



DEBRECENI EGYETEM
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
TALAJTANI TANSZÉK

NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI
TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori iskola vezetője:

Dr. Győri Zoltán
MTA doktora

Témavezető:

Dr. Helmeczi Balázs
MTA doktora

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

**BIOLÓGIAI AKTIVITÁS VÁLTOZÁSA INTEGRÁLT
ALMAÜLTETVÉNY TALAJÁBAN**

Készítette:

Varga Csaba

DEBRECEN
2004

**BIOLÓGIAI AKTIVITÁS VÁLTOZÁSA INTEGRÁLT ALMAÜLTETVÉNY
TALAJÁBAN**

*Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a Növénytermesztési és kertészeti Tudományok tudományágban*

Írta: Varga Csaba doktorjelölt

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tud. Fokozat
Elnök:	Dr. Kátai János	
Tagok:	Dr. Sárvári Mihály	
	Dr. Fülekgy György	

A doktori szigorlat időpontja: 2002. november 5.

Az értekezés bírálói:

Név	Tud. fokozat	Aláírás
		
		
		

A bíráló bizottság:

	Név	Tud. fokozat	Aláírás
Elnök:			
Titkár:			
Tagok:			
			
			
			
			
			
			

Az értekezés védésének időpontja: 2004.....

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Karán a Növénytermesztési és kertészeti tudományok Doktori Iskola keretében készítettem a Debreceni Egyetem ATC MTK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2004.....

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Varga Csaba doktorjelölt 1999 – 2002 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal – irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom – javasoljuk.

Debrecen, 2004.

.....
a témavezető aláírása

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. habil. Kátai János tanszékvezető egyetemi tanárnak, a vizsgálathoz szükséges tanszéki feltételek biztosításáért, Dr. Bubán Tamás professzor úrnak a vizsgálati lehetőségek biztosításáért, Dr. Helmeczi Balázs professzor úrnak a téma vezetéséért, szakmai tanácsaiért, a dolgozat megírásához nyújtott támogatásáért, Dr. Győri Zoltán professzor úrnak a talajkémiai vizsgálatok elvégzésében nyújtott segítségéért.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1. A talajtakarás módjai, szerepük és a felhasználható talajtakaró anyagok	6
2.2. A cellulóz kémiai tulajdonságai, felépítése és lebomlása a talajban	9
2.3. A cellulózbontás ökológiai feltételei	11
2.4. A talaj biológiai aktivitása	16
2.4.1. A talaj szén-dioxid termelése	16
2.4.2. A talajenzimek és aktivitásuk	18
2.4.2.1. A foszfatáz enzim szerepe és az aktivitását befolyásoló tényezők	19
2.4.2.2. A szacharáz (invertáz) enzim szerepe és az aktivitását befolyásoló tényezők	21
2.4.2.3. Az ureáz enzim szerepe és az aktivitását befolyásoló tényezők	22
2.4.2.4. A kataláz enzim szerepe és az aktivitását befolyásoló tényezők	25
2.4.2.5. A dehidrogenáz enzim szerepe és az aktivitását befolyásoló tényezők	25
2.4.3. A talajmikróbák számát és aktivitását befolyásoló tényezők	27
2.5. Áttekintés a talaj mikrobiológiai vizsgálati módszereiről	28
2.5.1. A cellulózbontó aktivitás vizsgálata laboratóriumi (irányított) körülmények között	30
2.5.2. A cellulózbontó aktivitás vizsgálata szabadföldi (természetes) körülmények között	31
2.5.3. A talaj mikróbaszámának meghatározási módszerei	32
2.5.4. A talajban termelődött szén-dioxid mennyiségi mérésének módszerei	34
2.5.5. A talaj enzimaktivitásának mérési módszerei	34
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	36
3.1. A kísérleti hely jellemzése	36
3.2. Az alkalmazott kezelések, valamint a mintavételek időpontja	37
3.2.1. A négy vizsgálati év során alkalmazott kezelések	37
3.2.2. A talajmintavételek időpontjai a vizsgálati évek szerint	38
3.3. A mikrobiológiai vizsgálatok módszerei	38
3.3.1. A cellulózbontás aktivitás vizsgálata szabadföldi (természetes) körülmények között	39
3.3.2. A cellulózbontás aktivitás vizsgálata laboratóriumi (mesterséges) körülmények között	42

3.3.3. A talaj szén-dioxid termelésének meghatározása	42
3.3.4. A talajenzimek aktivitásának vizsgálata	42
3.3.5. A különböző fiziológiai csoportba tartozó baktériumok kvantitatív meghatározása	43
3.4. A mikrobiológiai szempontból fontos néhány talajtani paraméter vizsgálata	43
3.5. A kapott eredmények statisztikai értékelésének módszerei	43
4. A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE	45
4.1. A kísérleti terület talajának vizsgálati eredményei	45
4.2. A kísérleti terület nedvességtartalmának vizsgálati eredményei	47
4.3. A mikrobiológiai vizsgálatok eredményei	51
4.3.1. Szabadföldi (természetes) viszonyok között végzett cellulózbontó aktivitás vizsgálati eredményei	51
4.3.2. Laboratóriumi (mesterséges) körülmények között végzett cellulózbontóaktivitás vizsgálati eredményei	58
4.3.3. A talaj laboratóriumi körülmények között mért szén-dioxid termelésének vizsgálati eredményei	61
4.3.4. A talaj enzimaktivitásának vizsgálati eredményei	66
4.3.5. Különböző fiziológiai csoportba tartozó mikroorganizmusok kvantitatívmeghatározásának eredményei	73
4.3.6. A mikrobiológiai vizsgálatok eredményeinek rövid összegzése	82
4.4. A gyümölcsfák növekedése és termőrézsképződése a facsíktakarási kezeléseken területén	84
5. KÖVETKEZTETÉSEK	85
6. ÖSSZEFOGLALÁS	87
7. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	91
8. IRODALOMJEGYZÉK	93

1. BEVEZETÉS (Témafelvetés, indoklás, célkitűzés)

Az ellenőrzött környezetkímélő (integrált) termesztéssel foglalkozó konferencián (Lengyelország, 1995) vált ismertté, – írja BUBÁN – hogy Nyugat-Európában integrált termesztést folytatnak az alma és körtetermesztéssel hasznosított terület 42 %-án (mintegy 250 000 hektáron) és ez 40 %-kal több mint 1991-ben volt (szerk. INÁNTSY, 2001).

Az integrált gyümölcsstermesztésben alkalmazott talajtakarás (mulcsozás) régen ismert (már a herbicidek megjelenése előtt is elterjedt) talajművelési eljárás, de a módszer előnyös hatásai nálunk még nem eléggé ismertek, így alkalmazásuk is korlátozott. A fiatal gyümölcsösökben a talajtakarásnak fontos szerepe van főleg a talaj vízkészletének megőrzésében és a herbicidhasználat nélküli gyommentesség biztosításában. Így a gyümölcsfasorok gyommentesen tartására egyre gyakrabban használják (a hagyományos mechanikai vagy herbicides eljárás helyett) a fóliás vagy egyéb anyagokkal történő (istállótrágya, szalma, kéregzúzalék, stb.) talajtakarási módszereket.

Hazánkban a facsík takarása ismét előtérbe került, mint a vegyszerhasználatot mérséklő, ezáltal az integrált termesztés követelményeinek is eleget tevő, környezetet kímélő megoldás, jelentősebb elterjedése azonban csak az utóbbi években indult meg. Az eljárásnak talajvédő (kiszáradás, erózió, defláció, stb.) tulajdonságán kívül, a kedvező mikroklimatikus viszonyok alakításában játszott szerepe is jól ismert (EASSON és REARNEHOUGH, 2003; OSSOM et al., 2003.)

A takarásra felhasznált anyagok lehetnek növényi-, állati-, és ipari eredetűek, illetve különböző melléktermékek, amelyek közül a célnak megfelelően választják ki a takarásra használt anyag minőségét és a takarás módját. Az is ismert, hogy a növénytakaró a talaj fizikai és kémiai sajátosságai, valamint mikroszervezetei között több irányú kölcsönhatás áll fenn (KÁTAI, 1992). Ezekben az interakciókban a talaj sajátosságainak meghatározó szerepe van a termesztett növényekre és az ott tevékenykedő mikroorganizmusokra. Ezek többsége közvetlenül vagy közvetve a növényi maradványokból jut energiaforráshoz, amelyek elbomlásának mértéke szoros összefüggést mutat a talajban lejátszódó biológiai folyamatok intenzitásával; ide tartoznak a biokémiai aktivitás értékei, a mikroorganizmusok fiziológiai csoportjainak összetétele és biomasszáik tömege, stb.

A fentiekből következik, hogy a talajba helyezett szervesanyag próbák alkalmasak a biológiai folyamatok regisztrálására. Különösen megfelelőek ilyen célra a jól definiált

homogén összetételű anyagfrakciók, mint például a cellulóz, ami azért is nagyon jelentős, mert a Földünkön előforduló leggyakoribb szerves anyag, és a keletkező növényi maradványoknak több mint 50%-át ez alkotja. Így a talajban végbemenő anyagtranszformációkban alapvető szerepet játszó szaprofita mikrobák legáltalánosabb energiaforrása. Ebből is következik, hogy talajtakarásos (herbicidtakarékos) kísérletekhez kapcsolódó - a célkitűzésnél ismertetett - vizsgálatainknál mind természetes (szabadföldi), mind mesterséges (laboratóriumi) viszonyok között a hatás tanulmányozására éppen a cellulózt választottuk.

A talajtakarás növényvédelmi vonatkozását sokan (pl: YOU és SIVASITHAMPARAM, 1995), azonban a talaj életére, a talaj mikroorganizmusaira gyakorolt hatását mindeddig kevesen vizsgálták. Ilyen adatokkal szinte csak BUBÁN és szerzőtársai (1996/a, 1996/b), illetve HELMECZI et al. (1997) közleményeiben találkozunk. Ezirányú próbálkozásainkat elsősorban ez a körülmény indokolta.

A talajok biológiai aktivitásának mérésére az egyes kutatók különböző módszereket tartanak alkalmasnak. JAKAB (1991) a cellulózbontó aktivitást és a mikrobaszámot, GAWRONSKA et al. (1991) a talajban termelődött CO₂ mennyiségének mérését használta a biológiai aktivitás mérésére. Ez utóbbi módszert már FEHÉR (1954) sikerrel alkalmazta sivatagi körülmények között is. MELISZEWSKA (1969) a fentiek mellett a fehérjebontás mértékét is alkalmasnak ítélte a talaj termékenységének mérésére.

A talajban az állatok, a növények, főleg pedig a mikroorganizmusok által termelt enzimek vizsgálatának (az ún. „talajenzimológia”-nak) kezdete az elmúlt század első éveibe nyúlik vissza. Teljes kibontakozásnak azonban csak az 1950-es években, HOFMANN (1955) és követőinek tevékenységével indult, akik újabb és újabb kísérletet tettek arra, hogy a talajtermékenység és ezen paraméter szoros összefüggését igazolják. Elmondható ugyan, hogy a talajenzimológia számos adattal járult hozzá a talajbiológiai ismeretek gyarapításához, de mihamar kiderült (SZABÓ, 1955), hogy módszerei nem alkalmasak a talaj termékenységének jellemzésére. Ennek ellenére az elmúlt néhány évtizedben végzett vizsgálatok eredményeként a talajból kimutatott enzimek száma legalább megduplázódott, de szerepük, illetve jelentőségük a talaj termékenységének megítélésében továbbra is erősen vitatott (MELISZEWSKA, 1969; HE et al., 1991; WACHENDORF et al., 1992).

Vizsgálatainkat mi sem azzal a céllal végeztük, hogy annak alapján a talaj termékenységét értékeljük, csupán tájékozódni kívántunk arról, hogy ilyen feltételek mellett (számos egyéb

paraméterrel együtt) hogyan változik a talajban előforduló néhány (fontosabbak közé tartozó) enzim aktivitása. Úgy véljük, hogy az általunk vizsgált egyéb paraméterekkel együtt (összes baktériumszám, összes gombaszám, néhány fiziológiai csoportba tartozó baktériumok száma, CO₂ produkció, cellulózbontó intenzitás, stb.) az enzimaktivitás mértéke is fontos mutatója lehet a talajtakarás talajéletteni hatásának megítélésében.

A dolgozatomban szereplő vizsgálataink célkitűzése röviden a következőkben foglalható össze:

- 1) Különböző talajtakaró anyagok hatására hogyan változik
 - a) mikrobák cellulózbontó aktivitása természetes (szabadföldi) és mesterséges (laboratóriumi) körülmények között,
 - b) a különböző fiziológiai csoportba tartozó baktérium- illetve összes baktériumszám és mikoszkopikus gombák száma,
 - c) a szén-dioxid termelés mennyisége,
 - d) a fontosabb talajenzimek aktivitása,
 - f) a gyümölcsfák fejlődése, növekedése.
- 2) Összefüggések keresése a fenti paraméterek között.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A témával kapcsolatos hazai és nemzetközi szakirodalomban megjelent munkákról - illetve azok egy részéről - a következő öt kérdés köré csoportosítva adunk rövid tájékoztatást.

