapasztaltunk.

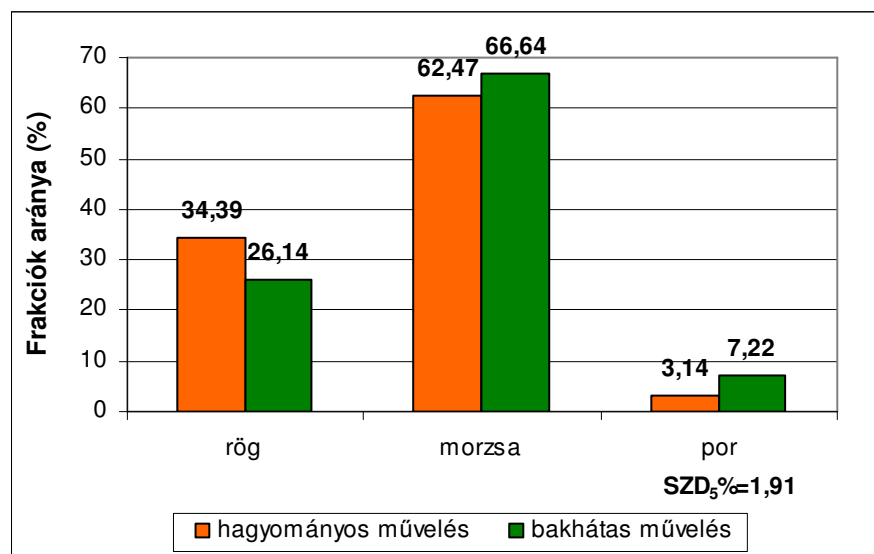


43. ábra. A talaj frakciók aránya a bakhátas és hagyományos művelési kezelésben  
(Józsefmajor, 2005.07.19.)

*Figure 43. Rate of soil fractions in the ridge and conventional tillage treatment  
(Józsefmajor, 19.07.2005.)*

A **2005. szeptemberi**, tenyészidőszakban mért eredményeket a 44. ábra szemlélteti. Ennél a mérésnél is a bakhátas művelés talaj szerkezet kímélő hatása igazolódott. A rög frakció értéke 8 %-kal kisebb a bakhátas parcellán. A morzsa frakcióban kisebb különbséget tapasztaltunk, 4 %-kal mértünk nagyobb értéket, mint a szántott talajban. A por frakciót illetően ugyancsak 4 % a két kezelés közti eltérés. Ekkor a hagyományosan művelt talajban kaptuk a kedvezőbb értéket,

3,14 %-ot, amely esetünkben részben a jó minőségű szántásnak, részben az alacsonyabb termést adó kukorica kisebb vízfelhasználásának tudható be.



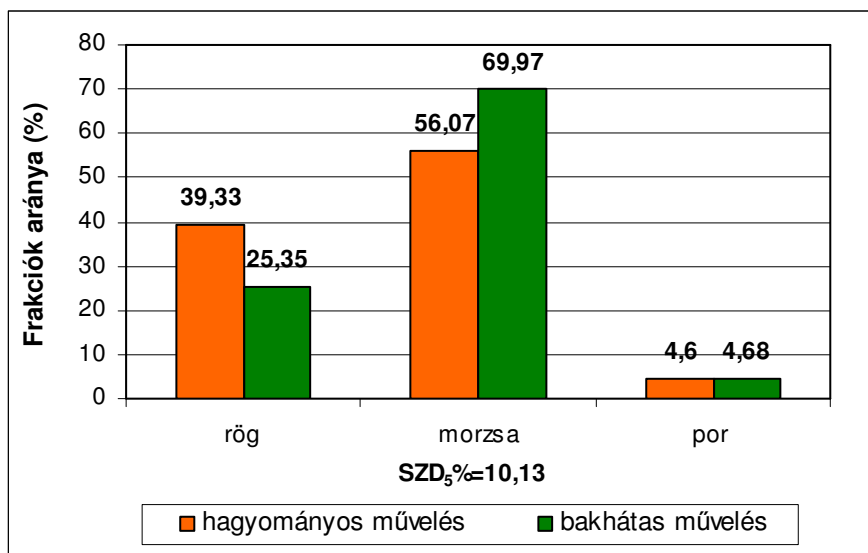
44. ábra. A talaj frakciók aránya a bakhátas és hagyományos művelési kezelésben  
(Józsefmajor, 2005.09.07.)

Figure 44. Rate of soil fractions in the ridge and conventional tillage treatment  
(Józsefmajor, 07.09.2005.)

A bakhátas és a szántásos kezelés között a rög és a morzsa frakció tekintetében nem találtunk szignifikáns differenciát, csupán a por frakciónál igazolható statisztikailag is a különbség. Ugyanakkor az alacsony por % – mindkét kezelésben – összességében is kedvezőnek minősíthető.

A talaj agronómiai szerkezetét **2005. novemberben**, a betakarítás előtt is megvizsgáltuk. Az eredményekről a 45. ábra ad tájékoztatást. A jobb talajszerkezetet ennél a vizsgálatnál is a bakhátas kezelésben találtunk. A rög frakció értéke ugyanis közel 14 %-kal több, a morzsa frakció pedig ugyanennyivel – 14 %-kal – alacsonyabb a hagyományosan művelt talajban. A por frakciót vizsgálva gyakorlatilag nem találtunk eltérést (0,08 %).

A bakhátas művelés talaj szerkezetére gyakorolt kedvezőbb hatása statisztikailag a morzsa frakció esetében igazolható. A rög és a por frakció százalékos arányát összehasonlítva szignifikáns differenciát nem találtunk a kezelések között.



45. ábra. A talaj frakciók aránya a bakhátas és hagyományos művelési kezelésben  
(Józsefmajor, 2005.11.08.)

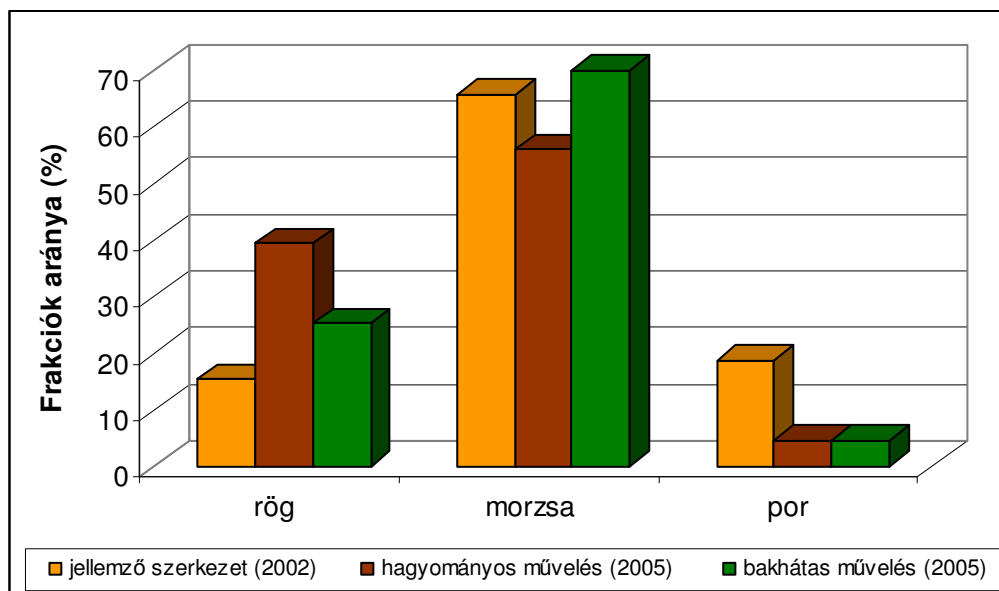
*Figure 45. Rate of soil fractions in the ridge and conventional tillage treatment  
(Józsefmajor, 08.11.2005.)*

A 46. ábrán a talaj agronómiai szerkezetének alakulását, a **2002 és 2005** (2005.11.08.) **évek között**, összefoglalóan közlöm a bakhátas és a hagyományos művelés hosszabb időt átfogó összehasonlítása céljával.

A *rög frakció* mind a két kezelésben emelkedett az eltelt három év alatt. A vizsgálat ideje alatt a jellemző szerkezethez képest a bakhátas kezelésben közel 10 %-kal, a szántásos művelés alkalmazásakor pedig csaknem 24 %-kal nőtt a rög mérettartományba tartozó aggregátumok aránya. Ez valószínűleg annak a következménye, hogy a területen 2003 tavaszától 2005 őszéig – a kísérlet érdekében – kukoricatermesztés folyt. A rosszabb eredmény a vetésváltás hiányának, a termesztés és a vízfelhasználás egyoldalúságának lehet a következménye.

A *morzsa frakció* a 2002-ben vizsgált jellemző szerkezethez képest 2005-ben a bakhátas kezelésben több mint 4 %-kal emelkedett. Ellenben a szántott talajban a morzsa arány közel 10 %-kal csökkent. Bár egyik sem kiugró érték, a tendencia mégis a bakhátas termesztés szerkezet kímélő hatását támasztja alá. A talaj lesodrásának megakadályozása kiemelten fontos volt a 2005. évben, amikor a tenyészdő csapadékban ellátottabbnak bizonyult.

A *por frakciót* vizsgálva mindkét kezelésben jobb eredményeket tapasztaltunk. A jellemző szerkezethez képest mindkét kezelésben lényegesen csökkent a por százalékos aránya, a bakhátas és a szántásos művelés esetében is 14 %-kal.



46. ábra. Az agronómiai szerkezet alakulása hagyományos és bakhátas művelési mód alkalmazásakor 2002-2005 között (Józsefmajor)

*Figure 46. Trends in agronomical texture at conventional and ridge tillage methods between 2002 and 2005 (Józsefmajor).*

**Összefoglalás:** A talaj agronómiai szerkezetét a Józsefmajori tanüzemben két kísérlet keretében vizsgáltuk 2002 és 2005 években. A hat kezeléssel *művelési kísérletünkben* három év elteltével a lazítással kombinált tárcsázás nem csupán kímélte, hanem elő is segítette a talajban a morzsaképződést. Ezzel egyidejűleg jelentősen csökkent a rög és a por frakció százalékos aránya. A szántás ugyancsak talajszerkezet kímélőnek bizonyult, amely nem általánosítható, mivel esetünkben a gyakorlatban szokásoshoz képest okszerűbb a forgatás módszere. A bolygatás minimálisra mérséklése (direktvetés) estén ugyancsak talajszerkezet javulás következett be, a morzsa frakció aránya nőtt, a por frakcióé csökkent. A tárcsázással sokszor bolygatott talajban csökkent a morzsa frakció aránya, míg a rögök aránya emelkedett. Legkedvezőtlenebb eredményt a kultivátoros művelés esetén tapasztaltunk, amely esetünkben a kultivátor tökéletlenségének tudható be (1989. évi gyártmány).

A *bakhátas kísérlet* adott lejtős területen évenként és összességében is a talajszerkezet védő bakhátas művelés előnyét igazolta a hagyományos műveléssel szemben. A három év során a morzsa frakció aránya emelkedett, ellenben a csekély védő hatású hagyományos módnál a morzsa frakció százalékos arányának csökkenését tapasztaltuk.

#### 4.4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A „*Talajhasználati módszerek értékelése talajvédelmi szempontból*” témában végzett kísérletek eredményei között újak a következők:

1. A bakhátas termesztési mód a csapadék által lehordott talaj és a lemosott humusz mennyiségének csökkentésével statisztikailag igazolhatóan mérsékli az eróziós károkat lejtős termőhelyen a hagyományos művelési módhoz viszonyítva.

2. Lejtős területen a bakhátak talajvédő hatását kihasználva szignifikánsan nagyobb mennyiségű csapadékból származó víz tartható a termőhelyen, mint a szántott, nem profilozott talajról.

3. Művelt talajon, beleértve a szántott talajt is, a felszín azonnali lezárása esetén mérsékelhető a talaj szén-dioxid emissziója, ezáltal lehetőség nyílik a talaj humusztartalmának megőrzésére és gazdagítására.

4. Matematikailag igazoltuk a különböző eszközökkel végzett kémélő művelés kedvező hatását a talaj agronómiai szerkezetére. A legkedvezőbbnek, mindhárom frakció tekintetében a *lazítással kombinált tárcsázásnak* bizonyult. Két, bolygatás szerint eltérő kezelés – szántás és direktvetés – talajkímélő hatását a morzsásodás előrehaladásával bizonyítottuk.

5. Védőnövény alkalmazása esetén, eltérően művelt talajokon, az agronómiai szerkezetben statisztikailag igazolható különbség nem volt kimutatható.

6. Lejtős területen, bakhátas termesztés alkalmazásával statisztikailag igazoltuk a morzsás szerkezet megkímélését és a morzsásodás előrehaladását. Bizonyítottuk a morzsafrakció csökkenését védő felszín kialakítása nélkül a hagyományosan szántott talajban.



## 5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az értekezés alapjául szolgáló kísérleteket a Szent István Egyetem GAK Kht. Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaság területén végeztem. A megállapításokat, valamint a méréseim alapján levonható következtetéseimet, illetve javaslataimat az általam elvégzett vizsgálatok alapján teszem.

### 5.1. A talajművelési eljárások minősítése talaj- és környezetvédelmi szempontból

Józsefmajorban a mészlepedékes csernozjom talajon végzett tartamkísérlet lehetőséget adott a különböző talajművelési módok értékelésére, a talaj szén-dioxid kibocsátása, a humusztartalom változása, valamint az agronómiai szerkezet változása alapján.

- A talaj szén-dioxid kibocsátás vizsgálatainak eredményeként megállapítható, hogy a művelési módok közül a *direktvetés* alkalmazásával tartható az emisszió a legalacsonyabb szinten. Ez annak köszönhető, hogy a talaj bolygatásának minimalizálásával nem növeltük a talaj levegőzöttségét és így a mikrobiális folyamatokhoz sem biztosítottunk megfelelő feltételeket. A *szántás* esetén jelentősen magasabb emissziós értékeket mértünk, ugyanakkor alacsonyabbakat, mint amelyeket a vonatkozó szakirodalomban, a felszín lezárása nélkül alkalmazott forgatásos művelés esetén közölnek. A *lazítással kombinált tárcsázás, a tárcsázás és a kultivátoros kezelésben* mért magasabb értékek vélhetőleg a felület lezárás tökéletlenségének, valamint a talajba kevert tarlómaradványok feltáródásának tudhatók be. A növekvő légköri szén-dioxid koncentráció klímaváltozásban betöltött szerepének ismeretében javasolható a talajok szén-dioxid emisszióját alacsony szinten tartó talajkímélő művelési mód alkalmazása, valamint a hagyományos műveléseknél a felszín lezárása, illetve a talajmunkák jó minőségű kivitelezése.
- A talaj humusztartalom változását vizsgálva a felső 40 cm talajrétegben azt tapasztaltuk, hogy a kísérlet ideje alatt valamennyi talajhasználati mód hatására nőtt a talaj szerves anyag tartalma. A legnagyobb mértékben a *direktvetéses kezelésben* gazdagodott a talaj humuszban, amely statisztikailag is igazolhatóan bizonyítja a csekély bolygatás szervesanyag kímélő tulajdonságát. A *szántás* esetében – amelyre eddig kevés példát láttunk a vonatkozó szakirodalomban – a felszín lezárásának köszönhető a forgatás jótékony hatása a talaj szerves anyag tartalmára. A *tárcsázás és a kultivátoros művelés*

hatására a 10-20 cm talajrétegben csökkent a talaj humusztartalma, amely vélhetően a talaj erőteljesebb levegőzöttségének tudható be. A *lazítással kombinált tárcsázás* hatására a 20-30 cm talajmélységben ugyancsak a szerves anyag csökkenését tapasztaltuk, megegyezően azokkal a szakirodalmi adatokkal, amelyek az intenzív művelés talaj természetes termékenységére gyakorolt negatív hatására utalnak. Javaslatunk a túlzott talajbolygatás csökkentésére, ezáltal a talaj levegőzöttségének szabályozására irányul. Ennek várható eredménye a mikrobiális folyamatok okszerű irányítása, és a talaj humusztartalmának megkímélése.

- Az irodalmi adatokkal összhangban közvetlen összefüggést állapítottunk meg a talajhasználat és az agronómiai szerkezet között. Három év elteltével a legkedvezőbb eredményt a *lazítással kombinált tárcsázás* esetében tapasztaltuk, amely nemcsak kímélte, hanem elő is segítette a talajban a morzsaképződést. Kísérletünkben a *szántás* ugyancsak talaj szerkezet kímélőnek bizonyult. Ez az eredmény azonban nem általánosítható, esetünkben a jó minőségű, okszerűbb forgatás révén következett be. Ilyen megfontolásból javasolható szántáskor a viszonyokhoz alkalmas művelő eszköz és a lehetőség szerint egy menetben végzett felszínlezárás. Mindkét feltétel lényeges a talaj szerkezetének és nedvességtartalmának megőrzésében. A nedvességvesztés csökkentése esetén a műveléssel összefüggő mechanikai károk (rögösödés, porosodás) mérsékelhetők, amelyet, az irodalmi adatokkal összhangban, tapasztalataink is igazoltak. A *direktvetéses kezelésben*, ahol minimalizáltuk a talaj bolygatását, ugyancsak a talaj szerkezetének javulását tapasztaltuk, a morzsa frakció aránya nőtt, a por frakció csökkent. A *tárcsázás* alkalmazása, más kísérletekhez hasonlóan, a talaj szerkezetének romlását eredményezte, csökkent a morzsa frakció aránya, míg a rög frakció aránya emelkedett. A *kultivátoros művelésnek* a szakirodalomban említett szerkezetkímélő tulajdonságát kísérletünkben nem tapasztaltuk, itt kaptuk a legkedvezőtlenebb eredményt, a morzsa frakció aránya csökkent, a rög frakció aránya emelkedett. Az általunk tapasztalt ellentétes eredmény oka feltételezhetően a felső talajréteg túlzott lazítása és a felszín lezárás tökéletlensége (a kultivátor 1989. évi gyártmány). Következtetésként levonható, hogy a megfelelő talajhasználat megválasztásánál nem csak a művelési mód talajra gyakorolt hatását kell figyelembe venni, hanem a művelő eszköz adott feladatra való alkalmasságát, valamint a felszín kiképzésének minőségét.

## 5.2. A hagyományos és a bakhátas termesztési mód összehasonlítása az eróziós károkat befolyásoló hatásuk szerint

Józsefmajorban a lejtős, erózióknak kitett területen beállított kísérlet lehetőséget biztosított a hagyományos és a bakhátas termesztési mód eróziós károkat mérséklő hatásának vizsgálatára, a csapadék által lehordott talaj, a lemosott humusz és az elfolyó víz mennyisége valamint a talaj agronómiai szerkezetének változása alapján.

- Lejtős területen a hagyományos és a bakhátas termesztési mód hatását vizsgálva megállapítható, hogy a *lehordott talaj mennyisége* statisztikailag igazolhatóan alacsonyabb a bakhátak alkalmazásakor, mint a talajvédő felszín kialakítása nélkül. A lehordott talajnak vizsgáltuk a humusztartalmát is. Tapasztalataink azt mutatják, hogy a bakhátak védő hatását kihasználva szignifikánsan kevesebb a *le mosott humusztartalom mennyisége*, mint a hagyományos művelés alkalmazásakor. A területről *elfolyó víz mennyisége* statisztikailag igazolhatóan kevesebb a bakhátas termesztési mód esetében, mint a hagyományos kezelésben. Ennek egyrészt azért nagy a jelentősége, mert a bakhátak védő hatását kihasználva csökkenthető az eróziós kártétel (felső termékeny réteg lehordása, szedimentáció), másrészt, ha több víz szívárog a talaj mélyebb rétegeibe, akkor a növények számára is több felvehető víz áll rendelkezésre (a kukorica egyes gyökerei a száraz talajban akár 2 m mélyre is lehatolnak), vagyis a vízigényük hosszabb ideig elégíthető ki. Ez az előny lényeges szempont lehet a művelési mód megválasztásánál, különösen, ha a globális felmelegedés következményeként gyakoribb aszályos időszakokkal és szélsőséges csapadékeloszlással kell számolnunk. A bakhátak védő hatását igazolja az is, hogy a talajvédő művelési mód esetén szignifikánsan nagyobb termésátlagot értünk el, mint a hagyományos művelés alkalmazásával. Lejtős termőhelyen javasolható a talajvédő, bakhátas művelési mód alkalmazása, amely a talaj felső termékeny rétegének megőrzése (helyben tartása) által, valamint a területről távozó víz mennyiségének mérséklésével a növénytermesztés sikerességét növelheti. Hagyományos művelés alkalmazása esetén védő jellegű beavatkozásokra, mint például a lejtő irányra merőleges művelésre, felszintakarásra, művelőtalp tömörödéstől mentes lazult réteg kialakítására célszerű törekedni.

- *A talaj agronómiai szerkezete* is hatással van az eróziós kártétel nagyságára. Minél szerkezetesebb a talaj, annál jobban ellenáll a csapadék ütéhatásának, a nagyobb méretű aggregátumokat (morzsa frakció) pedig a víz nehezebben tudja elhordani, mint a por mérettartományba tartozó talajszemcséket. Kísérletünk alapján megállapítható, hogy a bakhátas termesztési mód hatására statisztikailag igazolhatóan nőtt a morzsa frakció aránya. A kísérlet ideje alatt a hagyományos művelési mód alkalmazásánál a morzsa frakció csökkenését tapasztaltuk. A rög frakció aránya ugyancsak a bakhátas kezelésben mutatott kedvezőbb értéket. A bakhátas művelésben mértük a nagyobb por frakciót. Ennek az oka az lehet, hogy a hagyományosan termesztett kukorica talaját a tenyészdőben a bakhátastól eltérő befolyások érik. A csapadék ütéhatása mindkét talajon érvényesül, viszont a víz sodrását, iszapolását a bakhátak jól gátolják. A víz által legkönnyebben elsodorható porfrakció csapadékos időszakban vélhetően ott csökken, ahol nincs gátja a lefolyásnak. A hagyományosan művelt talajon ilyen akadály nem volt, ezért ott valamivel kisebb lett a por frakció százalékos aránya. A bakhátas művelés esetén pedig a bakhát védelmi funkciója érvényesült, minden frakció helyben maradt, így a por frakció is. A bakhátas termesztési mód a lejtős termőhelyekre javasolható, alkalmazásával elérhető a talajszerkezet bizonyos mértékű megóvása, illetve javítása.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A fenntartható fejlődés egyik alapeleme a legfontosabb természeti erőforrásunkat képező talajkészleteink ésszerű hasznosítása, védelme, állapotának megőrzése, sokoldalú funkcióképességének fenntartása. Ez az okszerű elvárás azonban sajnálatosan nem vagy csak helyenként teljesül. A talajpusztulás az emberi tevékenység hatására olyannyira felgyorsult, hogy eróziós veszteségét a természetes talajképző folyamatok már nem tudják pótolni. Magyarország több termőhelyén fordulnak elő olyan degradált szerkezetű, erózió által károsodott talajok, amelyeken eredményes gazdálkodás nem folytatható. Ez arra ösztönöz, hogy e káros folyamatokat mérsékeljük, illetve megakadályozzuk. A talajhasználati módok közvetlenül befolyásolják a talaj szerkezetét és az eróziós és deflációs folyamatokat. Az agronómiai védelem, ezen belül is a talajkímélő talajhasználat lehetőségeit kihasználva megelőzhető illetve csökkenthető a talaj lepusztulása. Ezáltal a veszélyeztetett, lejtős területeken növelni lehetne a gazdálkodás, benne a növénytermesztés biztonságát.