2.1. A talajtakarás módjai, szerepük és a felhasználható talajtakaró anyagok

A minimális talajművelés igényeit leginkább kielégítő, herbicidtakarékos művelési mód a talajtakarás. Költségkímélés szempontjából a gyümölcsösben a talajnak nem az egész felületét, hanem annak csak egy részét, a facsíkokat vagy a gyümölcsfák törzskörüli részét takarják.

Fiatal ültetvényekben a facsíkok takarása különösen fontos, mert nagy szerepe van a talaj vízkészletének megőrzésében (JEVTIC, 1997; TIAN et al., 1997) és a herbicidhasználat nélküli gyommentesség biztosításában (JAISWAL, 1995; SZWEDO és MASZCZYK, 2001). A fóliával takart talaj felső 0-10 centiméteres rétegében 9-12, míg 10-50 cm-es horizontjában 2-3 %-kal volt magasabb a nedvességtartalom, mint a takaratlan talajában (PUSZTAI, 1963). A faszorok gyommentesen tartására mindinkább figyelembe veszik - a hagyományos mechanikai vagy a herbicides eljárások helyett - a fóliás és egyéb anyagokkal történő talajtakarás lehetőségeit. Manapság ez is az egyik fontos jellemzője az integrált gyümölcstermesztésnek. A facsíkok takarására rendkívül sokféle anyag felhasználható. Ezek lehetnek; természetes vagy mesterséges anyagok, helyben megtermelhetők vagy idegenből hozottak (PAPP és TAMÁSI, 1979). A helyben megtermelt szerves takaróanyagok közé tartoznak a zöldtrágyanövények, a mesterségesen telepített fűfélék és a természetes gyomvegetáció, idegenből hozott lehet a szalma, a tőzeg, a fűrészpor, papír, fakéreg stb.

JALOTA és PRIMAR (1991) szerint a mulcs használata elsősorban a párolgás csökkentése szempontjából jelentős. CALKINS és SWANSON (1998) takaratlan talajban csökkent vízelnyelést és aggregátum képződést tapasztalt. PINAMONTI (1998) a talajtakarásnak a talaj szerkezetére gyakorolt kedvező hatásai közül a víztartó képesség és a porozitás növekedését emeli ki. Az élő mulcs alkalmazásakor a facsíkban- egész éven át, vagy időszakosan fűfélék, pillangósvirágú, vagy egyéb növények, esetleg természetes növénytakaró van. ENGEL (1988) szerint a sorközökben alkalmazva a pillangósok gyomelnyomó hatása is érvényesül. A természetes növényzet őszi és téli jelentléte a facsíkokban számos előnnyel jár; mérsékeltebb a tápelemek és a különböző vegyszerek lemosódása, kisebb az esetleges erózió (MÓNUS, 1999) és defláció, kevésbé károsodik. Ugyanakkor figyelembe kell venni az élő mulcs víz-, és tápanyag fogyasztását (CSELŐTEI et al., 1993).

A lehullott lomb és az avar is jó takaró, de aprítani szükséges, mivel levegőtlen réteget képez a talaj felszínén és bomlása is hosszabb. A gyümölcsfák, az akác-, a vadgesztenye-, a dió- és a bodzalevel lúgos, a platán -, a tölgy- és a cseresznyelomb savas kémhatású (ÁCS, 1994).

TAMÁSI (1990) szerint a széna (levágott gye) az egyik legérzékenyebb takaróanyag, mivel vastag rétegben leterített nyers fű könnyen penészedik. Ezért fonnyasztott vagy szárított formában használják.

A szalma takaróanyag hatását BOROS, 1963 (cit. PAPP és TAMÁSI, 1979), éveken keresztül vizsgálta és megállapította, hogy a fák hajtásnövekedése a takaratlan fákkal szemben mintegy 15-20%-kal volt intenzívebb és rendkívül erőteljes gazdagon elágazó gyökérrendszer fejlődött. STRUZINA (1991), a szalma mellett a kukoricában az átlátszó- és feketefóliát is alkalmazta.

NIGGLI, et al. (1985), vizsgálatai szerint a humuszban szegény talajokon a fakéreg és a repceszalma takarás hatására nőtt a talaj humusztartalma. A vízgazdálkodás javulása mellett a takarás hatására bekövetkező humusztartalom növekedésére GUT et al. (1990), is felhívja a figyelmet. Az utóbbi évtizedekben a világon kiterjedten használják a fenyőkéreg zúzalékot. Napjainkban a talajtakarásra felhasználható anyagok körében mind nagyobb teret hódítanak a műanyagfóliák. Ezek ugyan megakadályozzák a gyomosodást és a talajnedvesség elpárolgását, de nem gazdagítják a talaj tápanyagkészletét, és többnyire nem bomlanak le. Ezzel szemben az egyéb szerves anyagok különböző idő alatt lebomlanak, így pótlásukról mindig gondoskodni kell. Így például NIGGLI et al. (1985), szerint a fakéreg négy-öt, a repceszalma kétévenként felújításra szorul. A kísérletek széles köre igazolja, hogy a talajtakarás sokoldalúan hat a talaj szerkezetére és termékenységére, a gyümölcsfák növekedésére, és bizonyos értelemben pótolja a talajművelést is (PAPP és TAMÁSI, 1979). A facsikkezelési eljárások eredményességét befolyásolja a kezelt facsík szélessége (HARTINGSVELDT, 1992) és a gyommentesítés időzítése (GUT et al., 1995). NIGGLI et al. (1990), szerint az általuk vizsgált takaróanyagok közül jó gyomelnyomónak bizonyult a fenyőkéreg, a tölgykéreg és a repceszalma, míg a kéregkomposzt, a hulladékkomposzt és az almahéj csak kis mértékben gátolta a gyomokat. GAJRIJAN (1992) szerint a talajtakarás következtében a talajban a N-felhalmozódása és a cellulózbontás felgyorsult. Fóliával takart talajban ARORA et al.

(1998) magasabb nitrát-, és ammónium-nitrogén, JIMENEZ DIAZ et al. (1997) magasabb N és P tartalmat mért. SHARMA et al. (1998) szerint a fekete fóliával takart talajban javul a P felhasználás hatékonysága. PFAMMATTER et al. (1997) almaültetvény fenyőkéreg zúzalékkal fedett talajában magasabb állandó N mineralizációs szintet figyelt meg.

DARBELLAY (1997) almaültetvény fenyőkéreg zúzalékkal takart parcelláiban 20-79%-kal intenzívebb törzsfejlődést és 23-89%-kal nagyobb termést mért, mint a takaratlan kontroll parcellában. A fekete fóliával takart parcellákban az almafák törzsfejlődése 8-12%-kal, termése 3-64%-kal volt magasabb a kontrolltól. Sőt vizsgálatai szerint csökkent az alternancia is. Hazai vonatkozásban PETHŐ és TÓTH vizsgálati eredményei nagy (4900 fa/ha) állománysűrűségű, szalmával takart fiatal ültetvényekből származnak. Szerintük a takart területen álló hároméves fák tengelyén több volt a korona felületét növelő hosszúhajtás, az oldalhajtásokon 24%-kal nagyobb volt a dárdák és a termőnyársak mennyisége. BUBÁN et al. (1996/a, 1996/b) kísérletében a szalmával, istállótrágyával, fenyőkéreg zúzalékkal és feketefóliával végzett talajtakarásnál az összes hajtásnövekedés (cm/hajtás) 6-22%-kal, az átlagos hajtáshosszúság 12-22%-kal volt több mint a kapával gyommentesített facsíkokban.

A talajtakarásnak a termés növekedésére gyakorolt kedvező hatását nemcsak gyümölcsültetvényekben, hanem gyapotban (SONG et al., 1994), búzában (RAHMAT ULIAH et al., 1998), burgonyában (JEVTIC, 1997), napraforgóban (SEKHON et al., 1997), és kabakosokban (IBARRA-JIMENEZ et al., 1997; LEE et al., 1998) stb. is megfigyelték.

Ugyanakkor WEU et al. (1997) azt is megfigyelte, hogy a hagyományos fólia alatt megnövekedett CO₂ koncentrációból eredően a termés alacsonyabb volt, mint a perforált fólia alatt. Ez utóbbi takaróanyag javította a talaj levegőzöttségét, felgyorsította a levél fotoszintézisét, és a gyökerek tápanyagfelvevő kapacitását.

A műanyag fóliáknak a termés minőségére gyakorolt hatását vizsgálva BRANDENBERGER et al. (1997) azt tapasztalta, hogy a dinnyék átlagos mérete növekedett. LIU et al. (1997) a jobb minőségű dohánylevelek számának növekedését figyelte meg fóliatakarás hatására. PFAMMATTER et al. (1997) adatai szerint fenyőkéreg zúzalékkal való takarás hatására nőtt az almatermés nagysága és az almák

mérete, de csökkent az első osztályú gyümölcsök aránya. DARBELLAY (1997) fenyőkéreg zúzalékkal takart almásban a gyümölcsök gyengébb szineződését figyelte meg.

Összefoglalásként - az irodalmi adatok további felsorolása nélkül is - megállapítható:

- A talajtakarásos (herbicidtakarékos) facsíkkezelés kedvezően befolyásolja a talaj tulajdonságait, termékenységét, a termesztett növény növekedését, fejlődését.
- A talajtakarás mikroorganizmusokra gyakorolt hatásával kapcsolatban rendkívül kevés irodalmi adattal találkozunk.
- Már ez maga is egyértelműen igazolja a témával összefüggő mikrobiológiai vizsgálatok szükségességét, témaválasztásunk indokoltságát.

2.2. A cellulóz kémiai tulajdonságai, felépítése és lebomlása a talajban

A natív cellulóz nem egyszerűen glükózanhidrid-lánc, hanem szupramolekuláris struktúrákká rendeződött polimer, amely a sejtekben és szövetekben nem cellulózszerű mátrixba épül be és gyakran lignin veszi körül. A biológiai eredetű cellulóz rostok kialakulásánál a folyamatoknak három szakaszát különböztetjük meg (SZABÓ, 1989):

- a cellulóz-mikrofibrillumok bioszintézise,
- a mikrofibrillumok csoportjainak sajátos térbeli orientálódása, aggregálódása, szabályos alakzatok létrejötte,
- az aggregátumok további elrendeződése a sejtekben vagy sejtcsoportokban.

A cellulóz ELŐDI (1983) szerint, a bioszféra szerves anyagainak csaknem a felét kitevő mennyisége, a növényi sejtfaalak szilárdító alapanyaga. Ez egyben a legegyszerűbb szerkezeti felépítésű poliszacharid: D-glükózegységekből, béta (1,4) - kötésekkel alakul ki, a legalacsonyabb energiaszintet képviseli, és elágazást nem tartalmaz. Részleges savas hidrolízis vagy cellulázzal történő enzimatis bontás útján a cellulózból két glükóz egységet tartalmazó cellobióz keletkezik.

A cellulóz magas polimerizációs fokú, béta-1,4-kötésű D-glükózmaradékok lánc. A facellulóz esetében a polimerizációban résztvevő egységek számát 8000-10000-re becsülik (SZABÓ, 1989). A natív cellulóz meghatározatlan hosszúságú, részben

kristályos mikrofibrillumok aggregátuma. A cellulózrostok ligninesedett szövetekben fordulnak elő, ahol mechanikai támasztékkul szolgálnak.

A cellulóz kémiai változás nélkül nem oldható fel, ami vizsgálata során sok problémát okozott. Molekulatömege 50000 és 500000 között változhat, ami 300-3000 glükózegységnek felel meg (ELŐDI, 1983).

A mikroorganizmusok pozitív szerepe és jelentősége a cellulózbontás terén elsősorban abból a tényből adódik, hogy a fotoszintetizálók hatására a Földön évente a szén-dioxid 3×10^{10} tonna szerves anyaggá transzformálódik, amelynek szénkészletét a körforgalomba a cellulózbontók vezetik vissza (SZABÓ, 1989).

Az autotróf táplálkozást folytató zöld növények rendeltetése, hogy a Nap sugárzó energiájának segítségével a szervetlen anyagokból (szén-dioxid, víz) szerves szénvegyületeket hozzanak létre (producensek). A talajlakó, heterotróf mikroorganizmusok feladata az elhalt szerves anyagok lebontása, egyszerűbb szervetlen vegyületekké alakítása, a mineralizáció (reducensek, dekomponálók). A szárazföldi ökoszisztémák anyagáramlásának mineralizációs szakasza a talajban zajlik a talaj élővilága, főleg pedig a mikróbák révén (KOVÁCS, 1977).

A felépítő és lebontó folyamatok lényegében a szén körforgalmában valósulnak meg. Ennek során a talajban képződő szén-dioxid legnagyobb mennyisége a cellulózból termelődik. A cellulóz elbomlásának folyamata HESS (1979), nyomán a következő egyszerűsített formában jellemezhető:

CELLULÓZ-----> CELLOBIÓZ-----> GLÜKÓZ

celluláz

cellobiáz

A cellulózt cellobiózra bontó celluláz csak egysejtűekben, gombákban, csigákban termelődik, a többi élőlény a cellulózt nem képes felhasználni (ELŐDI, 1983).

A celluláz és cellobiáz enzimet a cellulózbontó mikroorganizmusok termelik. A bontás aerob és anaerob körülmények között mehet végbe baktériumok, sugárgombák és talajlakó gombák segítségével (HELMECZI, 1994). A két folyamat lényegében csak a lebontás utolsó szakaszában, a glükóz végső beépítési lépcsőjének kialakulásában különbözik egymástól. Az aerob folyamatoknál a glükóz szén-dioxidra és vízre bomlik,

míg az anaerob lebontásnál végtermékként metán és hidrogén, illetve szerves savak és alkoholok mellett egyéb szerves anyagok is keletkeznek.