Földünk éghajlata folyamatosan változik, s a változásban szerepe van az emberi tevékenységnek. Az emberi tevékenységek (ipar, közlekedés, mezőgazdálkodás) hatása kimutathatóan befolyásolja nemcsak a mikro- és makro-, hanem a globális klímát is. A globális felmelegedés egyik fő oka – a kutatások szerint – az üvegházhatást okozó gázok, különösen a szén-dioxid légkörbe jutása, koncentrációjának növekedése. Az üvegházgázok légköri koncentrációjának emelkedéséhez a mezőgazdaság is hozzájárul. A nemzetközi állásfoglalások a szén-dioxid kibocsátás csökkentését sürgetik. A megoldást – a szántóföldi növénytermesztésre vonatkoztatva – a környezetkímélő és fenntartható talajhasználat alkalmazása kínálja.

Az irodalmi áttekintés összegzése során megfogalmazott következtetések alapján határoztam meg kutatásom célkitűzéseit, amelyek a következők voltak:

1. Lejtős területen a hagyományos és a bakhátas termesztési mód összehasonlítása a csapadék által lehordott talaj, a lemosott humusz és az elfolyó víz mennyiségének alapján.
2. Eltérő talajművelési eljárások hatásának értékelése a talaj szén-dioxid kibocsátására, valamint ezzel összefüggésben a talaj humusztartalmának változására.
3. A különböző talajművelési módok és a talaj agronómiai szerkezete közötti összefüggés igazolása, valamint a köztes védőnövény a talaj szerkezetére gyakorolt hatásának értékelése.

A talajok szén-dioxid kibocsátásának vizsgálatakor azt tapasztaltuk, hogy a kímélő műveléssel tartható az emisszió a legalacsonyabb szinten. A túlzott talajbolygatás csökkentésével szabályozni lehet a talaj levegőzöttségét, amely a mikrobiális folyamatok mérséklése révén kedvező hatással van a humusztartalom alakulására.

A vizsgálatok eredményei alapján az a következtetés vonható le, hogy a művelési módok és a talaj agronómiai szerkezete között szoros összefüggés áll fenn. Megállapítható, hogy a rögzösödés és a porosodás, kímélő műveléssel és a felszín takarásával előnyösen befolyásolható.

A lejtős területen folytatott kísérletben azt tapasztaltuk, hogy a talaj felszínének kímélése nem csak az agronómiai szerkezet alakulására van jótékony hatással, hanem az eróziós károkat is mérsékli. A bakhátas kísérletben kapott eredmények a talajra hullott csapadékvíz helyben tartásának, az elsodródás, lefolyás megakadályozásának fontosságára irányítják a figyelmet.

A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a megfelelő talajhasználat megválasztásánál nem csak a művelési mód talajra gyakorolt hatását kell figyelembe venni, hanem a művelő eszköz adott feladatra való alkalmasságát, valamint a felszín kiképzésének minőségét.

Következtetéseimet és javaslataimat az adott termőhelyen végzett kísérlet alapján vontam le. Az eredmények a talaj- és környezetkímélő művelési mód alkalmazásának szükségességét igazolják. A kímélő talajhasználat segítségével a talaj szerkezete és humusztartalma megóvható, a légkör mezőgazdaságból származó szén-dioxid terhelése csökkenthető. Fontos szempont lehet lejtős termőhelyen a talajtakaró megőrzése, legalábbis a termesztésre, gazdálkodásra alkalmas szinten.

## 7. SUMMARY

Nowadays one of the most important things is rational utilization, protection, conservation and function's maintenance of our soil resources, which is a fundamental element of sustainable development. Unfortunately this rightful expectation is not fulfilled or just occasionally realized. Soil destruction has speeded up because of human activity to such an extent that soil forming processes are no longer able to compensate the damages caused by the erosion. There are several arable sites in Hungary where the soil structure is degraded and damaged by erosion; therefore, successful farming cannot be achieved. Inspired by this fact, reduction and prevention of these harmful processes are essential. The tillage methods directly modify the structure of soil and the process of water and wind erosion. The soil conservation land use within agronomical protection provides facilities to prevent and to reduce harmful soil degradation and erosion. Hereby, the safety of agricultural activity and crop production in sloping area can be increased.

Our Earth's climate is changing continuously and human activity has a role in this changing. The effect of human activities (industry, traffic, agriculture) exercises a demonstrable influence not only on the micro- and macro-, but also on the global climate. According to the researches, one of the main reasons of global warming is that green house gases – especially carbon dioxide – get into the atmosphere where their concentration is increased. Agricultural activities contribute to the increase of atmospherical quantity of greenhouse gases. The international commitments encourage for reducing the emission of carbon dioxide. Concerning crop production, the solution could be the application of conservation and sustainable land use.

Based on the conclusions of the literature review I have formulated the aims of my research, which are as follows:

1. Comparison of conventional and ridge tillage based on the amount of runoff soil, the eroded humus and the runoff water in sloping area.
2. Evaluation of different soil tillage treatments' effect on carbon dioxide emission from the soil, in connection with the changing of the humus content of soil.
3. Justification of the relationship between different soil tillage methods and soil agronomical texture. Evaluation of the effect of catch crop on soil structure.

The results of soil carbon dioxide emission examinations showed that the lowest emission level was measured in case of conservation tillage. With the reduction of the excessive soil disturbance (intensive soil tillage) the airing of the soil can be achieved, which has favourable effect on humus content.

The results of the examination confirmed, that there is a strong relationship between soil tillage methods and soil agronomical texture. It can be concluded, that clodding and dusting can be positively modified by conservation tillage and surface covering.

We have justified that in sloping area the protection of soil surface has a favourable effect not only on the soil structure but on the reduction of erosion damages as well. According to the results obtained in case of ridge tillage, it can be concluded that rainwater holding in croplands has an important role just as the prevention of soil-, water- and humus runoff.

The results of the examinations confirmed that we have to consider (in case of proper land use) not just the tillage methods' effect on soil but also the suitability of tools and the quality of the soil surface drilling.

My conclusions and recommendations are based on the results of the experiment. It is proved that the application of the soil conservation and sustainable tillage methods are highly recommended. The soil structure and the humus content can be protected and the emission of carbon dioxide – emitted from agriculture – can be reduced with the application of conservation tillage. Preservation of the soil surface is highly recommended especially in sloping production site.



## 8. MELLÉKLETEK

### M1. Irodalomjegyzék

- Ángyán J. - Szalai T. – Fodor Z. – Lőrinczi R. – Nagy G. 2005. A földhasználat alakulása. In: A talajok jelentősége a 21. században (szerk. Stefanovits P., Michéli E.), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, pp. 35-61.
- Arnold R. 2005. Importance of Soil in the 21st Century. In: A talajok jelentősége a 21. században (szerk. Stefanovits P., Michéli E.), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest. Pp. 13-17.
- Ball B. C. – Tebrügge F. – Satori L. – Giraldez J. V. – Gonzalez P. 1998. Influence of no-tillage on physical, chemical and biological soil properties. 7-27. In: Experience with the application of no-tillage crop production in the West-European countries. (Ed.: Tebrügge F. – Böhrnsen A.) Final EU-Report of Concerted Action No Air3-CT93-1464, 89, Fachverlag, Köhler, Giessen.
- Ballenegger R. – Di Gléria J. 1962. Talaj és trágyavizsgáló módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Bándi Gy. – Faragó T. – Lakosné Horváth A. 1994. Nemzetközi környezetvédelmi és természetvédelmi egyezmények. Budapest, KVTFM. 1994. p. 80.
- Baráth Cs.-né - Ittész A. - Ugrósd Gy. 1996. Biometria. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Barczi A. – Centeri Cs. 1999. A mezőgazdálkodás, a természetvédelem és a talajok használatának kapcsolatrendszer. ÖKO. 1999. X., I-II, 41-48.
- Barczi A. - Centeri Cs. 2005. Az erózió és defláció tendenciái Magyarországon. In: A talajok jelentősége a 21. században (szerk. Stefanovits P., Michéli E.), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, pp. 221-244.
- Barczi A. 1996. A Tihanyi-félsziget talajai és azok jelentősége az alkalmazkodó mezőgazdasági tájhasználatban. Doktori (Ph.D.) értekezés. Gödöllő. 1996. p. 132.
- Berecz K. – Kismányoky T. – Debreczeni B.-né 2005. Az ásványi és a szerves trágyázás néhány növénytermesztési és környezeti hatása. Növénytermelés, 54. No. 3. 169-179.
- Bielek P. 2001. CO<sub>2</sub> released from different soil conditions. In: Conservation Agriculture, a worldwide challenge. (Ed.:Garcia-Torres L. – Benites J.- Martinez Vilela A.) 2001. Proc. of Conf. pp. 151-154.
- Birkás M. – Antal J. – Dorogi I. 1989. Conventional and reduced tillage in Hungary – A review. Soil & Till. Res. 13. 233-252.
- Birkás M. - Gyuricza Cs. - Percze A. - Szalai T. 1998. Kísérletek a kukorica bakhátas termesztésével barna erdőtalajon. Növénytermelés 47, 559-571.

- Birkás M. – Gyuricza Cs.* 2001. A szélsőséges csapadékellátottság hatása az őszi búza néhány termesztési tényezőjére barna erdőtalajon. *Növénytermelés*, 50. 333-344.
- Birkás M. - Krisztián J. - Nagy J.* 1999. Talajhasználat és talajvédelem. *Növényterm. Tud. Nap*, 1999. jan. 26. Kiadvány, "Magyarország az ezredfordulón" Stratégiai Kutatások az MTA-n. *Növénytermesztés és környezetvédelem* (szerk. Ruzsányi L., Pepó P.), MTA Agr. Tud. Oszt., Budapest, pp. 19-29.
- Birkás M. - Szalai T. - Gyuricza Cs. - Jolánkai M. - Gecse M.* 2000. Subsoil compaction problems in Hungary. In: *Subsoil compaction. Distribution, processes, and consequences* (Ed. Horn R., van den Akker, J.J.H., Arvidsson, J.) *Advances in GeoEcology*, 32. Catena Verlag, Reiskirchen, Germany, 354-362.
- Birkás M. - Ujj A. - Gyuricza Cs. - Bencsik K. - Percze A.* 2004. A talajállapot javító és kímélő művelés jelentősége az aszálykárok csökkentésében. *Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban konferencia*, Debrecen, 2004. április 16. Öfogl. Kiadvány, pp. 105-106.
- Birkás M.* 1995. Soil compaction effect on the quality and energy requirement of the tillage. *Gödöllő habilitációs előadás*
- Birkás M.* 2000. A talajtömörödés helyzete Magyarországon. Következményei és enyhítésének lehetőségei. *MTA Doktori Értekezés*, Budapest
- Birkás M.* 2001. A talajhasználat. A talajhasználati módok értékelése. In: *Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban* (szerk. Birkás M.) Akaprint Kiadó, Budapest, pp. 99-120.
- Birkás M.* 2002. Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. Akaprint Kiadó és Nyomda, Budapest.
- Birkás M.* 2004. A talajhasználat és a klimatikus hatások kapcsolata. In: *Talajhasználat, Műveléshatás, Talajnedvesség.* (Szerk.: Birkás M. – Gyuricza Cs.). Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft. pp. 10-47.
- Bíró B.* 2005. A talaj, mint a mikroszervezetek élettere. In: *A talajok jelentősége a 21. században* (szerk. Stefanovits P., Michéli E.), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, pp. 141-146.
- Blum W.E.H.* 1990. The challenge of soil protection in Europe. *Environmental conservation*, 17. 72-74.
- Bodolay J-né.* 1959. A talajok szélrózsiójának folyamata és dinamikája. *Agrokémia és Talajtan*, 1959. 14. 1-16.
- Bodolay J-né.* 1975. A szélrózsió fellépése és megelőzése ásványi eredetű talajokon. *Kandidátusi értekezés*. Budapest, pp. 239-249.
- Borsy Z.* 1972. A szélrózsió vizsgálata a nyírségben. *Szabolcs-Szatmár Szemle*. 1972. 4. 85-97.

- Bouraoui F. – Dillaha T. A.* 1996. ANSWERS-2000: Runoff and sediment transport model. Journal of Environmental Engineering, ASCE 122(6): 493-502.
- Brady N. C. – Weil R. R.* 1999. The Nature and Properties of Soils. 12th ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 881.
- Bresson L. M. - Boeffin J.* 1990. Morphological characterization of soil crust development stages on an experimental field. Geoderma. 47. 301-325.
- Brussaard L. - Faassen H.G. Van* 1994. Effects of compaction on soil biota and soil biological processes. In: Soil compaction in crop production (Ed. Soane, B.D.- Van Ouwerkerk, C.) Elsev. Sci., pp. 215-235.
- Búzás I.* 1988. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv. Mezőgazdasági kiadó Budapest.
- Centeri Cs.* 2002a. Az általános talajveszteség becslési egyenlet (USLE) K tényezőjének vizsgálata. Doktori értekezés. Gödöllő, SZIE, p. 162.
- Centeri Cs.* 2002b. A talajeródálhatóság terepi mérése és hatása a talajvédő vetésciklus kiválasztására. Növénytermelés. 2002, 2. 211-222.
- Cole C. V.* 1996. Intergovernmental Panel and Climate Change. 1995. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions IPCC Working Group 11, Chapter 23, Washington DC.
- Czinóczy M.* 2001. Gyeptelepítés szőlőültetvényekben. II. Növényterm. Tud. Nap, MTA 2001. nov. 26. Öf. Kiadvány. (Szerk. Pepó P. – Jolánkai M.), p. 54.
- Cserhádi S.* 1900. Általános növénytermesztés. Czéh S. Nyomda, Magyar-Óvár
- Debreczeni K. – Szlovák S.* 1990. Dynamics of nitrogen uptake of maize (*Zea mays* L.). Proceedings of International Symposium on the Use of Stable Isotopes in Plant Nutrition, Soil Fertility and Environmental Studies. IAEA. Vienna. 102-104.
- Debreczeni K. – Berecz K. – Fischl K. – Wittmann Z.* 2002. Nitrogenous gas production in the soil air as affected by different N fertiliser forms and water supplies in model experiments. Acta Agronomica Hungarica. 50(4.) 433-440.
- Drees R. L. – Wilding L. P. – Nordt L. C.* 2001. Reconstruction of soil inorganic and organic carbon sequestration across board geoclimatic regions. Soil carbon sequestration and the greenhouse effect. SSSA Spec. Publ. No. 57. 155-171.
- Duck T.* 1960. Eróziós területek térképezése és értékelése. MTA Agrártudományok Oszt. Közl. 18: 431-442. Budapest.
- Duck T.* 1969. Alapfokú talajvédelem a mezőgazdasági üzemekben. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1969, p. 191.
- Dunkel Z.* 1998. Az éghajlatváltozás és következményei. (Szerk.: Dunkel Z.) Országos Meteorológiai szolgálat, ISBN 963-9902-76-8. Budapest, pp. 57-89.

- ECAF 1999.* Conservation Agriculture in Europe: Environmental Economic and EU Policy Perspectives, Brussels, 23 p.
- Erődi B. – Horváth V. – Kamarás M. – Kiss A. – Szekrényi B.* 1965. Talajvédő gazdálkodás hegy- és dombvidéken. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 1965, p. 403.
- Etana A. – Hakansson I. – Zagal E. – Bucas S.* 2001. Effects of tillage depth on organic carbon content and physical properties in five Swedish soils. Kézirat.
- European Environment Agency.* 1998. Soil Degradation, chapter 11. p. 231-246.; chapter 2, climate change, p. 37-59. In: Europe's Environment: The Second Assessment, Elsevier Science Ltd. 293.
- European Environment Agency.* 2005. European environment outlook. Luxemburg: OOEPEC, 2005. 87. (EEA report; 4/2005)
- Faragó T. – Gyulai I.* 1994. Környezet és társadalom közös jövője: Az ENSZ Környezet és Fejlődés Konferenciáján elfogadott „Feladatok a XXI. Századra,„ című program áttekintése és megvalósításának első eredményei. Budapest. FFB. 1994. 121.
- Faragó T. – Iványi Zs. – Szalai S.* 2004. Az éghajlat változékonysága és változása: Okok, folyamatok, regionális hatások különös tekintettel a lehetséges társadalmi-gazdasági következményekre, a nemzetközi együttműködésből adódó feladatokra. Témafeltáró tanulmány (Szerk.: Faragó T. – Iványi Zs. – Szalai S.), Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, OMSz. Pp. 34-51.
- Faragó T. – Nagy B.* 2005. Nemzetközi környezetvédelmi és természetvédelmi egyezmények jóváhagyása és végrehajtása Magyarországon. (Szerk.: Faragó T. – Nagy B.) Budapest. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium; ELTE Áll. És Jogtud. Kar. 2005, p. 188.
- Faragó T.* 1998. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése: kiotói jegyzőkönyv az ENSZ éghajlatváltozási keretegyezményéhez és a hazai feladatok. In.: Fenntartható fejlődés és környezet. Fenntartható Fejlődés Bizottság. Budapest. KTM Fenntartható Fejl. Biz. 1998. 96.
- Faragó T.* 2004. Globális környezeti problémák és a riói megállapodások végrehajtásának helyzete. (Szerk.: Faragó T. – Kerényi A.; Összeáll.: Ángyán J. et al.) Budapest. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium; Debrecen. Debreceni Egyetem. 2004, p. 166.
- Fekete J.* 1996. A tömődöttség hatása a talaj ökológiai funkcióira és termékenységére. Környezet és tájgazdálkodási füzetek II/1. Pszicholingva Kiadó Szada 1996. Márc. 5-8. p.
- Fekete Z. – Hargitai L. – Zsoldos L.* 1967. Talajtan és Agrokémia, mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1967. 426. p.

- Fodor I.* 2001. Környezetvédelem és regionalitás Magyarországon. Dialóg Campus Kiadó, Budapest, Pécs, p. 488.
- Giuffré L. – Heredia O. – Pascale C. – Cosentino D. – Conti M. – Schnug E.* 2003. Land use and carbon sequestration in arid soils of northern Patagonia (Argentina). *Landbauforschung Völkerode*, 53, 13-18.
- Góczán L. – Kertész Á.* 1990. Talajerozió- és felületi lefolyásmérések eredményei az MTA FKI bakonyánai kísérleti parcelláin. *Földrajzi Értesítő*, 1990. XXXIX. 1-3. 55-69.
- González-Fernández P.* 1997. Effect of soil tillage on organic matter and chemical properties, In: Conservation agriculture: agronomic, environmental and economic bases. AEAC, Córdoba, Spain, pp. 43-49.
- Gyórfy B.* 1990. Tartamkísérletek Martonvásáron. In: Martonvásár második húsz éve (szerk. Kovács I.), Martonvásár, pp. 114-118.
- Gyuricza Cs. - Birkás M. - Jóri J. I.* 2002. Művelési rendszerek hatása a talaj szén-dioxid kibocsátására. Tud. Konf. Debrecen.
- Gyuricza Cs.* 2000. Az értékőrző és hagyományos talajművelés egyes fizikai és biológiai hatásainak értékelése. Doktori (PhD) értekezés, Gödöllő, p. 148
- Gyuricza Cs.* 2001. Agrotechnikai védekezés erózió és defláció ellen. *Agro Napló* 5. 3. 29.
- Gyuricza Cs.* 2003. Talajműveléssel a környezetvédelem szolgálatában. *Gyakorlati Agrofórum Extra* 3, március. 11-13.
- Gyuricza Cs.* 2004. A szántóföldi talajhasználat és az üvegházhatás összefüggései mért adatok alapján. In: Talajhasználat, Műveléshatás, Talajnedvesség. (Szerk.: Birkás M. – Gyuricza Cs.). Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft. pp. 47-61.
- Hadardson G.* 1990. Use of Nuclear Techniques in Studies of Soil-Plant relationships. International Atomic Energy, Vienna
- Hadas A. - Wolf D. - Merison I.* 1978. Tillage implements. Soil structure relationships and their effects on crop sands. *Soil Science Society of America Journal*. 42. 632-637.
- Hajdú V.* 2005. Kibocsátási jogok és emisszió-kereskedelem. *Gazdaság és Statisztika*. 2005. 17. 2. 18-31.
- Hakansson I. - Voorhees W.B.* 1997. Soil compaction. In: Methods for assessment of soil degradation (Ed. Lal, R.-Blum, W.H.-Valentine, C.-Stewart, B.A.) CRC Press, New York, pp. 167-179.
- Harnos N.* 2002. A klímaváltozás várható hatásai kalászos gabonafélék produkcióbiológiájára: kísérleti és modellezési megközelítés. Doktori értekezés; Szent István Egyetem Doktori Tanács. Gödöllő. SZIE. 2002. 23-41.