A cellulóz mineralizációjának teljes biológiai körfolyamatát FEHÉR (1954), mutatja be. Ismerteti a talajban elterjedt aerob és a kevésbé gyakori anaerob bomlási folyamatot és a keletkezett termékeket.

2.3. A cellulózbontás ökológiai feltételei

A cellulózbontás változó környezeti feltételek mellett folyik. A mikroorganizmusok tevékenységét meghatározó ökológiai és az emberi tevékenység által irányított feltételek az alábbiak szerint foglalhatók össze:

- a) Talaj-talajlakó mikroszervezetek, genetikai típus, ásványi anyagok mennyisége, tápanyagtőke, humusztartalom, nedvességtartalom, levegőzöttség, stb.
- b) Éghajlat-hőmérséklet, csapadék, stb.
- c) Agrotechnika-trágyázás, talajművelés, növényvédelem, öntözés, termesztett növény
- d) Melioráció-vízrendezés, talajjavítás, talajvédelem.

A mikroorganizmusok elsősorban optimális nedvességet igényelnek a cellulóztartalmú anyagok bontásához. A Basidiomycetes-hez tartozó gombák a nedvesség viszonylag szűk skáláján aktívak. A baktériumok, az Ascomycetes és a Fungi Imperfecti tagjai a nedvesség és hőmérséklet szélesebb intervallumain belül tevékenykednek, továbbá cellulózt olyan körülmények között is bontanak, melyet a basidiomiceták már nem tolerálnak (SZABÓ, 1989). A cellulózbontó baktériumok a $VK_{max}=60-70$ %-os értékénél a legaktívabbak (MISHUSTIN, 1972), ez alatt a sugárgombák kerülnek előtérbe (IMSENYECKIJ, 1950). A cellulózt bontó gombák szaporodása a $VK_{max}=30-40$ %-os értéknél a legintenzívebb (NAPLEKOVA, 1974).

A cellulózbontó baktériumok számára a 6,5-7,8 közötti, a gombák és a sugárgombák számára a 6-7 közötti pH tartomány bizonyult optimálisnak (NAPLEKOVA, 1974). Természetesen a cellulózbontó mikroszervezetek működésének pH intervalluma ettől tágabb. A baktériumok 5,5-9, a gombák 4,5-9 pH érték mellett is bontják a cellulózt.

SZEGI (1969) gombáknál pH 9 felett, JENSEN (1931) pedig pH 1,8-2 között is megfigyelt cellulózbontást.

A cellulóz tartalmú szövetek támadására a gombák inkább alkalmasak, mint a baktériumok, mivel hifafonalaikkal azokba mélyen behatolhatnak, így például a bükkfában a *Schizophyllum commune* axiális irányú növekedése akár 0.3 mm/óra sebességet is elérhet (NAVRATILOVA, 1964 cit. SZABÓ, 1989).

A cellulózforrást vizsgálva IBRAHIM et al. (1982) a streptomycesnél csak a gyapotcellulóz esetében figyelt meg bontást. A gombák viszont a szűrőpapírt bontották a legintenzívebben (ABDEL-KADER et al., 1982). Fák cellulózmaradékának bomlási sebességét összehasonlítva a tölgy könnyebben bonthatónak bizonyult a bükknél (CORTEZ, 1998).

Az alapvető szakmunkákon (FEHÉR, 1954; HORVÁTH, 1980) és agrotechnikai forrásanyagokon (NYÍRI, szerk. 1993) kívül több, hazai és külföldi szerző foglalkozik a természetes és mesterséges környezet, s a cellulózbontás kapcsolatával.

A talaj és a klíma, mint „kritikus fizikai kényszerfeltételek” befolyásoló szerepével, elemzésével is több kutató foglalkozott (SZEGI, 1962/b; 1962/c; GAMAL EL DIN, 1974; SZEGI, 1975/a).

A cellulózbontás folyamatát a természetes talajokban számtalan tényező befolyásolja. Úgy látszik, hogy ezek között a hozzáférhető fixált nitrogénnek mindenképpen döntő szerepe van (BHARGAVA, 1972 cit. SZABÓ, 1989; PARK, 1976 cit. SZABÓ, 1989; stb). Ezzel összefüggésben KNOBLAUCH (1987) a jó víz-és tápanyagellátás biztosításának szükségességét hangsúlyozza. Ezt támasztja alá BEYERS et al (1992) megállapítása is, aki szerint a cellulózbontás aktivitása függ a talaj tápanyagellátottságától, N-tartalmától. A cellulózbontó aktivitás egyik indikátora lehet a talaj termékenységének.

A cellulózbontás különböző irányú és mértékű befolyásolása mesterséges ökológiai faktorokkal, agrotechnikai és meliorációs tényezőkkel is lehetséges. Ezen összefüggések kutatását igen kiterjedt irodalom ismerteti (RAWALD, 1968; SZEGI, 1974; 1975/a; 1975/b; HELMECZI és KÁRPÁTINÉ, 1977; HELMECZI, 1979).

A talaj szerves anyagai állandó mozgásban vannak, s mint SZEGI (1974) írja, a mikroorganizmusok tevékenysége folytán szintetizálódnak, s ezzel egyidőben, illetve kölcsönhatásban mineralizálódnak is. A cellulózbontás sebessége bizonyos tekintetben összefüggésbe hozható a talaj termékenységével, minthogy a bontás sebessége növekszik, ha a talaj növényi tápanyagokban gazdagabb (HARGITAI, 1964).

A mikroorganizmusok, növények táplálkozását segítő szerepét - a műtrágyázás széles körű alkalmazásával - az ember vállalta magára. Ennek ellenére állapítja meg SZEGI (1974), hogy a mikroorganizmusoknak továbbra is fontos szerepük van a talajba kerülő növényi tápanyagok további sorsát illetően. Sőt SZEGI (1975/b) szerint a kemizáció és a gépesítés színvonalának emelésével a mikrobák szerepe egyre nagyobb lett.

LIJV és TOOMRE (1977) vizsgálatai szerint a 200kg/ha hatóanyagnál nagyobb N-dózis szelektív hatást gyakorol a talaj mikroflórájára, aminek egyik eredménye a cellulózbontó baktériumok számának és aktivitásának jelentős mértékű csökkenése. Ezzel szemben UNGER (1968) 480 kg/ha nitrogén dózis mellett mérte a legmagasabb cellulózbontó aktivitást. A nitrogén mennyiségén kívül fontos annak formája is. A baktériumok a nitrátot (IMSENYECKIJ, 1950), a gombák az ammóniumot (SZEGI, 1968) részesítik előnyben. Ezzel összefüggésben többen is megállapították (NAPLEKOVA, 1965 cit. SZEGI, 1988; SZEGI, 1968), hogy a baktériumokra az ammónium-szulfát és az ammónium-nitrát gátlólag, a gombákra az ammónium-szulfát serkentőleg hat. Kutatók azt is megállapították, hogy a maximális cellulózbontó aktivitáshoz tartozó szerves és műtrágya dózis egybeesett a maximális terméshez tartozó dózissal (GULYÁS, 1979), de az ugyanezen aktivitáshoz tartozó $AL-P_2O_5$ érték alacsonyabb, mint a a maximális terméshez tartozó (LÁSZTITY et al., 1981).

HELMECZI (1974, 1976, 1978) pozitív összefüggést állapított meg a nagy adagú trágyázás és a talajélet a cellulózbontás intenzitása között. HELMECZI és KÁRPÁTINÉ (1977) mésziszap és NPK műtrágya együttes alkalmazásával szántóföldi kisparcellás kísérletben a cellulózbontó baktériumok számának növekedését állapították meg. A tápelemek egymáshoz viszonyított arányát vizsgálva NOVÁK és PLACEROVA (1998) a magas nitrogén tartalmú erdőtalajban kalcium adagolás hatására növekvő cellulózbontó aktivitást tapasztalt.

MÜLLER (1977. cit. HELMECZI et. al., 1986) vizsgálatai szerint a talajba jutott kémiai anyagok talajbiológiai dinamizmusuk alapján három csoportba (serkentők, gátlók és közömbösek) sorolhatók. Azonban az elkülönítés nem ilyen egyszerű, s e kutatók ezzel kapcsolatos közlései sok esetben meglehetősen ellentmondásosak.

HATTORI (1991) a cellulóz talajban történő lebontását vizsgálva, megállapította, hogy a Cd^{3+} -ion - a koncentrációtól függően - serkenti vagy gátolja a cellulózbontó aktivitást. Nehézfémeket tartalmazó szennyvíziszappal kezelt talajok biomasszája és cellulózbontó aktivitása csak 50%-át érte el a nem szennyezett talajokénak (CHADER és BROOKES, 1991). A talaj sókoncentrációja szintén befolyásolja a cellulózbontók tevékenységét. A baktériumokat már 0,5% NaCl koncentráció is gátolja (NAPLEKOVA, 1969 cit. SZEGI, 1988), de a gombák egyrésze még 17,5%-os sókoncentráció mellett is tevékenykedik, igaz, többségük csak 0,7%-os koncentrációt visel el (SZEGI, 1968/b).

Bolgár kutatók szerint a különböző szerves trágyák (istállótrágya, fahulladék, komposzt) hatására növekedett a cellulózbontás aktivitása. Nem mindegy azonban a szerves trágyaanyagok minősége. POCHON (1958) a 30:1, míg SZEGI (1969) a 25:1 szén:nitrogén arányt tartja a cellulózbontás szempontjából ideálisnak. POKORNA et al. 1970 (cit. SZEGI, 1988) a búzaszalma cellulózbontásra gyakorolt hatását kedvezőnek, a komposztét közömbösnek ítélte. A műtrágya és az istállótrágya alkalmazásának mikróbaszáma, biomasszája és enzimaktivitásra gyakorolt hatását vizsgálva FRASER et al. (1988), KANAZAVA et al. (1988) hasonló - az istállótrágya javára írható - kedvező eredményeket kaptak.

HELMECZI (1965) szerint ahogy nő a herbicidek alkalmazási területe és növekszik az engedélyezett vegyszerek száma, úgy válik egyre meghatározóbb ökológiai faktorrá a talajmikroorganizmusok számára. Ez ma már egyáltalán nem kétséges és jól ismert, hogy a cellulózbontó aktivitás is nagymértékben függ az alkalmazott herbicidektől is.

BLIEV (1973) savanyú és semleges kémhatású talajokon végzett kísérleti eredményei szerint a Dalapon különböző dózisa a cellulózbontó baktériumok számát és a cellulózbontás aktivitását kezdetben (10, 60 nap után) csökkentették, később pedig (90 nap után) növelték. CZULAKOW és ZARASOV (1973) szerint a 2,4-D (0.4kg/ha) nem gyakorol gátló hatást a talaj mikrobiális folyamataira.

Többen is megállapították, hogy a herbicidek alkalmazásakor nemcsak a hasznos mikroorganizmusok száma csökken vagy növekszik a talajban, hanem változik a mikroflóra faji összetétele is (HELMECZI, 1979; KATO, 1980; HELMECZI et al., 1981/a, 1981/b; KAPUR et al., 1981; stb.). A talaj típusától függően a cellulózbontó szervezetek 38-60%-a gomba, 18-28%-a baktérium és 22-35%-a sugárgomba. A baktériumok közül a magas cellulózbontó aktivitással rendelkezők 20-70%-ban, a közepes aktivitásúak 20-50%-ban, a kis aktivitásúak 10-30%-ban vannak jelen (GAMAL el DIN, 1976)

Ma már nagyon sok az olyan közlemények száma, amelyek a különböző herbicidek cellulózbontó mikrobákra, illetve a cellulózbontás aktivitására gyakorolt hatásával foglalkoznak (ACSALIGE et al., 1989; BLIEV 1988; ENCSEVA és RANKOV, 1991; GÁL, 1977; HELMECZI et al., 1986; stb). PÁNTOS et al. 1964 (cit. SZEGI, 1988) vizsgálatai szerint a simazin és az atrazin serkentőleg, gátlólag, vagy egyáltalán nem hatott a cellulózbontó mikroszervezetekre. Amíg TORNSSTENSON et al. (1977) szerint az MCPA és a 2,4-D hatóanyagok gátolták a cellulózbontó mikrobákat, addig SZEGI (1972) és VOINOVA et al. (1983) azt az eredményt kapták, hogy a gyakorlatban alkalmazott dózisok mellett a gyomirtó szerek nem vagy csak kis mértékű serkentő hatással voltak a cellulózbontó mikroorganizmusokra.

2.4. A talaj biológiai aktivitása

A talaj biológiai aktivitását – mint azt már a bevezetőben említettük – különböző paraméterek és módszerekkel vizsgálták a szakírók (pl.: MALISZEWSKA, 1969; BACKES, 2001; stb.). Éppen ezért döntöttünk úgy, hogy több paraméter együttes vizsgálatával foglalkozunk, melybe beletartozik a szén-dioxid termelés, az enzim aktivitás, az összcsíraszám, a gombaszám, és néhány fiziológiai csoportba tartozó baktériumfaj mennyiségi meghatározása.