- Harnos Zs.* 2005. A klímaváltozás növénytermelési hatásai. „AGRO 21” Füzetek. 2005. 38. 38-58.
- Hustiné Béres K.* 2005. Some commercial questions of the CO<sub>2</sub> emission. Cereal Research Communications. 2005. 33. 1. 221-224.
- International Energy Agency.* 2001. The road from Kyoto: Current CO<sub>2</sub> and transport policies into the IEA. OECD. 2001. 169.
- Jakab G.* 2006. A vonalas erózió megjelenési formái és mérésének lehetőségei. Tájökológiai Lapok. 2006. 4. 1. 17-33.
- Jolánkai M. - Birkás M. - Szalai T.* 1997. Soil tillage influenced by the physical state of soil. Acta Agronomica Hungarica, 45 (2) 155-161.
- Jolánkai M. – Láng I. – Csete L.* 2005. Növénytermesztés és klímaváltozás. Mag, Kutatás, Fejlesztés és Környezet. 2005. 19. 6. 4-6.
- Jolánkai M.* 2005. A klímaváltozás hatása a növénytermesztésre. „AGRO 21” Füzetek. 2005. 41. 47-58.
- Jóri I.* 2006. A klímaváltozás befolyása a növénytermesztési technológiák gépesítési feladataira. Gyakorlati Agrofórum. 2006. 17. 9. 4-10.
- Jóri J. I. – Rádics J. P. – Pazsicki I. – Szabó I. – Gyuricza Cs.* 2004. Talajművelési eljárások hatása a talaj CO<sub>2</sub> kibocsátására. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. 2004. január 20-21. Összefoglaló kiadvány, Gödöllő, MTA Agrártud. Osztálya Agrár-Műszaki Bizottság, 2004. pp. 26-29.
- Kádár I.* 2005. A környezetszennyezés forrásai és következményei. In: A talajok jelentősége a 21. században (szerk. Stefanovits P., Michéli E.), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest. 177-179.
- Kadlicskó B.* 2006. Az erózió és az ellene való védekezés. In.: Földművelés és földhasználat (Szerk. Birkás M.) Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 258-263.
- Karácsony J.* 1991. A szélerózió okozta környezeti károkról és az ésszerű védekezési eljárásokról. Elemző tanulmány. Gödöllő, Agrártudományi Egyetem, Vízgazdálkodás és Meliorációs Tanszék, p. 52.
- Karácsony J.* 1993. A szélerózió elleni védekezés fizikai alapjai. Kandidátusi értekezés. Gödöllő, p. 118.
- Karácsony J.* 1997. A szélerózió. In: Meteorológia mezőgazdáknak, kertészeknek, erdészeknek. (Szerk.: Szász G. – Tőkei L.) Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 481-488.
- Kátay J.* 2002. A szélsőséges időjárás hatásainak következményei, eróziós és deflációs károk a mezőgazdaságban, védekezési lehetőségek. Őstermelő, 6. 2. 51-53.

- Kerényi A.* 1981. A csepperózió törvényszerűségeinek kvantitatív vizsgálata kísérleti körülmények között. *Földrajzi Értesítő*. 1981. XXX. 2-3. 205-233.
- Kerényi A.* 1991. Talajerózió. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 219.
- Kertész Á.* 2006. Az éghajlati tényezők szerepe a lineáris erózióban. *Földrajzi közlemények*, 130. 3/4. 115-122.
- Kladivko E.J. - Mackay A.D. - Bradford J.M.* 1986. Earthworms as a factor in the reduction of soil crusting. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50. 191-196.
- Klein R. N. - Gail A. W. - Wilson R.G.* 1996. Ridge-till, an integrated weed management system. *Weed Sci.* 44, 417-422.
- Kristóf K. – Kampfl Gy. – Heltai Gy. – Nótás E. – Algaidi A. A.* 2007. Examination of NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub> in agricultural soils. *Cereal research Communications*, 35. 2. (1). 689-692.
- Krisztián J.* 1988. A talajvédelem jelenlegi gyakorlata a fejlesztés lehetőségei. *Melioráció – Öntözés és Talajvédelem*, Agroinform, Budapest, pp. 47-52.
- Krisztián J.* 1994. A termőföld és az erózió. *Élet és Tudomány*, 49. 431-432.
- Krisztián J.* 1999a. Talajpusztulási folyamatok hatása a szántóföldi növények termesztésére. *Gyakorlati Agrofórum*, 1999. 10. 9. 7-8.
- Krisztián J.* 1999b. Több figyelmet a lejtős termőhelyek talajainak védelmére. *Agrofórum*, 10. 6. 7-8.
- Lal R. – Kimble J. M. – Follett R. F. – Cole C. V.* 1998. The potential of U.S. cropland sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Sleeping Bear Press*, 128.
- Lal R.* 1990. Ridge tillage. *Soil & Till. Res.* 18, 107-111.
- Lal R.* 1994. Water management in various crop production systems related to soil tillage. *Soil & Tillage Res.* 30. 169-185.
- Láng I. – Csete L. – Jolánkai M.* 2007. A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok: A VAHAVA jelentés (Szerk. Láng I. – Csete L. – Jolánkai M.). Budapest: Szaktud. K. H., p. 220.
- Láng I.* 2003a. Agrártermelés és globális környezetterhelés. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest, p. 215.
- Láng I.* 2003b. Környezetvédelem Magyarországon és az Európai Unióban: Környezetvédelem. Budapest. MH KSEK: KM, 2003. 28. (Európai Füzetek: Szakmai összefoglaló a magyar csatlakozási tárgyalások lezárt fejezeteiből. 15.)
- Láng I.* 2005a. A biomassza-képződés és a talajadottságok. In: *A talajok jelentősége a 21. században* (szerk. Stefanovits P., Michéli E.), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, pp. 17-22.
- Láng I.* 2005b. Klímaváltozás és várható hatásai. „AGRO-21” Füzetek. 2005. 41. 3-6.

- Láng I. 2005c. Éghajlat és időjárás: változás – hatás – válaszadás. „AGRO-21” Füzetek. 2005. 43. 3-10.
- Láng I. 2006a. Tájékoztató a VAHAVA projekt eredményeiről. Gazdálkodás. 2006. 50. 6. 14-18.
- Láng I. 2006b. A klímaváltozásra való felkészülés haza feladatai. „AGRO 21” Füzetek, 48. 7-9.
- Láng I. 2006c. Lezárult a VAHAVA project. Gyakorlati Agrofórum, 17. 8. 4-6.
- Larson, J. A. – R. K. Roberts – D. D. Tyler – B. N. Duck – S. P. Slinsky 1998. Stochastic dominance analysis of winter cover crop and nitrogen fertilizer system for no-tillage corn. J. of Soil and Water Conserv. 53, 3: 285-288.
- Li C. 1995. Modelling impact of agricultural practices on soil C and N<sub>2</sub>O emissions. In: Soil management and greenhouse effect. (Ed.: Lal R. – Kimble J. M. – Levine E. – Stewart B. A.) Lewis Publishers, pp. 101-112.
- Lipiec J. - Simota C. 1994. Role of soil and climate factors in influencing crop responses to soil compaction in Central and Eastern Europe. In: Soil compaction in crop production (Ed. Soane, B.D., Van Ouwerkerk, C.) Elsevier Sci., pp. 365-389.
- Lóki J. 2000. The study of wind erosion on different soils by wind tunnel. Anthropogenic Aspects of Landscape Transformations. 1. 2000. 37-44.
- Marton I. 2001. Az élővizek mezőgazdaságból származó eróziós eredetű terhelésének vizsgálata a Balaton vízgyűjtőjében. Budapest, MTA, Agrártud. Oszt. 214-233.
- Matos K. 1977. A talajfedettség követelményeinek megfelelő szántóföldi vetésszerkezet. In: A melioráció kézikönyve. (Szerk. Szabó J.) Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, pp 355-357.
- Mattyasovszky J. 1953. Észak-Dunántúli talajok eróziós viszonyai. Agrokémia és Talajtan, 2. 333-340.
- Mattyasovszky J. 1956. A talajtípus, az alapkőzet és a lejtőviszonyok hatása a talajeróziós folyamatok kialakulására. Földrajzi Közlemények. 1956. 4.
- Michéli E. - Várallyay G. - Pásztor L. - Szabó, J. 2003. Land degradation in Hungary. In: Land degradation (ed. Jones, R. J.A., Montanarella, L.) IES, JRC, Ispra, pp. 198-206.
- Mika J. 2005. Globális klímaváltozás, Magyarországi sajátosságok. “AGRO 21” Füzetek, 41. 7-17.
- Milhoffer S. 1897. A talajkimerülés. Tekintettel a csökkenő termésekre és az ezeket befolyásoló termelési tényezőkre. Könyves Kálmán Rt., Budapest
- Nagy J. – Huzsvai L. – Rátonyi T. – Megyes A. – Dobos A. 1999. A száraz időjárás hatásainak enyhítése minimális műveléssel. Gyakorlati Agrofórum, 1999. 10. 7. 44.
- Neményi M. 2005. A klímaváltozás agrárműszaki vonatkozásai. „AGRO 21” Füzetek, 43. 45-70.
- Nótás E. – Bálint Á. – Heltai Gy. – Tarr Zs. – Timári S. 1997. N-cycle studies in a soil core incubation experiment. Acta Agronomica Hungarica, 45(2) 173-185.



- Nótás E. – Debreczeni K. – Fischl. K. – Heltai Gy.* 2003. Különböző nitrogénműtrágyák és eltérő talajnedvességszintek hatása a talaj-növény-légkör rendszer N-mérlegére. *Növénytermelés*, 52. No. 6. 667-678.
- Nyborg M. – Solberg E. D. – Malhi S. S. – Izaurralde R. C.* 1995. Fertilizer N, crop residue, and tillage after soil C and N content in a decade. In: *Soil management and greenhouse effect*. (Ed.: Lal R. – Kimble J. M. – Levine E. – Stewart B. A.) Lewis Publishers, 93-100.
- Nyiri L.* 1997. Az aszálykárok mérséklése. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Oldeman H.* 1994. The Global extent of Soil Degradation. In: *Soil Resilience and Sustainable Land Use* (Ed.: D. J. Greenland – I. Szabolcs), pp. 119-129.
- Omonde A. R. – Vyn J. T. – Smith R. D. – Hegymegi P. – Gál A.* 2006. Soil carbon dioxide and methane fluxes from long term tillage systems in continuous corn and corn-soybean rotations. *Soil & Tillage Res.* doi:10.1016/j.still.2006.12.004. 14 pages
- Organisation for Economic Cooperation and Development, International Energy Agency.* 2002. Beyond Kyoto: Energy dynamics and climate stabilisation. Paris. 162.
- Organisation for Economic Cooperation and Development.* 1999. National Climate Policies and the Kyoto Protocol. Paris. 87.
- Pálmai O.* 2002. A vizek védelmével kapcsolatos kormányrendelet fontosabb szempontjai. *Magyar Mezőgazdaság. Növények Védelme.* 3. 52. 11-13.
- Pautian K. – Cole C. V. – Sauerbeck D. – Sampson N.* 1998. CO<sub>2</sub> mitigation by agriculture: An overview, *Climate Change* 40 (1). 135-162.
- Petrasovits I. – Balogh J.* 1969. Növénytermesztés és vízgazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 248.
- Potyondy Á.* 2007. Comparison of erosion, soil and vegetation relation of extensive Pannonian meadows under mediterranean and submediterranean effects. *Cereal research Communications*, 35. 2. 949-952.
- Reicosky D. C. – Dugas W. A. – Torbert H. A.* 1997. Tillage-induced soil carbon dioxide loss from different cropping systems. *Soil & Till. Res.* 41, 105-118.
- Reicosky D. C. – Reeves D. W. – Prior S. A. – Runion G. B. – Rogers H. H. – Raper R. L.* 1999. Effects of residue management and controlled traffic on carbon dioxide and water loss. *Soil & Till. Res.* 52, 153-165.
- Reicosky D. C.* 1995. Impact of tillage on soil as a carbon sink. In: *Farming for a better environment. A White Paper*, Soil, Water Conservation Soc., Ankeny, Iowa, 67.
- Reicosky D. C.* 1997. Tillage methods and carbon dioxide loss: fall versus spring tillage. In: *Management of carbon sequestration in soil.* (Ed. Lal R. - Kimble J. - Follett R. F. - Stewart B. A.) 1997. CRC Press, pp. 99-112.

- Reicosky D. C.* 1998. Tillage and short-term CO<sub>2</sub> emissions from soils in the laboratory. Kézirat.
- Ruzsányi L.* 2000. Hidrometeorológiai szélsőségek növénytermesztési értékelése. In.: Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai (szerk.: Nagy J. – Pepó. P.), Debrecen, pp. 19-28.
- Salamin P.* 1982. Eróziós tényezők, formák, folyamatok. In: Erózió elleni küzdelem és környezetvédelem. Kézirat. Budapest, pp. 9-38.
- Schwertmann U. - Vogt W. - Kainz M.* 1987. Bodenerosion durch wasser: Vorhersage des Abtrages und Bewertung von Gegenmassnahmen. Ulmer, Stuttgart, 2. Auflage
- Sissák I. – Palkovics M. – Plótár K.* 1998. Művelt területekről lemosódó foszfát-foszfor vízminőségi hatásainak becslése. Keszthely, PAE, pp. 239-243.
- Soane B. D.* 1985. Traction and transport systems as related to cropping systems. Proc. Int. Conf. Soil Dynamics, Auburn, 5, 863-935.
- Solymsi P.* 2005. Az éghajlat változásának hatása a gyomflórára a hazai kutatások tükrében, az 1969 és 2004 közötti időszakban. Növényvédelem, 41. 1. 13-24.
- Stallings S. J. H.* 1953. Continuous Plant Cover the way to Soil and Water Conservation. US Department of Agriculture - SCS-TP-121. Washington 25. D.C. 1953. IX. 17. p.
- Stefanovits P. – Filep Gy. – Füleky Gy.* 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 470.
- Stefanovits P.* 1964. Talajpusztulás Magyarországon. OMMI, Budapest, p. 56.
- Stefanovits P.* 1977. Talajvédelem, környezetvédelem. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 243.
- Stefanovits P.* 1992a. Talajtan. In: A talajtan tárgya, feladata, felosztása és története. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 5-14.
- Stefanovits P.* 1992b. Talajtan. In: Agronómiai szerkezet. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 121-123.
- Stefanovits P.* 1992c. Talajtan. In: Talajpusztulás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 265-300.
- Stefanovits P.* 1994. Soil degradation in Hungary. In: Soil resilience and Land Use (ED.: Greenland D. J. – I. Szabolcs), Wallingford.
- Stefanovits P.* 2005. A talajok környezeti tompítóképessége, terhelhetősége. In: A talajok jelentősége a 21. században (szerk. Stefanovits P., Michéli E.), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, 373-400.
- Surányi K – Szabó L. – Balgh L.* 2001. A talajművelés szerepe és jelentősége a talajvédelemben. In: Korszerű talajművelés és talajállapot-javítás (Szerk.: Gyuricza Cs.) Gödöllő, 2001. aug. 28. Szent István Nyári Egyetem. Kiadvány, pp. 68-70.
- Sváb J.* 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Svirezev Y. M.* 2006. Climate impact on agriculture: The regional risk assessment. – Impact and Responses in Central and Eastern European Countries. ISBN 963 508 519 2. 5-8 November 2005, Pécs Hungary – Budapest, pp. 42-49.

- Szabó E. – Pomázi I.* 2000. Magyarország környezeti mutatói 2000. (Szerk.: Szabó E. – Pomázi I.) Budapest, Környezetvédelmi Minisztérium, pp. 98-123.
- Szabó I. M.* 1986. A mikroorganizmusok aktivitásának szabályozása. A talajművelési eljárások, trágyázási és növénytermesztési rendszerek célszerű kombinációival In: Szabó I. M. Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 325-335.
- Szabó L.* 1994. Talajvédelem. GATE jegyzet, p. 114.
- Szabolcs I.* 1978. A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan. 27. 181-202.
- Szabóné Kele G. – Berényi Üveges J – Pirkó B.* 2004. Talajvédelem, talajvédelmi szabályozás az Európai Unióban és Magyarországon. Gyakorlati Agrofórum. 15. 8. 81-83.
- Szalai Gy - Krisztián J.* 1993. Melioráció és rekultiváció. GATE jegyzet. 154.
- Szalay S. – Szentimrey T.* 2005. Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. században? Statisztikai Szemle, 83. 10/11. 978-989.
- Szieberth D.* 2005. Klímaváltozás. Mezőgazdasági Tanácsok. 14. 2. 7-10.
- Szűcs I.* 2005. A termőföld és a fenntartható mezőgazdaság In: A talajok jelentősége a 21. században (szerk. Stefanovits P., Michéli E.), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, pp. 355-359.
- Tebrügge F. – Gruber W. – Kohl R. – Böhm H.* 1991. Long-term cultural practices effects on the ecologic system. PaperNo. 91-1009, ASAE St.-Joseph, MI. 15.
- Tóth B.* 1977. A növénytermesztés feltételeinek javítása mezővédő fásítással. In: A melioráció kézikönyve. (Szerk.: Szabó J.) Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, pp. 144-147.
- Tóth Z.* 2001. A talaj agronómiai szerkezetének jelentősége, A talaj agronómiai szerkezetét befolyásoló tényezők, In: A talajtermékenység vizsgálata vetésforgóban és monokultúrában, Doktori (Ph.D) értekezés, Keszthely, pp. 48-59.
- Tóth Z.* 2002. A talajvédelem agrotechnikai eljárásai. Agro Napló, 6. 11. 10-17.
- Tracy P. W. – Westfall D. G. – Elliott E. T. – Peterson G. A. – Cole C. V.* 1990. Carbon, nitrogen, phosphorus, and sulphur mineralization in plough and no-till cultivation. Soil Sci. Soc. Am. J. 54, 457-461.
- Ujj A.* 2006. A talajállapot- és az elővetemény-hatás javítása köztes védőnövényekkel és kímélő műveléssel. Doktori értekezés. Gödöllő, pp.21-22.
- Ujvári F.* 1981. Az erdő hatása a víz elfolyásra a kishányai és szárazkeszői kísérletek alapján. Erdő és víz, pp. 47-62.
- Ulen B.* 1997. Nutrient losses by surface runoff from soils with winter cover crops and spring-ploughed soils in the south of Sweden. Soil & Tillage Research, 44:165-177.

- Van der Linden A.M.A.* 1989. Turnover of soil microbial biomass as influenced by soil compaction. cit. *Brussaard, L.-Faasen, H.G.* 1994.
- 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
- Várallyay Gy. – Németh T.* 1999. A környezetkímélő növénytermesztés agrokémiai-talajtani alapjai. *Növénytermesztés és Környezetvédelem*, pp. 295-312. MTA Agrártud. Oszt. Budapest
- Várallyay Gy.* 1989. Soil degradation process and their control in Hungary. *Land degradation and Rehabilitation*. 1. 171-188.
- Várallyay Gy.* 1993. A talaj szerkezeti állapotának jellemzése. In: *Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványi vizsgálata.* (Szerk.: Buzás I.) INDA 4231 Kiadó, Budapest.
- Várallyay Gy.* 1994. A talaj vízgazdálkodása és a környezet. (Akadémiai székfoglaló kibővített összefoglalója.) MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója, 1993. 65-72. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1994.
- Várallyay Gy.* 1996a. Magyarország talajainak érzékenysége szerkezetromlásra és tömörödesre. *Környezet- és Tájgazdálkodási Füzetek II/1. Pszicholingva Kiadó. Szada*, pp. 25-30.
- Várallyay Gy.* 1996b. A talaj vízgazdálkodásának szabályozása a termőföld és vízkészleteinek védelme érdekében. „A termőföld védelme” c. konf. Anyaga. OMÉK 96. 10-23, Gödöllő.
- Várallyay Gy.* 1997a. A talaj funkciói. *Magyar Tudomány*, XLII (12), 1414-1430.
- Várallyay Gy.* 1997b. A talaj vízgazdálkodása és a környezet. *Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok (1997. jún.12-13) kiadványa*. 14-22. DATE Kutató Intézet, Karcag
- Várallyay Gy.* 1997c. A fenntartható talajhasználat problémái egy közös Európában (egy magyar talajtanos agrárszakember szemével.) MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója, 1996, 314-318.
- Várallyay Gy.* 1997d. Sustainable development – a challenge for rational land use and soil management. In: *Land Use and Soil Management* (Ed. Filep Gy.) 1-33. Agric. Univ., Debrecen
- Várallyay Gy.* 1998. Multifunctional soil management for sustainable development in Hungary. *Agrokémiai és Talajtan*, 47, 7-22.
- Várallyay Gy.* 2000. Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása. Székfoglalók a Magyar Tudományos Akadémián. Elhangzott 1999. február 22-én. MTA
- Várallyay Gy.* 2005. A talaj és a víz. In: *A talajok jelentősége a 21. században* (szerk. Stefanovits P., Michéli E.), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, pp. 61-70.
- Varga Z.* 2006. Gondolatok az éghajlatváltozásról. *Mezőhír*. 2006. 10. 4. 72-75.

- Varga-Haszonits Z. 1983. A meteorológiai tényezők és a növények. Meteorológiai tanulmányok 42.
- Veisz O. – Bencze Sz. 2005. Klímaváltozás és a kalászosok stressztűrő-képessége. „AGRO 21” Füzetek, 46. 3-17.
- Veisz O. – Tischner T. – Harnos N. 1996. A növekvő szén-dioxid koncentráció hatása a kalászos gabonákra. Biotechnológia és Környezetvédelem, 2. 38-40.
- Veisz O. – Vida Gy. – Láng L. – Bedő Z. 2004. Klimatikus szélsőségek hatása a kalászosok fejlődésére. Martonvásár, 16. 2. 8-10.
- Veisz O. 2005. A növények abiotikus stressztűrése és a biztonságos termesztés. Magyar Tudomány, 166. 7. 833-836.
- Wischmeier W. – Smith D. 1963. A talajvesztés becslése, mint a talajvédelem és a vízvisszatartás tervezésének eszköze. (Soil-loss estimation as a tool in soil and water management planning.) A szárazföldi erózió problémái. OMgK.
- Wishmeier W. – Smith D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. USDA Agric. Handbook 537. U.S. Government printing Office, Washington, D.C. 58 pp.
- Yagi K. – Kumagi K. – Tsuruta H. – Mianami K. 1995. Emissions, productions and oxidation of methane in Japanese rice. In: Soil management and greenhouse effect. (Ed.: Lal R. – Kimble J. M. – Levine E. – Stewart B. A.) Lewis Publishers, pp. 231-244.
- Zatykó F. 1993. A zöldségnövények CO<sub>2</sub> trágyázásával elért eredmények. Kandidátusi értekezés. Budapest, MTA TMB, pp. 88-107.
- Zsembeli J. - Tuba G. - Juhász Cs. - Nagy I. 2005. CO<sub>2</sub>-measurements in a soil tillage experiment. In: Cereal Research Communications. 2005. 33.1,137-140.
- Zsembeli J. 2006. A defláció elleni védelem. In: Földművelés és földhasználat (Szerk.: Birkás M.) Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 263-267.