2.4.1. A talajok szén-dioxid termelése

A talajban folyamatosan megfigyelhető az oxigén elnyelés és a szén-dioxid termelés, mely utóbbi dinamikus egyensúlyt tart fent a levegő és a tenger szén-dioxid tartalmával.

A talajlevegő szén-dioxid tartalma lényegesen - akár 150-300-szor (GLINSKI és STEPNIIEWSKI, 1985; NOBEL és PALTA, 1989) is - nagyobb mint a légköri levegőé. Bár a szén-dioxid jelenléte szükséges a baktériumok és gombák kezdeti növekedéséhez (MOAT és FOSTER, 1988) ilyen nagy koncentrációban a növények növekedését, - a N, P, K, Ca, Mg és víz felvételének gátlásán keresztül - korlátozza (JONES és GREENFIELD, 1982), ezáltal szelektál a fajok között. Jó példa erre, hogy a *Staphylococcus*ok 10%, a *Brucella abortus* 5-10 % CO₂-ot igényelnek a tenyésztés során az atmoszférában (SZABÓ, 1989). Ugyanakkor a talaj biológiai önszabályozó rendszere következtében a megemelkedett CO₂ koncentráció a talajlégzés csökkenéséhez vezet (NAKADAI et al., 1993). A talajban képződő biológiai eredetű CO₂ mennyiségének kétharmada mikrobiális eredetű, egyharmada pedig a növények gyökérlégzéséből származik (LUNDEGARDTH, 1923-24), és képződése dinamikusan változó. Ehhez járul még a növénytermesztés (SCHLESINGER, 1997), valamint a szerves vegyületek kémiai bomlása során keletkező mennyiség, mely folyamat a többi végtermékhez képest termodinamikailag kedvezményezett (PAPP és KÜMMEL, 1992). A CO₂ talajbeli szerepe kettős. Egyrészt a talaj nedvességtartalmával szénsavvá egyesülve elősegíti a kémiai mállást, másrészt szénforrásul szolgál az autotróf és heterotróf szervezetek CO₂ megkötő folyamataihoz. Ez utóbbi funkció fontosságát mutatja, hogy az anaerob kemolitotróf autotrófok, az obligát aerob kemolitotróf autotrófok és az obligát aerob fototrófok számára a szén-dioxid az egyedüli szóba jöhető szénforrás (SZABÓ, 1989). Ezt a szénforrást a talajlakó szénautotrófok a Calvin ciklusban, a fordított citrátkörben, a heterotrófok a piroszőlősavban vagy a foszfo-enol-piruvát-ban kötik meg (SZABÓ, 1986).

A CO₂ produkció mértéke függ a talaj hőmérsékletétől (ZISKA, 1998), a talajtípustól (KÁTAI et al., 2001), a nedvességtartalomtól (DAVIDSON et al., 2000; SAVAGE és DAVIDSON, 2001; 2003; PIAO et al., 2000), a növényzettől, az elhalt növényi maradványoktól, a mikroorganizmusok mennyiségétől, a talajszinttől (PÁNTOS-DERIMOVA, 1983), a kemikáliáktól és a mintavétel időpontjától (ZELLES et al, 1984). BOUMA-BRYLA (2000) a finomabb textúrájú, OUYANG és ZHUNG (2000), CONANT et al (2000) és ONDRASEK et al. (2000/a) a magasabb nedvességtartalmú, KLEBANOVICH és MOROZ (1998) a kevésbé lúgos talajokban mértek nagyobb CO₂ termelést. Nem elhanyagolható a természetes növénytakaró CO₂ produkciót módosító

szerepe sem. ARUNACHALAM et al (1999) és CHEN et al (2000) gyepek alatt, THUILLE et al (2000) szántóföldben magasabb CO₂ termelést mért, mint az erdő talajában. TIQUIA et al (2002) a mulcsozást előnyösnek találta a CO₂ termelés szempontjából. Szántóföldön az intenzív, forgatásos művelés növelte a CO₂ termelést (DEXTER et al., 2000), az erdőterületek közül viszont, az érintetlen területek talajában több CO₂ termelődött, mint a bolygatott vagy felégetett erdők talajában (ARUNACHALAM et al., 1999; SAWAMOTO et al., 2000). A gyepterületek CO₂ termelése ONDRASEK et al. (2000/b) kísérletében a fűhözammal párhuzamosan nőtt. A legelő használatával kapcsolatos vizsgálatok során LECAIN et al. (2000) nem tapasztalt változást CO₂ termelésben a legeltetés intenzitásának hatására.

A termesztéstechnológiai elem közül a kutatók elsősorban a vetésváltás és a tápanyagutánpótlás CO₂ termelésre gyakorolt hatását vizsgálták. A vizsgálatok során a talajlélegzésből származó CO₂ mennyiségét az istállótrágyázás (MÜLLER, 1991), a műtrágyázás (KÁTAI, 1992; 1997/b; 2000), a monokultúrás termesztés, a meszezés (KÁTAI, 1992; 1997/a;) növeli. Ezzel szemben a műtrágyázás melletti meszezés (KÁTAI, 2000), monokultúrában a műtrágyázás (KÁTAI, 1999; KÁTAI és HELMECZI, 1995), valamint az öntözés (KÁTAI, 1992) csökkentheti. Több tápelem hatásának együttes vizsgálatakor a kiegészítő meszezés a műtrágyák kedvező hatását növelte, az istállótrágyáét csökkentette (KÁTAI, 1997/b). A különböző trágyadózisok és tápelem arányok szintén eltérően befolyásolták a talaj szén-dioxid termelését. Leginkább a közepes és nagy műtrágyaadagok növelték a szén-dioxid termelést, bár ezt a növekedést a meszezés megszüntette. Ugyancsak kedvezőtlen hatású a túlzott mértékű N trágyázás (ONDRASEK et al., 2000/b).

A szén-dioxid termelés szezonális ingadozását figyelembe véve (GROGAN és CHAPIN, 1999) a kutatók úgy vélik, hogy a talaj szén-dioxid termelése nyáron és tavasszal (GREEN és OLEKSYSZYN, 2002) éri el csúcspontját és télen mélypontját (OHASHI et al, 2000; RAICH et al., 2002).

2.4.2. A talajenzimek és aktivitásuk

Az enzimek az élő szervezet anyagcseréjét és energiaforgalmát szabályzó biokatalizátorok. Talajenzimek alatt a talajban fellelhető összes enzim mennyiségét, enzimaktivitás alatt pedig ezen enzimek összes aktivitását értjük.

A talajban felhalmozódott enzimek származhatnak a már elhalt, de még intakt sejthez -, vagy sejtfragmenthez kötött, továbbá a gyökerekből, a mikrobákból és a faunából származó extracelluláris enzimekből, valamint a tönkrement sejtek endoenzimeiből. Legnagyobb mennyiségben az oxidoreduktázok (pl.: dehidrogenáz, kataláz, stb.) és a hidrolázok (pl.: foszfatáz, szacharáz, ureáz, stb.) fordulnak elő (SZABÓ, 1986).

Bár a talajenzimológia igen nagy szolgálatot tett a talajok biodinamikájának jobb megítélésében, szerintünk sem helyettesítheti az egyéb talajbiológiai vizsgálatokat. Az ilyen jellegű kísérletek eredményei jelenleg is meglehetősen ellentmondásosak, ami jelzi azt is, hogy azt számos tényező befolyásolja, s így az eredményeket csak teljesen azonos kísérleti feltételek biztosítása mellett lehet összehasonlítani. Így pl. MOLLER (1979) pozitív korrelációt talált az ureáz aktivitása és a talaj pH-ja, szervesanyag bontottságának foka és a C/N aránya között, míg BORIE és FUENTEACBA (1982), REDDY et al. (1996) negatív korrelációt tapasztalt az ureáz aktivitás és a talaj pH-ja között. KOVÁCS (1990) minden ellentmondás ellenére a kataláz aktivitási értéket a talaj biológiai aktivitásának indikátoraként használta. ZHANG et al. (2000) az ureáz, kataláz, celluláz, dehidrogenáz és proteáz enzimeket a talaj szervesanyag tartalmának változása szempontjából fontos tényezőnek tartja. ANGERS et al. (1993) szerint pedig a foszfatáz aktivitás mértéke a forgatás nélküli talajművelésnél magasabb volt, mint a szántásosnál és a vetésforgóban is 15 %-kal volt magasabb, mint monokultúrában.

2.4.2.1. A foszfatáz enzim szerepe és az aktivitását befolyásoló tényezők

A foszfor, a növények felépítő és energiaigényes életfolyamataihoz (pl. fehérjeszintézis) nélkülözhetetlen tápelem. Azonban a talaj összes foszfortartalmának kb. 50 %-a komplexekhez és agyagásványokhoz szervesen kötött nehezen oldható formában van jelen, így a növények számára közvetlenül nem felvehető. A növények számára a talajból közvetlenül felvehető könnyen oldható foszfortartalom növelésében - a jobb tápanyag ellátottság biztosításában - a foszfatáz enzim aktivitásának döntő szerepe van. A rendszer önszabályozása feed back révén valósul meg, melynek során a könnyen oldható

foszfortartalom csökkenése, vagyis a szerves foszfortartalom növekedése, serkenti a foszfatáz aktivitását (KRAMER és ERDEI, 1959/b; GAVRILOVA et al., 1973; 1974). Ezzel szemben a növények által könnyen felvehető szervetlen foszfátok mennyiségének növekedése a talajban, csökkenti a foszfatáz aktivitását (KRAMER és ERDEI, 1959/b). Az enzim szélsőséges környezeti viszonyokhoz való jó alkalmazkodását bizonyítja az, hogy bár hőmérsékleti optimuma szűk (GALSTYAN, 1965), tág hőmérsékleti tartományban is megőrzi működőképességét (BREMNER és ZANTUA, 1975). A hőmérsékleti szélsőségekhez alkalmazkodva alacsony hőmérsékleten a szabad és a gyengén kötött, magas hőmérsékleten az immobilizált forma aktivitása a magasabb (KHAZIEV, 1975). A foszfatáz stabilitására jellemző, hogy 9000 éves kőzetből (SKUJINS és McLAREN, 1967) és 13000 éves üledékből is kimutattak aktív foszfatáz enzimet (RADULESCU és KISS, 1971). Ezt leginkább azzal lehet magyarázni, hogy a foszfatáz összes aktivitásának döntő többsége az üledék és az agyag frakcióból származik (KANDELER et al., 1999).

Az enzim pH optimumát illetően eltérést tapasztalhatunk a savas és a lúgos foszfatáz között. Az előbbi 4-6, az utóbbi 8-10 pH érték mellett éri el a maximális aktivitását (RAMIREZ-MARTINEZ, 1966; PARKS, 1974). Ezzel összefüggésben ARUTYUNYAN és GALSTYAN (1975) azt állapította meg, hogy a lúgos foszfatáz működésének a vízzel telített, a savasnak a vízzel telítetlen talaj kedvez. Ugyancsak változik az aktivitás attól függően, hogy a talajminta milyen mélységből származik (FU et al., 1998). Ezzel kapcsolatban SAMUEL et al. (2000) azt tapasztalta, hogy a mélyebb talajrétegekben alacsonyabb a foszfatáz aktivitása. Az aktivitás mértéke azonban nemcsak a talajmélységtől, hanem az enzim eredetétől is függ (RIDGE és ROVIRA, 1971), ugyanis aktívabb a mikrobák, mint a növények által kiválasztott enzim. Több kutató a talaj tulajdonságai közül a szervesanyag-, (KÁTAI és VERES, 2000; 2001; 2003), a tőzeg-, (GAVRILOVA et al, 1974), az agyag-, (ABDEL-MAKSoud, 1997) és a széntartalmat (DIAZ-MARCOTE et al., 1995) egyértelműen kedvezőnek ítélték a foszfatáz aktivitás szempontjából. Ugyanakkor SPEIR (1984) nem tudott kimutatni korrelációt a szerves-szén tartalom és a foszfatáz aktivitása között.

A talaj foszfatáz aktivitására hatással van a növényborítottság, a termesztett növényfaj, a növény fejlettsége, fenofázisa, a talajművelés mikéntje, a tápanyagutánpótlás mértéke és módja, valamint az öntözés (GAVRILOVA et al., 1973; BECK, 1974). MU (1997) a

növényzettel fedett talajban magasabb aktivitást mért, mint a fedetlenben. Az aktivitási csúcsok, a növény fejlettségéhez igazodóan a vetés utáni 60. és 120. napon jelentkeztek. Sőt a növényfajokat is figyelembe véve, az aktivitásértékek szempontjából a kukoricatarló kedvezőbbnek bizonyult, mint a szójatarló. SRINIVAS et al. (2000) szintén tapasztalt növényfajtól függő aktivitásbeli különbséget, amit azonban a termőhely módosított. Vizsgálatai szerint a foszfatáz aktivitás a tenyésztidőszak elején (vetés utáni 0-45 nap) érte el csúcspontját. CHEN et al (2000) az erdő talajában folyó nagyobb mineralizáció ellenére a gyep talajában mérte a magasabb foszfatáz aktivitást. A növénytakarón kívül az agrotechnika is lényegesen befolyásolja az enzimaktivitást. ANGERS et al. (1993) adatai szerint a foszfatáz aktivitásra a szántásos alapművelés és a monokultúrás termesztés negatív hatással volt. Azonban MU (1997) és SAMUEL et al (2000) a nem művelt vagy minimális művelésben részesített területeken is alacsonyabb aktivitásértékeket mért. Amíg KÁTAI és HELMECZI (1995) a díkultúrás termesztésben tapasztalta a legmagasabb foszfatáz aktivitást, addig SAMUEL et al. (2000) a vetésforgón belüli növényi sorrendet is fontosnak találta az aktivitás szempontjából.