M2. A kísérlet termesztéstechnológiai adatai

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2002								Fehér mustár (védő növ.)				Ő. búza
2003	Őszi búza (fővetés)									Rozs		
2004	Rozs (köztes védőnövény+takarmány)					Borsó (zöldtrágya)					Ő. búza	
2005	Őszi búza (fővetés)							Mustár (védő növ.)			Őszi búza	
2006	Őszi búza (fővetés)											

Jelmagyarázat:  = alapművelések

### M3. Szignifikáns differencia értékeket és a korrelációs viszonyokat bemutató táblázatok

1. táblázat. A lehordott talaj mennyisége és a területről lefolyt víz mennyisége (Józsefmajor, 2004.07.04.)

Table 1. The amount of runoff soil and the amount of runoff water (Józsefmajor, 04.07.2004.)

	Bakhátas művelési mód			Hagyományos művelési mód			SZD <sub>5</sub> %*
	Lejtő teteje	Lejtő alja	Átlag	Lejtő teteje	Lejtő alja	Átlag	
Lehordott talaj (g/m <sup>2</sup> )	1,5	0,7	<b>1,1</b>	<b>5,6</b>	3,1	<b>4,35</b>	<b>2,1</b>
Lefolyt víz (l)	0,39	0,31	<b>0,35</b>	<b>0,67</b>	0,51	<b>0,59</b>	<b>0,14</b>

SZD<sub>5</sub>%\*: a bakhátas és a hagyományos művelési mód közötti szignifikáns differencia

2. táblázat. A lehordott talaj mennyisége és a területről lefolyt víz mennyisége (Józsefmajor, 2004.08.10.)

Table 2. The amount of runoff soil and the amount of runoff water (Józsefmajor, 10.08.2004.)

	Bakhátas művelési mód			Hagyományos művelési mód			SZD <sub>5</sub> %*
	Lejtő teteje	Lejtő alja	Átlag	Lejtő teteje	Lejtő alja	Átlag	
Lehordott talaj (g/m <sup>2</sup> )	7	4,4	<b>5,7</b>	<b>20,2</b>	5,7	<b>13</b>	<b>nsz</b>
Lefolyt víz (l)	6,58	5,83	<b>6,2</b>	<b>7,78</b>	6,35	<b>7,6</b>	<b>nsz</b>

SZD<sub>5</sub>%\*: a bakhátas és a hagyományos művelési mód közötti szignifikáns differencia

3/a. táblázat. A talaj humusztartalmának alakulása a különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Józsefmajor, 2006)

Table 3/a. Trends in humus content of soil at different tillage methods (Józsefmajor, 2006)

	<b>0-10 cm</b>	<b>10-20 cm</b>	<b>20-30 cm</b>	<b>30-40 cm</b>
Szántás	3,397	3,390	3,327	2,875
Lazítás+tárcsázás	3,818	3,398	3,140	2,743
Kultivátoros műv.	4,023	3,315	3,110	2,775
Tárcsázás	4,120	3,342	3,117	2,517
Direktvetés	4,332	3,427	3,053	2,552
SZD <sub>5</sub> %	0,308	nsz	nsz	0,24

3/b. táblázat. A kezeléspárok humusztartalmának értékei közötti korrelációs táblázata (Józsefmajor, 2006)

Table 3/b. The humus content of soil correlation table between traetment pairs (Józsefmajor, 2006)

0-10 cm SZD <sub>5</sub> %=0,308	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	0,421*			
kultivátoros m.	0,626*	0,205		
tárcsázás	0,723*	0,302	0,097	
direktvetés	0,935 *	0,514*	0,309*	0,212
10-20 cm nem szignifikáns				
20-30 cm nem szignifikáns				
30-40 cm SZD <sub>5</sub> %=0,24	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	0,132			
kultivátoros m.	0,1	0,032		
tárcsázás	0,358*	0,226	0,258*	
direktvetés	0,323*	0,191	0,223	0,035

\*=szignifikáns



4/a. táblázat. A talaj humusztartalmának változása a különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Józsefmajor, 2003-2006)

Table 4/a. Trends in change of humus content of soil at different tillage methods (Józsefmajor, 2003-2006)

	Humusztartalom változása				
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	Átlag
Szántás	0,437	0,62	0,407	0,465	<b>0,482</b>
Lazítás+tárcsázás	0,648	0,498	-0,36	0,813	<b>0,413</b>
Kultivátoros műv.	0,213	-0,055	0,58	0,565	<b>0,326</b>
Tárcsázás	0,78	-0,058	0,097	0,087	<b>0,226</b>
Direktvetés	1,172	0,597	0,523	0,832	<b>0,872</b>

4/b. táblázat. A kezeléspárok humusztartalom változásának átlag értékei közötti korrelációs táblázata (Józsefmajor, 2003-2006)

Table 4/b. The average change of humus content of soil correlation table between treatment pairs (Józsefmajor, 2003-2006)

Humusztartalom változás SZD <sub>5</sub> %= 0,32	szántás	lazítás+tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	0,069			
kultivátoros m.	0,156	0,087		
tárcsázás	0,256	0,187	0,1	
direktvetés	0,39*	0,459*	0,546*	0,646*

\*=szignifikáns

5/a. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor, rozs köztes védőnövény esetén (Józsefmajor, 2004.03.31.)

Table 5/a. Trends in agronomical texture at different tillage methods under rye catch crop (Józsefmajor, 31.03.2004.)

2004.03.31.						
Frakció	szántás	laz.+tárcsa	kultivátor	tárcsázás	direktvetés	SZD <sub>5</sub> %
rög	31,05	30,18	31,91	34,24	35,38	nsz
morzsa	68,77	68,52	65,56	63,6	60,91	5,15
por	0,18	1,3	2,53	2,19	3,04	1,24

5/b. táblázat. A kezeléspárok agronómiai szerkezet értékei közötti korrelációs táblázata rozs köztes védőnövény alatt (Józsefmajor, 2004.03.31.)

Table 5/b. Agronomical texture correlation table between treatment pairs under rye catch crop (Józsefmajor, 31.03.2004.)

Rög nem szignifikáns				
Morzsa SZD <sub>5</sub> %= 5,15	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	0,25			
kultivátoros m.	3,21	2,96		
tárcsázás	5,17*	4,92	1,96	
direktvetés	7,86*	7,61*	4,65	2,69
Por SZD <sub>5</sub> %= 1,24	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	1,12			
kultivátoros m.	2,35*	1,23		
tárcsázás	2,01*	0,89	0,34	
direktvetés	2,86*	1,74*	0,51	0,85

\*= szignifikáns

5/c. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor, rozs köztes védőnövény nélkül (Józsefmajor, 2004.03.31.)

Table 5/c. Trends in agronomical texture at different tillage methods without rye catch crop (Józsefmajor, 31.03.2004.)

2004.03.31.						
Frakció	szántás	laz.+tárcsa	kultivátor	tárcsázás	direktvetés	SZD <sub>5%</sub>
rög	33,51	32,12	34,43	35,38	38,71	nsz
morzsa	65,37	66,36	64,33	63,38	60,01	nsz
por	1,12	1,52	1,2	1,24	1,28	nsz

5/d. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor, rozs köztes védőnövényvel (+) és nélkül (-). (Józsefmajor, 2004.03.31.)

Table 5/d. Trends in agronomical texture at different tillage methods with(+) and without(-) rye catch crop (Józsefmajor, 31.03.2004.)

	szántás			laz.+tárcsa			kultivátor		
	+	-	SzD <sub>5%</sub>	+	-	SzD <sub>5%</sub>	+	-	SzD <sub>5%</sub>
rög	31,05	33,51	nsz	30,18	32,12	nsz	31,91	34,47	nsz
morzsa	68,77	65,37	nsz	68,52	66,36	nsz	65,56	64,33	nsz
por	0,18	1,12	nsz	1,30	1,52	nsz	2,53	1,2	nsz

	tárcsázás			direktvetés		
	+	-	SzD <sub>5%</sub>	+	-	SzD <sub>5%</sub>
rög	34,21	35,38	nsz	35,38	38,71	nsz
morzsa	63,60	63,38	nsz	61,58	60,01	nsz
por	2,19	1,24	nsz	3,04	1,28	nsz

6/a. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor, borsó alatt, rozs köztes védőnövényvel (Józsefmajor, 2004.07.14.)

Table 6/a. Trends in agronomical texture at different tillage methods under peas with rye catch crop (Józsefmajor, 14.07.2004.)

2004.07.14.						
Frakció	szántás	laz.+tárcsa	kultivátor	tárcsázás	direktvetés	SZD <sub>5</sub> %
rög	38,82	34,96	35,71	34,76	32,89	nsz
morzsa	58,36	61,93	60,47	59,31	63,12	nsz
por	2,82	3,11	3,82	5,93	3,99	1,79

6/b. táblázat. A kezeléspárok agronómiai szerkezet értékei közötti korrelációs táblázata borsó alatt, rozs köztes védőnövényvel (Józsefmajor, 2004.07.14.)

Table 6/b. Agronomical texture correlation table between treatment pairs under peas with rye catch crop (Józsefmajor, 14.07.2004.)

Rög nem szignifikáns				
Morzsa nem szignifikáns				
Por SZD <sub>5</sub> %= 1,79	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	0,29			
kultivátoros m.	1,00	0,71		
tárcsázás	3,11*	2,82*	2,11*	
direktvetés	1,17	0,88	0,17	1,94*

\*= szignifikáns

6/c. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor borsó alatt, rozs köztes védőnövény nélkül (Józsefmajor, 2004.07.14.)

*Table 6/c. Trends in agronomical texture at different tillage methods under peas without rye catch crop (Józsefmajor, 14.07.2004.)*

2004.07.14.						
Frakció	szántás	laz.+tárcsa	kultivátor	tárcsázás	direktvetés	SZD <sub>5%</sub>
rög	36,18	37,08	35,18	35,69	36,67	nsz
morzsa	60,58	60,19	59,88	59,09	59,4	nsz
por	3,24	2,73	4,94	5,22	3,93	nsz

6/d. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor, rozs köztes védőnövényvel (+) és nélkül (-). (Józsefmajor, 2004.07.14.)

*Table 6/d. Trends in agronomical texture at different tillage methods with(+) and without (-) rye catch crop (Józsefmajor, 14.07.2004.)*

	szántás			laz.+tárcsa			kultivátor		
	+	-	SzD <sub>5%</sub>	+	-	SzD <sub>5%</sub>	+	-	SzD <sub>5%</sub>
rög	<b>32,89</b>	36,67	<b>nsz</b>	35,71	35,18	<b>nsz</b>	34,96	37,96	<b>nsz</b>
morzsa	<b>63,12</b>	59,40	<b>nsz</b>	60,47	59,88	<b>nsz</b>	61,93	60,19	<b>nsz</b>
por	3,99	3,93	<b>nsz</b>	3,82	4,94	<b>nsz</b>	3,11	2,73	<b>nsz</b>

	tárcsázás			direktvetés		
	+	-	SzD <sub>5%</sub>	+	-	SzD <sub>5%</sub>
rög	34,76	35,69	<b>nsz</b>	38,82	36,18	<b>nsz</b>
morzsa	59,31	59,09	<b>nsz</b>	58,36	60,58	<b>nsz</b>
por	5,93	5,22	<b>nsz</b>	2,82	3,24	<b>nsz</b>

7. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Józsefmajor, 2004.10.11.)