A tápanyag utánpótlásának a foszfatáz aktivitására gyakorolt hatását számos kutató vizsgálta. ZGLIMBEA és MINAILA (1996) szerint a foszfort nem tartalmazó műtrágyák nitrogéntartalmuktól függően növelik a foszfatáz aktivitását. Bár ZGLIMBEA és MINAILA, (1996) foszfortrágyázásnál is tapasztalt aktivitásnövekedést, ha a nitrogén műtrágyázás minimális (kevesebb, mint 50 kg/ha) volt. GARCIA-GIL et al. (2000) és PARHAM et al. (2002) kísérletében a foszfatáz aktivitásra nézve a szerves-trágyák gátlólag, a műtrágyák serkentőleg hatottak. SAMUEL et al (2000) viszont a műtrágyával kiegészített istállótrágya kijuttatását tekinti a legkedvezőbbnek. CLARHOLM és ROSENGRENBRICK (1995) szerint az ammónium-szulfát kijuttatás és az öntözés stimulálja a foszfatáz aktivitást. Gátolja viszont a foszfatáz aktivitást a savanyú talajba adagolt kalcium (HALSTED, 1964), a nátrium-nitrát, a nehézfémek (MIKANOVA et al., 2001). Nem volt viszont gátló hatása a herbicidek alkalmazásának (GIANFREDA et al., 1993), többek között a cukorrépában általánosan alkalmazott metamiton hatóanyagú herbicidnek (GADKARI, 1984) sem. A már említett gátló és serkentő tényezőkön túl érdemes megjegyezni, hogy a különböző évszakokban vizsgálva KISS et al. (1975) nyáron, RAMIREZ-MARTINEZ és McLAREN (1996) április-május hónapban tapasztalt csúcsot a talaj foszfatázaktivitásában, mely szabályos szezonális változást nem mutatott

(DRAGAN-BULARDA et al, 2000). Bár FU et al (1998) kísérletében a talajtakarás növelte a foszfatáz enzim aktivitását almaültetvény talajában, a témával mégis kevés kutató foglalkozik.

2.4.2.2. A szacharáz (invertáz) enzim szerepe és az aktivitását befolyásoló tényezők

A szacharóznak hidrolitikus katalízis során glükózra és fruktózára történő bontását a szacharáz enzim végzi (EC 3.2.12.26.), melynek aktivitása nagyban függ a talajtípustól (GALSZTJAN, 1978), azon belül is elsősorban a pH-tól, a szervesanyag és tápanyagtartalomtól. Az enzim működése szempontjából optimális pH vizsgálatával számos kutató foglalkozott (pl.: FRANKENBERGER és JOHANSON, 1983/b; VAUGHAN és MALCOLM, 1984) és kísérleti eredményeik azt mutatják, hogy a szacharáz optimális pH interalluma 4,2-5,5 között van. A pH optimumra vonatkozó adatok terén azonban nincs teljes egyetértés. Jól példázza ezt az a tény, hogy ABDEL-MAKSOUUD et al. (1997) lúgos, KLEBANOVICH és MOROZ (1998) savas közegben mért magasabb szacharáz aktivitást. A talaj tulajdonságai közül a szerves széntartalom, az összes nitrogéntartalom (FRANKENBERGER és JOHANSON, 1983/a) pozitívan, agyag- és agyagásvány tartalom viszont negatívan (ROSS, 1983) korrelált a szacharáz aktivitással. Ez utóbbi állításnak ellentmondani látszik az, hogy az enzim legnagyobb mennyiségben az üledékekben (KANDELER et al., 1999) és a humuszfrakciókban (NARDI et al., 1999) fordul elő. A technológiai elemek vizsgálata kapcsán TÓTH et al. (1989) és KÁTAI et al. (2002) a szervesstrágyázást, KÁTAI és HELMECZI (1995) a vetésváltást, azon belül is a dikultúrás termesztést, találta kedvező hatásúnak a szacharáz aktivitásra nézve. A növénytakaró faji összetétele (KHAN, 1970; NOWAK, 1964), fejlettségi állapota, illetve maga a talajtakarás ténye szintén kedvezőnek bizonyult (MU, 1997). Hasonlóan más enzimekhez a szacharáz aktivitása is mutat szezonális változást (CORTEZ et al., 1972), melyet a növénytakaró jelentős mértékben képes befolyásolni (CHEN et al., 2000). A mikrobátársulások (STEMMER et al., 1999) és aktivitások vizsgálata alkalmával ABDEL-MAKSOUUD et al. (1997) szoros pozitív korrelációt állapított meg a gombaszám, a szén-dioxidtermelés és a szacharázaktivitás között. Ez utóbbit EBERSBERGER et al. (2000) vizsgálatai is alátámasztják. A gátló anyagok hatásának tanulmányozásakor a TCA, PMA, toluol, karbaril és atrazin hatóanyagokat kedvezőtlennek, a paraquatot és a glifozátot pedig kedvezőnek ítélték a szakírók

(ABDEL-YUSSIF et al., 1976). Ezt megerősítve GIANFREDA et al. (1993) szintén hatóanyagtól és dózistól függő serkentést, vagy gátlást tapasztalt. Hasonlóan néhány peszticidhez a nehézfémeknek a szacharáz aktivitására gyakorolt gátló hatása szintén kimutatható (MAARIT NIEMI et al., 1998).

2.4.2.3. Az ureáz enzim szerepe és az aktivitását befolyásoló tényezők

A karbamidot ammóniára bontó ureáz enzimet a legtöbb mikroorganizmus és a magasabb rendű növények többsége is termeli. Bár eredete bizonytalan, aktivitása elsősorban a mikrobiális eredetű szabadenzim akkumulációnak köszönhető (DHARMAKEERTHI és THENABADU, 1996), melyet a talaj szerves-szervetlen komplexuma stabilizál (CASANOVA és BENAVIDES, 1995). A humuszalkotók és agyagásványok felületén való megkötődés, illetve a humuszképződés során a szerves kolloidokba záródás megakadályozza, hogy a nagyméretű proteázok az ureáz közelébe jussanak és lebontsák azt. Ugyanakkor lehetővé teszi, hogy szubsztrát kerüljön az enzim közelébe, és a reakció lezajlása után az enzimkatalízis terméke eltávozzon.

DKHAR és MISHRA (1983) szerint a talaj nedvességtartalmának és tápanyag ellátottságának van a legnagyobb hatása - a 20-60 cm mélységben legintenzívebben működő (DALAL, 1985) - ureáz aktivitására. SZEGI (1986) szerint a nedvességtartalmon és a tápanyag ellátottságon kívül a hőmérséklet és a szubsztrátkoncentráció is meghatározó jelentőségű. A fenti tényezők szerepét több kutató is vizsgálta. A nedvességtartalom és az ureáz aktivitás között ZANTUA-BREMNER (1977) nem, DALAL (1975/b) negatív BARUAH és MISHRA (1984), KUMAR és WAGEMET (1984), pozitív korrelációt talált. A nedvességtartalommal szorosan összefüggő levegőzöttség, a talaj oxigéntartalma, és az ureáz aktivitása között KISS et al. (1975) nem talált ok-okozati kapcsolatot. A vizsgálati paraméterek bővítésével az összes nitrogéntartalom (BARUAH és MISHRA., 1984; RAO és GHAI, 1985), az agyagtartalom (REDDY et al., 1996), a szervesanyag tartalom (BORIE, 1982; CASANOVA, 1995; EFFRON et al., 2000; GONZALEZ et al., 1984), és az ureáz aktivitás között pozitív korrelációt tapasztaltak, mely mindaddig fennáll, amíg az enzim mennyisége nem lépi túl talajrészecskék védőkapacitását. ZANTUA és BREMNER (1977) a T érték, DALAL (1975/a) a talaj oxalátoldható vas és alumínium tartalma, a talaj hőmérséklete (10 és 70

°C között) és az ureáz aktivitás között talált pozitív összefüggést. SPEIR (1984) vizsgálati eredményeivel szemben SAHRAWAT (1983), RAO és GHAI (1985), BARUAH és MISHRA (1984) és REDDY et al. (1996) a szerves-széntartalom és az ureáz aktivitás között pozitív koorelációt talált. Az optimális szubsztrát koncentrációig a Michaelis-Menten egyenlettel jól leírható (SINGH, 1984) ureáz aktivitás maximális értékét SALAMA et al. (1992) 2,5-4,5%-os karbamid koncentráció között mérte. Az ureáz pH optimumának megítélésében a kutatók véleménye eltérő. PETIT et al. (1976) 6,5-7, MAY-DOUGLAS (1976) 8,8-9 közé teszi azt a pH tartományt, amely az ureáz enzim működéséhez optimális. A véleménykülönbségek valószínűleg az eltérő szubsztrátkoncentráció következményei.

A tél folyamán az aktivitás folyamatosan nőtt (DORMAR et al., 1984), de a legmagasabb ureáz aktivitást LIGETFALUSI (1991) tavasszal és ősszel SAHRAWAT (1984) késő nyáron tapasztalta. MOLLER (1979) szerint a növénytársulás milyensége nem, ARUNACHALOM et al. (1999) szerint viszont befolyásolja az aktivitást.

A termesztéstechnológia hatásának (KLOSE és TABATABAI, 2000; STEMMER et al., 2000) vizsgálata kapcsán FU et al. (1998) a gyepek és zöldtrágya mulcs, BARUAH és MISHRA (1984) a növényborítottság, McNAUGHTON et al. (1997) az intenzív legeltetés ureáz aktivitásra gyakorolt kedvező hatására hívja fel a figyelmet.

REDDY et al., (1996) a homoktartalom, BORIE (1982) a pH növekedése mellett, KÁTAI et al. (2001) a glejes, karbonátos és szikes talajokban mért alacsonyabb ureáz aktivitást. Egyes kutatók szerint a kalcium ion jelenléte hátrányosan (GALSTYAN, 1958), a kalcium-oxid előnyösen (ZANTUA és BREMNER, 1977) hat a talaj ureáz aktivitására. Ehhez kapcsolódva RAO és GHAI (1985) CaCO_3 tartalom növekedésével csökkenő, KUMAR és WAGENET (1984) növekvő ureázaktivitást tapasztalt. A műveletlen talajon (COOKSON és LEPIECE, 1996) és monokultúrák termesztés esetén (KÁTAI és HELMECZI, 1995) szintén alacsonyabb ureáz aktivitásra kell számítani.

A talajerő-gazdálkodás és az ureáz aktivitás kapcsolatának vizsgálatakor ZANTUA és BREMNER (1976, 1977) sem a karbamid kezelések, sem pedig az 500 ppm mennyiségben kijuttatott N, P, K, S esetében nem tapasztalt aktivitásváltozást. ZAMAN et al. (1999) viszont aktivitásnövekedést mért trágyalé kijuttatását követően. ANTONIN és SNYDER (2003) a talajművelés és a tápanyagellátás ureáz aktivitásra gyakorolt

hatásának vizsgálata alapján ezen enzim aktivitását a talaj minőségének érzékeny bioindikátorának nevezi.

A talaj mikrobaösszetételét vizsgálva a kutatók az öszbaktérium szám (BARUAH és MISHRA, 1984), a fehérjebontók (GONZALEZ et al., 1981), az ammonifikálók száma (GOMEZ és NAGESWARA, 1996) és az ureáz aktivitás között negatív korrelációt találtak. Pozitívan hatott viszont az aktivitásra a denitrifikálók és nitrogénkötők (GOMEZ és NAGESWARA, 1996), valamint a nitrifikálók és a nitrogént mobilizálók (KANDELER et al., 1994) magasabb száma. ABDEL-MAKSOUND (1997) viszont pozitív korrelációt mutatott ki a baktériumszám, a gombaszám, a szén-dioxid termelés és az ureáz aktivitás között.

Az inhibitorok közül az 50 ppm mennyiségű N-serve és AM (BREMNER és DOUGLAS, 1971), valamint a 2000 ppm mennyiségű nem vízoldható sók formájában lévő nehézfémek nem gátolták az aktivitást (ZANTUA és BREMNER, 1977). Azonban a vízoldható formában lévő Ag, Hg, Ca, stb., gátló hatása kimutatható (BREMNER és DOUGLAS, 1971). Ezt támasztja alá GARCIA-GIL et al. (2000) kísérlete, melynek során a nehézfémekkel szennyezett városi komposzt csökkentette a talaj ureáz aktivitását.

A növényvédő szerek alkalmazása során SANTOS és MONTEIRO(1994) az aldikarb és az endoszulfán hatóanyagok esetében nem, ABDUL és KALAM (1996) a tridemorf hatóanyag esetében koncentrációtól függő aktivitáscsökkenést figyelt meg.