*Table 7. Trends in agronomical texture at different tillage methods (Józsefmajor, 11.10.2004.)*

<b>2004.10.11.</b>						
Frakció	szántás	laz.+tárcsa	kultivátor	tárcsázás	direktvetés	SZD <sub>5</sub> %
rög	35,63	33,11	37,21	36,07	38,92	nsz
morzsa	61,12	63,16	57,78	57,27	55,69	nsz
por	3,25	3,73	5,01	6,66	5,39	nsz

8/a. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Józsefmajor, 2005.05.04.)

Table 8/a. Trends in agronomical texture at different tillage methods (Józsefmajor, 04.05.2005.)

<b>2005.05.04.</b>						
Frakció	szántás	laz.+tárcsa	kultivátor	tárcsázás	direktvetés	SZD <sub>5</sub> %
rög	38,03	29,52	42,62	44,42	46,26	5,33
morzsa	59,63	69,27	54,77	52,54	49,48	5,41
por	2,34	1,2	2,6	3,04	4,26	0,71

8/b. táblázat. A kezeléspárok agronómiai szerkezet értékei közötti korrelációs táblázata (Józsefmajor, 2005.05.04.)

Table 8/b. Agronomical texture correlation table between treatment pairs (Józsefmajor, 04.05.2004.)

<b>Rög</b> SZD <sub>5</sub> %= 5,33	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	8,51*			
kultivátoros m.	4,59	13,1*		
tárcsázás	6,39*	14,9*	1,8	
direktvetés	8,23*	16,74*	3,64	1,84
<b>Morzsa</b> SZD <sub>5</sub> %= 5,41	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	9,64*			
kultivátoros m.	4,86	14,5*		
tárcsázás	7,09*	16,73*	2,23	
direktvetés	10,15*	19,79*	5,29	3,06
<b>Por</b> SZD <sub>5</sub> %= 0,71	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	1,14*			
kultivátoros m.	0,26	1,4*		
tárcsázás	0,7	1,84*	0,44	
direktvetés	1,91*	3,05*	1,65*	1,21*

\*= szignifikáns

9/a. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Józsefmajor, 2005.07.18.)

Table 9/a. Trends in agronomical texture at different tillage methods (Józsefmajor, 18.07.2005.)

2005.07.18.						
Frakció	szántás	laz.+tárcsa	kultivátor	tárcsázás	direktvetés	SZD <sub>5</sub> %
rög	28,75	32,61	40,68	44,34	47,3	5,92
morzsa	69,48	66,32	56,55	52,83	48,77	5,68
por	1,76	1,06	2,76	3,49	3,92	0,78

9/b. táblázat. A kezeléspárok agronómiai szerkezet értékei közötti korrelációs táblázata (Józsefmajor, 2005.07.18.)

Table 9/b. Agronomical texture correlation table between treatment pairs (Józsefmajor, 18.07.2005.)

<b>Rög</b> SZD <sub>5</sub> %= 5,92	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	3,86			
kultivátoros m.	11,93*	8,07*		
tárcsázás	15,59*	11,73*	3,66	
direktvetés	18,55*	14,69*	6,62*	2,96
<b>Morzsa</b> SZD <sub>5</sub> %= 5,68	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	3,16			
kultivátoros m.	12,93*	9,77*		
tárcsázás	16,65*	13,49*	3,72	
direktvetés	20,71*	17,55*	7,78*	4,06
<b>Por</b> SZD <sub>5</sub> %= 0,78	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	0,7			
kultivátoros m.	1,0*	1,7*		
tárcsázás	1,73*	2,43*	0,73	
direktvetés	2,16	2,86*	1,16*	0,43

\*= szignifikáns



10/a. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Józsefmajor, 2005.09.07.)

Table 10/a. Trends in agronomical texture at different tillage methods (Józsefmajor, 07.09.2005.)

2005.09.07.						
Frakció	szántás	laz.+tárca	kultivátor	tárca	direktvetés	SZD <sub>5</sub> %
rög	36,2	45,63	53,27	53,71	54,1	11,56
morzsa	61,53	51,71	43,16	42,7	40,37	11,05
por	2,26	2,66	3,56	3,58	5,53	1,51

10/b. táblázat. A kezeléspárok agronómiai szerkezet értékei közötti korrelációs táblázata (Józsefmajor, 2005.09.07.)

Table 10/b. Agronomical texture correlation table between treatment pairs (Józsefmajor, 07.09.2005.)

<b>Rög</b> SZD <sub>5</sub> %= 11,56	szántás	lazítás+ tárca	kultivátoros művelés	tárca
lazítás+tárca	9,43			
kultivátoros m.	17,07*	7,64		
tárca	17,51*	8,08	0,44	
direktvetés	17,9*	8,47	0,83	0,39
<b>Morzsa</b> SZD <sub>5</sub> %= 11,05	szántás	lazítás+ tárca	kultivátoros művelés	tárca
lazítás+tárca	9,82			
kultivátoros m.	18,37*	8,55		
tárca	18,83*	9,01	0,46	
direktvetés	21,16*	11,34*	2,79	2,33
<b>Por</b> SZD <sub>5</sub> %= 1,51	szántás	lazítás+ tárca	kultivátoros művelés	tárca
lazítás+tárca	0,4			
kultivátoros m.	1,3	0,9		
tárca	1,32	0,92	0,02	
direktvetés	3,27*	2,87*	1,97*	1,95*

\*= szignifikáns

11/a. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Józsefmajor, 2005.11.08.)

Table 11/a. Trends in agronomical texture at different tillage methods (Józsefmajor, 08.11.2005.)

2005.11.08.						
Frakció	szántás	laz.+tárcsa	kultivátor	tárcsázás	direktvetés	SZD <sub>5</sub> %
rög	39,3	31,34	44,16	48,17	46,13	6,45
morzsa	58,53	66,21	54,11	50,56	52,44	6,4
por	2,16	2,44	1,73	1,26	1,43	1,03

11/b. táblázat. A kezeléspárok agronómiai szerkezet értékei közötti korrelációs táblázata (Józsefmajor, 2005.11.08.)

Table 11/b. Agronomical texture correlation table between treatment pairs (Józsefmajor, 08.11.2005.)

<b>Rög</b> SZD <sub>5</sub> %= 6,45	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	7,96*			
kultivátoros m.	4,86	12,82*		
tárcsázás	8,87*	16,83*	4,01	
direktvetés	6,83*	14,79*	1,97	2,04
<b>Morzsa</b> SZD <sub>5</sub> %= 6,4	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	7,68*			
kultivátoros m.	4,42	12,1*		
tárcsázás	7,97*	15,65*	3,55	
direktvetés	6,09	13,77*	1,67	1,88
<b>Por</b> SZD <sub>5</sub> %= 1,03	szántás	lazítás+ tárcsázás	kultivátoros művelés	tárcsázás
lazítás+tárcsázás	0,28			
kultivátoros m.	0,43	0,71		
tárcsázás	0,9	1,18*	0,47	
direktvetés	0,73	1,01	0,3	0,17

\*= szignifikáns

12. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása hagyományos és bakhátas kezelések esetén (Józsefmajor, 2004.07.07.)

*Table 12. Trends in agronomical texture at conventional and ridge tillage methods (Józsefmajor, 07.07.2004.)*

<b>2004.07.07.</b>			
Frakció	hagyományos művelés	bakhátas művelés	SZD <sub>5</sub> %
rög	37,72	20,53	15,34
morzsa	55,5	68,73	13,22
por	6,78	10,74	1,04

13. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása hagyományos és bakhátas kezelések esetén (Józsefmajor, 2004.09.17.)

*Table 13. Trends in agronomical texture at conventional and ridge tillage methods (Józsefmajor, 17.09.2004.)*

<b>2004.09.17.</b>			
Frakció	hagyományos művelés	bakhátas művelés	SZD <sub>5</sub> %
rög	34,51	27,33	4,96
morzsa	57,11	66,55	7,71
por	8,38	6,12	nsz

14. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása hagyományos és bakhátas kezelések esetén (Józsefmajor, 2004.10.11.)

*Table 14. Trends in agronomical texture at conventional and ridge tillage methods (Józsefmajor, 11.10.2004.)*

<b>2004.10.11.</b>			
Frakció	hagyományos művelés	bakhátas művelés	SZD <sub>5</sub> %
rög	37,34	27,33	8,69
morzsa	48,58	57,42	5,08
por	14,08	15,25	nsz

15. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása hagyományos és bakhátas kezelések esetén (Józsefmajor, 2005.06.02.)

*Table 15. Trends in agronomical texture at conventional and ridge tillage methods (Józsefmajor, 02.06.2005.)*

<b>2005.06.02.</b>			
Frakció	hagyományos művelés	bakhátas művelés	SZD <sub>5</sub> %
rög	36,34	26,02	nsz
morzsa	58,61	69,63	10,56
por	5,05	4,35	nsz

16. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása hagyományos és bakhátas kezelések esetén (Józsefmajor, 2005.07.19.)

*Table 16. Trends in agronomical texture at conventional and ridge tillage methods (Józsefmajor, 19.07.2005.)*

<b>2005.07.19.</b>			
Frakció	hagyományos művelés	bakhátas művelés	SZD <sub>5</sub> %
rög	38,57	26,28	3,52
morzsa	59,32	69,68	5,82
por	2,11	4,04	nsz

17. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása hagyományos és bakhátas kezelések esetén (Józsefmajor, 2005.09.07.)

*Table 17. Trends in agronomical texture at conventional and ridge tillage methods (Józsefmajor, 07.09.2005.)*

<b>2005.09.07.</b>			
Frakció	hagyományos művelés	bakhátas művelés	SZD <sub>5</sub> %
rög	34,39	26,14	nsz
morzsa	62,47	66,64	nsz
por	3,14	7,22	1,91

18. táblázat. Agronómiai szerkezet alakulása hagyományos és bakhátas kezelések esetén (Józsefmajor, 2005.11.08.)

*Table 18. Trends in agronomical texture at conventional and ridge tillage methods (Józsefmajor, 08.11.2005.)*

<b>2005.11.08.</b>			
Frakció	hagyományos művelés	bakhátas művelés	SZD <sub>5</sub> %
rög	39,33	25,35	nsz
morzsa	56,07	69,97	10,13
por	4,6	4,68	nsz

## 9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki **Dr. Birkás Márta** témavezetőmnek, aki munkám során mindvégig támogatott, szakmai tanácsaival látott el.

A **Növénytermesztési Intézetnek**, külön kiemelten a **Földműveléstani Tanszék dolgozóinak**, akik segítségével nem tudtam volna munkámat végezni.

**Opponenseimnek**, akik tanácsaikkal hozzájárultak a dolgozat színvonalasabbá tételéhez.

Valamint szüleimnek és férjemnek a biztatásért és segítőkészségért.

A kutatások az alábbi kutatási programok támogatásával valósulhattak meg:

- A talajminőség javítás és fenntartás talajhasználati alapjai (OTKA 49.049)
- Felkészülés a klímaváltozásra: Környezet-Kockázat-Társadalom (KLIMAKKT- NKFP 6/079/2005)
- Klíma védelmet szolgáló növénytermesztési technológiák (OMFB-00973/2005)