2.4.2.4. A kataláz enzim szerepe és az aktivitását befolyásoló tényezők

A hidrogén-peroxidnak vízre és oxigénre való bontását meggyorsító kataláz enzim (E.C. 1.11.1.6.) aktivitását a vetésváltás (SAMUEL és KISS, 1999), a közepes adagú műtrágya kijuttatása és az istállótrágyázás növelte (KÁTAI, 2000; GARCIA-GIL et al., 2000; MIKHAILOVSKAYA és BATCHILO, 2002), a nagy adagú műtrágyázás (KÁTAI és HELMECZI., 1995) és a talaj kedvezőtlen, tömörödött állapota (LI et al., 2002) csökkentette. Természets körülmények között a kataláz aktivitása a celluláz aktivitással (LINE, 1983), és a szervesanyag tartalommal pozitívan (ROIZIN és EGEROV, 1972), a mélységgel negatívan (SZEGLI, 1989) korrelál. DRAGAN-BULARDA (1999) szabálytalan változást, KOVÁCS (1990) nyári és őszi csúcsot figyelt meg a talaj kataláz

aktivitásában. Hasonló szezonalitást és a növénytakarótól függően változó aktivitást már régebbi publikációkban is fellelhetünk (KHAN, 1970; LATYPOVA, 1965)

A trifluralin és a klorthal-dimetil herbicid hatóanyagok viszont csak a termesztési gyakorlatban alkalmazottnál nagyobb dózis esetén okoztak enzimgátlást (PROKOPENKO és MUSINA, 1983). Egyéb peszticidekkel viszont vagy aktivitáscsökkenést vagy aktivitásnövekedést észleltek (ABDEL-YUSSIF et al., 1976).

2.4.2.5. A dehidrogenáz enzim szerepe és az aktivitását befolyásoló tényezők

A dehidrogenáz enzim csak intakt sejtek szerves részeként lehet jelen a talajban (SZABÓ, 1986). Működésük során aerob körülmények között oxigénre viszik a szubsztrátról leválasztott hidrogént, ami azzal vízzé egyesül. Ezzel szemben anaerob viszonyok mellett a leválasztott hidrogént nem oxidálják, és a hidrogén akceptor a dehidrogenáz koenzimjévé válik.

A legjobban a nedvességtartalom és a tápanyagszint által befolyásolt (DKHAR és MISHRA, 1983) dehidrogenáz aktivitás a vegetációs időszakban általában magasabb, mint a növényzettel nem fedett talajban (BARUAH és MISHRA, 1984), és télen növekvő tendenciájú (DORMAR et al., 1984). Térbeli elhelyezkedését tekintve a legnagyobb mennyiségben a rhizoszférában fordul elő (MAMATHA et al., 2001) és aktivitása a talajszelvényben függőlegesen lefelé haladva csökken (MUSA és MUKHTAR, 1969). Aktivítására pozitív hatással van a talaj szerves-szén és összes nitrogén tartalma (BARUAH, 1984; RAO és GHAI, 1985), viszont negatívan korrelál az összbaktérium számmal (BARUAH, 1984), és a CaCO_3 tartalommal, valamint a pH-val (RAO és GHAI, 1985). Ez utóbbi megállapítást ABDEL-MAKSoud (1997) és PASCA és KISS (1999) kísérletei cáfolják. A természetes környezet hatásának értékelésekor nem hagyható figyelmen kívül a növényborítottság és a csapadékelátottság szerepe sem. A dehidrogenáz szezonálisan ingadozó aktivitása a csapadékosabb években és a növényzettel fedett területeken volt magasabb (QUILCHANO és MARANON, 2002). Vizsgálataik során e két utóbbi tényezőnek az dehidrogenáz aktivitására gyakorolt szerepe nagyobb volt, mint a művelési rendszeré.

Az agrotechnikai eszközök közül a trágyázás (GARCIA-GIL et al., 2000) és a vetésváltás (SAMUEL és KISS, 1999) szintén kedvez a dehidrogenáz aktivitásának. A tápelemek,

illetve a talajban jelenlévő vegyületek közül a vas(III)-oxid, a mangán(IV)-oxid, a szulfát, a foszfát és a klorid növelik, az általános elektronakzeptorként számon tartott nitrát, nitrit és vas(III) ion csökkentik az aktivitást (BREMNER és TABATAI, 1973; SZABÓ, 1986). A meszezés általában jó hatással van a dehidrogenáz aktivitására, azonban nagy adagú trágyázással kombinálva, ez a hatás kedvezőtlené válik (KOPER és PIETROWSKA, 2001). Ugyancsak csökkenti a dehidrogenáz aktivitását a talaj nehézfém szennyezettsége (GONG et al., 1997; MIKANOVA et al., 2001; 2002; YEATS et al., 1994). Az ureázhoz hasonlóan a dehidrogenáz aktivitását sem befolyásolta a tridemorf hatóanyagú gombaölő szer kijuttatása (ABDUL és KALAM, 1996), egyes inszekticidek viszont rövid ideig gátolták a dehidrogenáz működését (TU, 1997), amit LIAO (2002) triazophos-szal végzett kísérletei is igazolnak. Ugyancsak csökkentik a dehidrogenáz aktivitását a talajban jelenlévő nehézfémek is (MIKANOVA et al., 2001; YEATS et al., 1994; GONG et al., 1997).

2.4.3. A talajmikrobák számát és aktivitását befolyásoló tényezők

A mikroorganizmusok száma, illetve összes mennyisége nemcsak a vízben, a levegőben, az élelmiszerben, stb., hanem a talajban is az egyik legfontosabb minőséget jelző paraméter, s így a mikrobák természetes aktivitásának, hatáskifejtésének sok esetben még jelenleg is „jelzőértékeként” használják.

A talajmikrobiológusok többségének véleménye szerint azonban a talaj összes mikrobaszáma – és az, hogy azok milyen taxonómiai csoportba tartoznak – eléggé közömbös a hatás szempontjából. Sokan úgy vélik, hogy a mikroorganizmusok számánál fontosabb annak ismerete, hogy adott környezeti feltételek hogyan hatnak azok élettani folyamataira. SZABÓ (1989) szerint a „baktérium szám”-nak, mint paraméternek viharos múltja van, és már a 40-es években be kellett látni, hogy az összes baktériumszám sem gyakorlatilag, sem elméletileg nem lehet a talajtermékenység indikátora. Méginkább érvényes ez akkor, ha FEHÉR (1954) által megállapított baktériumszám szezonális, napszakos ingadozását, sőt óránkénti változását is figyelembe vesszük. Éppen ezért a kutatók többsége az összes baktériumszám mellett előszeretettel vizsgálja a gombaszámot, a cellulózbontók, nitrogénkötők, és nitrifikálók mennyiségét a talaj biológiai aktivitásának mérésére (VERES, 1999; VERES és KÁTAI, 2000; 2003).

A talajban adott időpontban található baktériumok mennyiségét számos talajfizikai (BAYOUMI et al., 1999; FÜZY et al., 2003), talajkémiai (KÁTAI et al., 1999; VIVA et al., 2003) és ökológiai tényező befolyásolja (BÍRÓ et al., 1999; PÁNTOS-DERIMOVA, 1980; SZABÓ, 1974; TSIMILLI et al., 2000).

A kémiai tényezők közül ARUNACHALAM et al (1999) a talaj tápanyagtartalmát tekinti a legfontosabbnak a mikororganizmusok számát illetően. Ezt vizsgálva, VIRÁG (1981) csak nagy adagú műtrágyázás esetén tapasztalt lényeges változást a baktériumok számának és faji összetételének változásában, melyet KÁTAI és HELMECZI (1995) a gombaszámra vonatkozóan is igaznak tart. BENITEZ et al. (2000) kísérletében a talaj növekvő szervesanyag-tartalma a mikrobák számának növekedését eredményezte, melyet POLL et al (2003) szervesztrágyázási tartamkísérletben igazolt.

A talaj pH értékét vizsgálva FALAPPI et al (1994) azt tapasztalta, hogy a gombaszám a talaj pH-jának csökkenésével párhuzamosan nőtt, míg az összes baktériumszám nem változott.

SANTRUCKOVA és SIMEK (1996) vizsgálatai szerint a talajban termelődött CO₂ mennyiségének csökkenése maga után vonta a mikrobiális biomassza és a mikrobiális aktivitás csökkenését, a túlzott mennyiségű CO₂-ot viszont a mikrobák nem képesek hasznosítani.

Az agrotechnika hatását értékelve RUNOWSKA-HRYNCZUK (2000) a műveletlen talajban mért magasabb összes baktériumszámot. A monokultúrás termesztés során KÁTAI és HELMECZI (1995) a cellulózbontók és a nitrifikálók számának csökkenését tapasztalta.

A takaróanyagok segítik a talajt a nedvesség jobb visszatartásában, ezáltal kedvezőbb feltételeket biztosítanak a mikrobák szaporodásához (WEIER et al, 1998), melynek kapcsán BUBÁN et al. (1997) és LAKATOS et al. (2001) takaróanyagok alkalmazása esetén a cellulózbontó-, nitrogénkötő-, és nitrifikáló baktériumok számának növekedését mérte integrált almaültetvény talajában. A mulcsozás ROSEMEYER et al. (2000) szerint is stimulálja a mikrobákat.

A fentiekből kiindulva – és saját kísérletekre alapozott – véleményünk az, hogy a mikroorganizmusok száma és aktivitása együttes vizsgálata adhat megbízható eredményeket.

2.5. Áttekintés a talaj mikrobiológiai vizsgálati módszereiről

Sokak szerint a talaj biológiai aktivitásának vizsgálatával a talajlakó mikroorganizmusok kvantitatív változása is megfelelően regisztrálható. Megítélésünk szerint - de több kutató véleménye is az - a vizsgálatok során alkalmazott biológiai aktivitási módszerek nem - vagy csak megközelítően - jelzik a talajmikróbák mennyiségének és faji összetételének változását.

A talajban lezajló mikrobiológiai folyamatok intenzitásának általános elbírálására elég széles körben alkalmazzák a talaj szén-dioxid produkciójának mérésén alapuló eljárásokat. A szén-dioxid produkció mellett a talaj oxigén elnyelésének kimutatásával a talajok gázcseréjének részletesebb megismerése is lehetővé válik.

A biológiai aktivitás mérése különböző részfolyamatokra is (például enzimaktivitás, polifenol-oxidáz, dehidrogenáz, szacharáz, kataláz, stb) kiterjed. Az ide vonatkozó módszereket SZEGI (1979) részletesen ismerteti.

Az említett szén-dioxidtermelés, oxigénfogyasztás és enzimaktivitás mellett jól ismertek a reinokulációs biomasszabecsléssel, a talaj ATP mennyiségének kimutatásával, a mikróbák specifikus sejtfal-alkatelemeinek mennyiségi mérésével, elektronmikroszkópos sejtszám-és biomassza meghatározásával, specifikus biokémiai aktivitású mikróbák kvantitatív kimutatásával, cellulózbontó aktivitás meghatározásával foglalkozó módszerek. A felsoroltak közül azt a kettőt emeljük ki részletesebb ismertetésre, amelyekkel magunk is foglalkoztunk.

Azonban mielőtt azok ismertetésére rátérnénk meg kell említenünk, hogy nemcsak a módszerek ilyen sokrétűek, hanem azok felhasználási lehetőségei is. A kapott értékek ugyanis felhasználhatók a talaj diagnosztizálásában és bonitálásában a mezőgazdasági hasznosítás vizsgálatában, monitoring rendszer és egészségügyi vonatkozású jellemzések készítésénél, az ökoszisztémák térképezésénél és számos más területen. Így például a szennyezett talajok rekultivációja sikerességének megítélésében.

A talaj biológiai aktivitásának (így a cellulózbontó aktivitásnak) vizsgálata történhet szabadföldi és laboratóriumi körülmények között. A termőhelyi körülményeknek, az éghajlati adottságoknak és kultúrbeavatkozásoknak megfelelő úgynevezett aktuális (tényleges) talajbiológiai aktivitás meghatározása szabadföldi viszonyok között, in situ történik. Ezzel szemben az irányított (mesterséges) környezeti feltételek (adott

hőmérséklet, nedvesség, levegőzés, stb) mellett, vagyis laboratóriumi körülmények között a potenciális aktivitást lehet meghatározni.

2.5.1. A cellulózbontó aktivitás vizsgálata laboratóriumi (irányított) körülmények között

A módszerek közös vonása, hogy az elbomlott cellulóz mennyiségét az inkubáció befejezése után a táptalajon visszamaradó cellulóz visszamérésével határozzák meg. Ezért a táptalaj elkészítésekor különösen fontos, hogy az egyes tenyészedények azonos mennyiségű cellulózt tartalmazzanak. A kísérlet beállítását megelőzően a cellulózt 105⁰C-on tömegállandóra kell szárítani és a bemérést analitikai mérlegen kell végezni (SZEGL, 1979). A cellulóz visszamérésének pontosságát a cellulózrostok között maradt mikroorganizmusok biomasszája is zavarhatja. E hibaforrás csökkentésére FÄHRAUS (1944) a többszörös (1%-os forró szódaoldattal, többszörös forró vizes kezeléssel, 1:10 arányban hígított sósavval való mosás, s végül ismét forró vizes mosás) mosásos eljárást javasolja. SZEGL (1974) szerint azonban, ez a mosási eljárás csak a cellulózbontó baktériumok esetében ad elfogadható eredményeket. Ezért saját vizsgálataikban - a mosás után a cellulózrostok között maradó gombák nagy tömegű micélium és spóráinak eltávolítása céljából - a FÄHRAUS által mosott cellulózmaradékot Kjeldahl módszerrel roncsolták, majd az össznitrogén mennyiségből számították a gombamicéliumok súlyát (tömegét) a fehérjetartalomra való átszámítás alapján. Laboratóriumi (irányított) környezeti feltételek között mérhető potenciális cellulózbontó aktivitás meghatározását általában a következő módszerekkel végzik:

a) A PETKOV és MARKOVA (cit. SZEGL, 1979) féle módszer lényege az, hogy 100g légszáraz, porított talajhoz 1% cellulózport kevernek. A talaj maximális vízkapacitásának 60%-áig történt átnedvesítése után üveg vagy műanyag edényben termosztátban 28⁰C-on 4-8 óráig érlelik. Az inkubációt követően a szükséges procedúra után a visszamaradt cellulózmennyiséget spektrofotometriásan mért redukált Cr⁻ ionok mennyisége alapján határozzák meg.

b) A POKORNA-KOZOVA 1968 (cit. SZEGL, 1979) által alkalmazott módszer a legintenzívebb aerob cellulózbontó baktériumok bontásintenzitásának meghatározására is alkalmas. Ez esetben az ásványosító oldattal átitatott mesterséges táptalaj (agarlemez)

alkalmazásával lehetővé válik a baktériumok elkülönített tenyésztése és cellulózbontó aktivitásuk meghatározása.

c) TIMÁR 1979 (cit. SZEGI, 1989) által leírt eljárás szerint az ismeretlen tenyészetet azonosításakor el lehet dönteni, hogy a mikroorganizmus milyen szénforrást képes hasznosítani. A cellulózt porított formában 0.5%-os koncentrációban kell az ásványi anyagokat tartalmazó Tsukamura táptalajon eloszlatni és a szénforrás hasznosítását a cellulózt nem tartalmazó kontrollhoz kell viszonyítani.

d) További vizsgálati lehetőségeket jelentenek azok a módszerek, amelyeket SZEGI (1979) ismertetett. Ezek egyike, amikor a szokásosan előkészített nedves talaj felületét lesimítják, és rá szűrőpapír korongot helyeznek és óvatosan hozzá is nyomkodják, majd az edényeket 28 °C-os termosztátba helyezik. Az inkubációt a szűrőpapír teljes lebomlásáig folytatják, s az aktivitást az elbomlás időtartamának függvényében fejezik ki.

e) A d) alatti módszer másik változata szerint a tömegállandóra kiszárított és analitikai mérlegen lemért szűrőpapír korongot ritka szövésű, szintetikus anyagból készült (nylon függőnyanyag) zacskóba varrják be. Az előzőeknél leírt módon elkészített talaj 50%-át az edénybe helyezik, majd ennek felületére teszik a szűrőpapírt tartalmazó nylonszövet zacskókat, amelyet a talaj másik 50%-ával lefednek. Az inkubációt nedves atmoszférájú termosztátban 2-4 hétig végzik. Ezt követően a talajréteg közül a zacskót kiemelik, belőle a cellulózmaradékot óvatosan kiveszik, 105°C-on kiszárítják, és analitikai mérlegen visszamérik.

2.5.2. A cellulózbontó aktivitás vizsgálata szabadföldi (természetes) viszonyok között

A lehetséges módszerek közül e helyen röviden a következő négyet mutatjuk be.

a) Az UNGER-féle (cit. SZEGI, 1979) cellulózteszt módszer esetében a cellulóz bontási intenzitását mérő tesztanyag 4-5g 105°C-on tömegállandóságig szárított szemészeti vatta, amelyet 8x16 cm méretű szintetikus műszálszövetből készült, műanyag fonállal bevarrt zacskóba helyeznek. Ezeket a tesztek egyenletes mélységben kell a talajba juttatni kezelésként 8-12 ismétlésben. A lerakás helyeit kis jelzőkarókkal jelölik, és 2-6 hónapig tartják e tesztek a talajban. (Részletesebb leírását lásd a módszertani fejezetben, 3.3.1.).

b) A cellulózteszt módszer RAWALD (1968) által módosított eljárása az intenzitás méréséhez szükséges tesztömeget nem nylon, hanem perlondrótszövet zacskóba helyezi. A felhasznált cellulóz alapanyag ez esetben nem természetes, hanem cellulózzavta, illetve aprított zabszalma és tömege sem 4-5, hanem 12g. Egyebekben megegyezik az előző módszerrel.

c) A cellulózbontó aktivitás vizsgálatának egy további módszere szerint lenvászomból vagy gyapotszövetből 20 cm széles és 100-120 cm hosszú csíkot függőlegesen a bolygatatlan talajszelvénnel közvetlenül érintkezve kell a talajba helyezni. (SZEGL, 1979). A módszer lehetővé teszi a talaj genetikai szintjeiben mutatkozó különböző aktivitás meghatározását.

d) A talajszelvény cellulózbontó aktivitás vizsgálatának egy negyedik módszerét TÖRNE 1968 (cit. SZEGL, 1988) ismerteti. Ő a talajba helyezett folyamatos lenvászonszíkkal szemben egy speciális lyukacsos műanyagráma segítségével egymástól elválasztott filterkarton pajzsokat alkalmaz. Így a különböző talajrétegek biológiai tevékenységében a víz- és tápanyagmozgás torzító hatása részben kiküszöbölhető.

2.5.3. A talaj mikróbaszámanak meghatározási módszerei

A termőtalajok esetében az egyes agrotechnikai eljárások, vetésforgók, műtrágyák stb. kihatását a komplex mikrobiológiai aktivitásra jórészt a csíraszám mérése segítségével ítélik meg.

Több esetben (és nálunk is) még az is alapos megfontolás tárgyát kell képezze, hogy a mikroorganizmusok számának vizsgálatát mely csoportokra konkretizálva végezzük. Vannak olyan vélemények, hogy a vizsgálatok során a talajélet szempontjából legfontosabb csoportokat kell előnyben részesíteni. Hogy melyek a legfontosabb élettani csoportok azt nem mindenki egyformán értelmezi. Így például BALICKA-SHOCHACKA (1959) szerint homok talajban az összes baktériumszám meghatározása nem szolgáltat megbízható, következetes értékeket, ilyen helyen az *Azotobacter* (tehát nitrogénkötő fiziológiai csoport) indikálja legjobban a biológiai aktivitást. A legfontosabb csoportok alatt TÓTH (1978) az öszbaktériumot, mikroszkópikus gombát, sugárgombát és a cellulózbontókat értette.

A baktériumok számának meghatározására alkalmas módszereket alapvetően két nagy csoportra (direkt és indirekt) lehet osztani.

a) *A direkt mikroszkópos módszert* elsőként CONN (1918) és VINOGRADSKIJ (1924) vezették be. A módszert többen - THORTON (1948), és mások - módosították.

A tárgylemezek talajba helyezésével ROSSI és RICCARDO 1927 (cit. FEHÉR, 1954) a direkt baktériumszámlálás új módszerét vezették be, amely szintén több hibával terhelt (HELMECZI, 1979). RIBALKINA és KONONENKO (1953) például a lemezeken csak úgy érték el intenzív növekedést, ha a lemezt agaros táptalajjal vonták be. A módszert - némi módosítással - PARKINSON (1957) a rhizoszféra vizsgálatára is alkalmassá tette.

A módszerek jelentős fejlődésének tekinthető a BÜRRICHTER (1958) által módosított fluoreszcens mikroszkópos módszer. A közben bevezetésre került Thoma-kamrás eljárás (SKINNER et al., 1952) egy újabb direkt számlálási módszert jelentett, mely később (HAEKNEL, 1960) finomabb csiszolással készült Thoma-kamrával még pontosabbá vált.

b) *Az indirekt számlálási módszerek* is több félék, de alapvetően mégis csak két csoportra (szilárd és folyékony táptalajon) oszthatók. Az első ilyen módszer bevezetése Koch nevéhez fűződik. Az általa alkalmazott lemezöntéses eljárás még ma is nagy népszerűségnek örvend, és többen annak módosított formáit megbízhatóbbnak tartják, mint a folyékony táptalajokat alkalmazó módszereket. Az összehasonlító vizsgálatok alapján HELMECZI (1979) ellenkező megállapításra jutott és rendszeresen az utóbbit alkalmazta, ami apróbb módosításoktól eltekintve POCHON és DE BARJAC (1972) által kidolgozott folyékony táptalaj felhasználását jelentette. Az eljárást ANGERER et al. (2000) módosította, így az egyszerűbben elvégezhető.

A szakirodalomban mind a direkt, mind az indirekt vizsgálati módszerek több formáját ismertetik. Ezek jó összefoglalása SZABÓ (1989) munkája, amelyben a módszerek ismertetésén kívül azt is hangsúlyozza, hogy természetes körülmények között a talajok egyes mikrobapopulációiban az egyes fajok szaporodását és életciklusát befolyásoló tényezőket roppant nehéz nyomon követni.

2.5.4. A talajban termelődött szén-dioxid mennyiségi mérésének módszerei

A talajban termelődött szén-dioxid mennyisége - a cellulózbontó aktivitáshoz hasonlóan – mérhető szabadföldi (aktuális mennyiség) és laboratóriumi (potenciális mennyiség) körülmények között.

A termelődött CO₂ mennyiségének meghatározására természetes (búrával fedett talajfelszínen) és mesterséges (légmentesen zárt edényben elhelyezett talajból mérve) körülmények között is alkalmazhatók a CO₂ lúgban (NaOH, KOH) való elnyelésén, majd savval (HCl) való felszabadításán alapuló titrimetriás módszerek (WITKAMP, 1966).

Más laboratóriumi módszer szerint a CO₂ elnyelése bárium-oxiddal történik. A hozzáadott sav (HCl) a képződött szén-dioxidot egy másik edénybe továbbítja, ahol a keletkezett bárium-karbonát az ott jelenlévő bárium-hidroxiddal csapadékot képez. A csapadékot szűrés, mosás, 105 °C-on való szárítás után analitikai mérleggel mérlik (CORNFIELD, 1971).

Szabadföldi és laboratóriumi viszonyok között alkalmazható a nagy érzékenységgű, infravörös spektrometriás gázanalitikán alapuló módszerek is (BORKEN et al., 2003; SAVAGE és DAVIDSON, 2003). Ez utóbbi módszer akár manuálisan akár automatizálva (IRVINE és LAW, 2002) alkalmazható nagyobb gyakorisággal végzett mérések esetén is (KING és HARRISON, 2002).

2.5.5. A talaj enzimaktivitásának mérési módszerei

Közismert, hogy a talajenzimek aktivitásának meghatározása céljából ismert mennyiségű talajt (esetleg talajkivonatot) antiszeptikum (általában toluol) jelenlétében szubsztrátummal hoznak össze és a reakcióelegy pH-ját (megfelelő pufferoldattal) a vizsgált enzim pH optimumára állítják be. (Az antiszeptikum alkalmazásának célja a vizsgált enzimet tartalmazó reakcióelegyben a mikroorganizmusok élettevékenységének, szaporodásának megakadályozása, mivel ezek a szubsztrátumot vagy a reakcióterméket (esetleg mindkettőt) felhasználnák, így meghamisítanák az enzimaktivitásként mért értéket).

Az így kezelt próbákat különböző ideig (általában 37 °C-on) inkubálják, majd pedig az adott szubsztrátum mennyiségének csökkenése vagy a keletkezett termék mennyiségének mérése alapján jellemzik a vizsgált enzim aktivitását.

Az általunk is vizsgált kataláz (és dehidrogenáz) esetében antiszeptikum alkalmazására nincs szükség, mivel a szubsztrátum (pl. H_2O_2) maga is antiszeptikum és a reakciót olyan rövid idő alatt (1-2 perc) kell lefolytatni, hogy addig a mikroorganizmusok nem tudnak elszaporodni.

A legelterjedtebb a foszfatáz (KRÁMER és ERDEI, 1959/a), az ureáz (KUPREVICS et al., 1966) és dehidrogenáz (MERSI és SCHINNER, 1991) esetében az aktivitásnak spektrofotometriásan, a kataláz esetében gázvolumetriásan Scheibler-féle kalciméterrel (KUPREVICS és SCSEBBAKOVA, 1956) vagy jodometriásan (JOHNSON és TEMPLE, 1971), a szacharáz (FRANKENBERGER és JOHANSON, 1983/a) esetén a Bertrand-féle cukormeghatározás módszerével való mérése.

Természetesen a fentiektől eltérő módszerek is léteznek (pl. a foszfatáznak RAMIREZ-MARTINEZ (1966) szerinti β -naphtol fluorimetriás vagy az ureáznak ROBERGE és KNOWLES (1968) szerinti ammónia-desztilláláson alapuló meghatározása, stb.), azonban ezek ismertetése, összehasonlítása nem képezi vizsgálataink tárgyát, valamint területi okok miatt sem célunk.

Tovább növeli a módszerek változatosságát, hogy egyesek természetes nedvesség állapotú, míg mások légszáraz talajmintát használnak az enzimaktivitás meghatározásának céljára. Ezzel kapcsolatban számos publikáció látott napvilágot, melyek megállapítják, hogy a talaj nedvességtartalmának csökkenése a talajenzimek aktivitásának csökkenéséhez vezet (ZANTUA és BREMNER, 1975; SPEIR és ROSS, 1975; ROSS és MCNEILLY, 1972).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

E helyen három kérdés keretében a vizsgálatok mintavételi helyével, a kísérletben alkalmazott kezelések leírásával és az alkalmazott mikrobiológiai módszerek ismertetésével foglalkozunk.

3.1. A kísérleti hely jellemzése

Talajmikrobiológiai jellegű vizsgálatainkat a T-016471 sz. OTKA pályázat keretében az Újfehértói Gyümölcstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Kht. területén két különböző kísérleti ültetvény talaján, két eltérő időintervallumban végeztük. Az első vizsgálati periódust 1996-1997 évek jelentették. Ekkor a kísérleti területet egy 1994. tavaszán telepített, olyan almaültetvény jelentette, melyben a telepítés egy 22 éve művelt almaültetvény felszámolása után két variációban (a kivágott fák sorába és a volt sorok közé) történt.

A talaj típusa humuszos homok. A laza savanyú homoknak KCl-ban mért pH-ja 5,1; humusztartalma <1%. Az 5,2 ha területen az M 26 alanyú öt almafajtát (Florina, Idared, Jonathán, Summered, Smoothe) 5x2m tenyészterületre telepítették. A területre a telepítés előtt 70 t/ha istállótrágyát jutattak ki, amit mélyforgatással dolgoztak a talajba. A kísérlet első évében más tápanyagot nem használtak.

A kísérlet a Florina almafajtaival 5 fás parcellákkal (60 m²) hat ismétlésben folyt.

Közvetlen a telepítés során a területen az alábbi kezeléseket alkalmazták. A 120 cm széles facsíkokat feketefóliával, fenyőkéreg zúzalékkal, istállótrágyával és szalmával takarták. A takarásos kezelések összehasonlíthatósága céljából kontrollként kapával művelt, illetve herbiciddel (Finale) kezelt facsíkokat létesítettek (ez utóbbit mi nem vizsgáltuk). 1996-ban csepegtető öntözőberendezéssel valamennyi kezelés területére a vízzel kezelésként azonos mennyiségű tápanyagot (6,7 g N/fa) is kijutattak.

A tápoldatos csepegtető öntözőberendezés adagoló egysége: Dosatron D8R típusú.

A második vizsgálati periódus 2000-2001-ig tartott, és a vizsgálatokat egy 1997. tavaszán (április 14-16.) telepített almaültetvény talajából vett mintákon végeztük.

A kísérleti terület talajtípusa humuszos homok, amelynek a kísérlet kezdetén vízben mért pH-ja 5,77 (KCl-ben: 4,95) és humusztartalma 1,08 %. A területre a telepítés előtt 70 t/ha istállótrágyát juttattak ki, amit mélyforgatással dolgoztak a talajba. Az 5,2 ha angol Cider almafajtákat telepítettek 5x3 m-es tenyészterületre öt ismétlésben 5-5 fával. A telepítés során a területen 14 kezelést (14 almafajtát párhuzamosan 28 sorban) alkalmaztak. A kísérletbe két MM 106 alanyú fajtát vontunk be, a Brown's Apple-t és a Dabinett-et. A

facsikokat feketefóliával és agroszövettel takarták, ún. kontroll kezeléseket takaratlanul hagyták.

3.2. Az alkalmazott kezelések, valamint a mintavételek időpontja

Vizsgáltainkat 1996, 1997, 2000 és 2001 években végeztük. Az első két vizsgálati évben 4 takarásos (szalma, feketefólia, istállótrágya, fenyőkéreg zúzalék) és egy kontroll (kapálva), a másodikban 4 takarásos (agroszövetfólia és feketefólia, de két almafajta) és két kontroll (kapálva) kezelést vizsgáltunk.

3.2.1. A négy vizsgálati év során alkalmazott kezelések

Vizsgálati periódus: 1996-1997

Kezelések száma	A kezelés módja	Vizsgálatok
1.	Kontroll (kapált)	Talajnedvesség, cellulózbontó aktivitás, összes baktériumszám, gombaszám, aereob cellulózbontók száma.
2.	Szalma 11kg/fa	
3.	Feketefólia 2,4m ² /fa	
4.	Istállótrágya 35kg/fa	
5.	Fenyőkéreg zúzalék 80kg/fa	

Vizsgálati periódus: 2000-2001

Kezelések száma	A kezelés módja	Almafajta	Vizsgálatok
1.	Kontroll (kapált)	Brown's Apple	Talajnedvesség, cellulózbontó aktivitás, szén-dioxid termelés, enzimaktivitás, összes baktérium és, gombaszám, aereob cellulóz-, és fehérjebontók valamint nitrogénkötolók száma
2.	Agroszövet 2,4m ² /fa		
3.	Feketefólia 2,4m ² /fa		
4.	Kontroll (kapált)	Dabinett	
5.	Agroszövet 2,4m ² /fa		
6.	Feketefólia 2,4m ² /fa		

3.2.2. A mintavételek időpontjai a vizsgálati évek szerint

Paraméter	Mintavételi időpontok				
	1996	1997	2000	2001	Ismétlésszám
Talajnedvesség	május 25 július 27	május 15 július 16	március 22 május 11	március 19 május 15	3

	szeptember 25 november 22	szeptember 18 november 20	július 13 szeptember 12 november 14	július 12 szeptember 11 november 14	
Tényleges cellulózbontó aktivitás*	május 25 július 27 szeptember 25 november 22	május 15 július 16 szeptember 18 november 20	május 11 július 13 szeptember 12 november 14	május 15 július 12 szeptember 11 november 14	9
Potenciális cellulózbontó aktivitás	május 25 szeptember 25	május 15 szeptember 18	május 11 szeptember 12	május 15 szeptember 11	3
Szén-dioxid termelés	Nem vizsgáltuk		március 22 május 11 július 13 szeptember 12	március 19 május 15 július 12 szeptember 11	3
Enzimaktivitások	Nem vizsgáltuk		március 22 május 11 július 13 szeptember 12 november 14	március 19 május 15 július 12 szeptember 11 november 14	3
Mikrobaszámok	május 25 július 27 szeptember 25 november 22	május 15 július 16 szeptember 18 november 20	március 22 május 11 július 13 szeptember 12	március 19 május 15 július 12 szeptember 11	3

* a tesztek 1996 március 20-án, 1997-ben március 17-én, 2000-ben március 22-én, 2001-ben március 19-én helyeztük a talajba.

3.3. Mikrobiológiai vizsgálatok módszerei

A talaj fizikai és kémiai tulajdonságait vizsgáló módszerek között ma már több olyan eljárás ismeretes, amelyek könnyű elvégezhetőségük és megbízhatóságuk következtében általánosan elfogadottak és elterjedtek. Egészen más a helyzet a talajmikrobiológiai vizsgálati módszereket illetően, ahol – annak ellenére, hogy számos összefoglaló módszertani munka (HORVÁTH, 1980; NORRIS és RIBBONS, 1970; POCHON és TARDIEUX, 1972; stb.) is megjelent – egységesen elfogadott módszerekkel még nem rendelkezünk (HELMECZI, 1979).

Ezért mielőtt az általunk alkalmazott konkrét vizsgálati módszereket ismertetnénk szükségesnek tartottuk rövid áttekintést adni a lehetséges módszerekről.

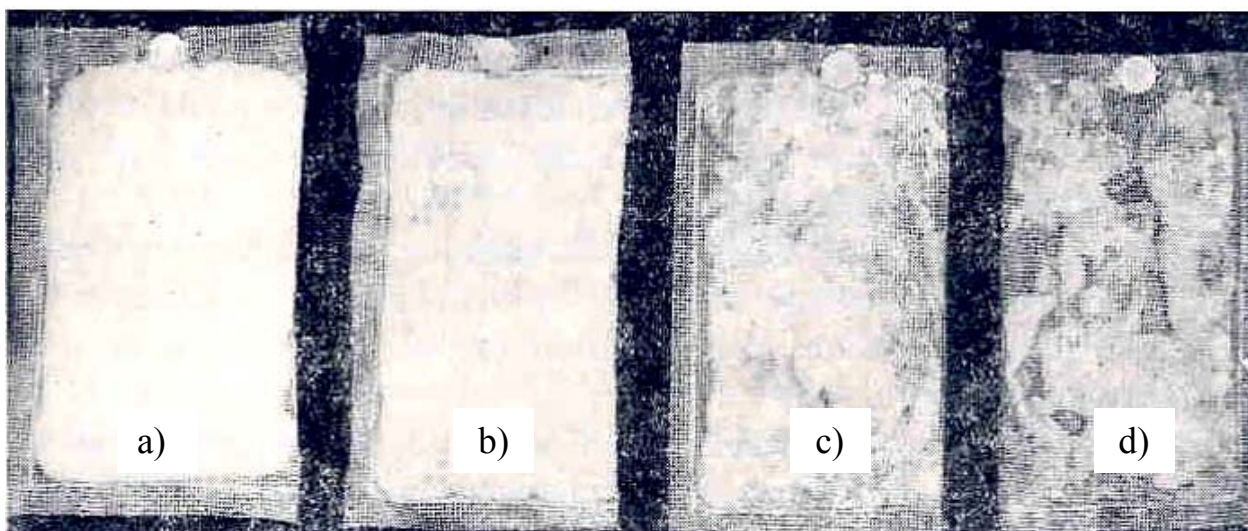
3.3.1. A cellulózbontás aktivitás vizsgálata szabadföldi (természetes) viszonyok között

A vizsgálatokat apróbb módosításoktól eltekintve az Unger-féle cellulózeszt eljárás (UNGER, 1968) szerint végeztük. Ezen vizsgálat eredményeként kapott cellulózbontó aktivitást Szegi tényleges cellulózbontó aktivitásnak (mert az a bontás természetes, szabadföldi körülmények között zajlik) nevezte, mely elnevezést mi is használjuk.

a) A tesztek készítése és talajba helyezése

Ritka szövésű szintetikus anyagból (mintázat nélküli nylon függönyanyagból) 8x16cm méterű zacskókat varrtunk nyloncérnával. A zacskókba 5g, előzőleg 105°C-on tömegállandóságig szárított vattát mértünk be. A bemért anyagokat a zacskókban egyenletesen elosztottuk, majd levarrtuk. (1. kép).

(A tesztek készítésére a gyógyszertárakban kapható úgynevezett szemészeti vattát használtunk, mivel az olcsóbb háztartási vatta a mikróbák által nem bontható műszálakat is tartalmaz. A szemészeti vatta, a gyapot (*Gossypium* sp.) zsírtalanított maghéjszőrének tömege, melynek cellulóztartalma körülbelül 90%.)



1. kép: Unger-féle cellulózesztek

a),b) lehelyezés előtt, c), d) különböző intenzitással elbomlott tesztek

A kész tesztzacskókat alumíniumlapocskára vésett számplombával jelöltük meg. A zacskókat a kistűk gyökérnyakától mért 30 cm távolságra (és a kezelésnél mindig ugyanazon oldalra) ásó segítségével 15 cm mélyen helyeztük a talajba a következő módon:

Az ásót a talajfelszínbe teljesen benyomtuk, majd az ásónyel mozgatásával a talajt annyira szétfeszítettük, hogy a zacskót hosszabb oldalának élével lefelé bele tudjuk helyezni. Ezután az ásót a nyílás mellett néhány centiméterrel ismét beszúrtuk és az ásó segítségével az előbb létesített nyílást lezártuk. Arra külön ügyeltünk, hogy a zacskók

egységesen azonos mélységbe kerüljenek, mivel a bontás intenzitását a talajmélység erőteljesen befolyásolja.

A lerakás alkalmával jegyzőkönyvben rögzítettük, hogy milyen számú fa közelében milyen számokkal jelzett zacskók kerültek. A zacskók helyét kis pálcikákkal (apróbb jelzőkarókkal) jelöltük.

b) A tesztzacskók felszedése

A módszer leírása szerint a tesztzacskókat a növények tenyészidejétől függően 3-6 hónapig kell tartani a talajban. Mi a hosszabb tenyészidejű almafákra tekintettel a 8 hónap utáni felszedési időt választottuk, azzal a módosítással, hogy a lerakott tesztzacskóból 9-9 darabot szedtük fel kéthavonta, májustól-novemberig. A szakaszos felszedéssel a cellulózbontás aktivitásának dinamikáját kívántuk nyomon követni, vagyis azt, hogy a talajban elhelyezett cellulóznak mely időpontban bomlik le kisebb, illetve nagyobb hányada, mely időpontban aktívabbak a talaj mikrobái.

A talajból kiemelt zacskókat mielőbb légszáraz állapotba hoztuk. Ennek érdekében a laboratóriumba szállítás után a zacskók felületére tapadt talajt kíméletesen eltávolítottuk és szárítás céljából szellős helyiségben tálcára raktuk.

c) A lebomlott cellulóz mennyiségének meghatározása

Az eljárás igen hosszadalmas procedúrával jár, amit csak vázlatosan ismertetünk:

- *A tesztzacskók főzése 1%-os sósavoldatban.* Ennek célja a mikroorganizmusok által megtámadott, depolimerizálódott cellulóz eltávolítása. A főzést autoklávban az erőteljes gőzölgéstől (a hőmérő állása elérte a 100°C -ot) számítva egy órán át végeztük. Ennek következtében (és az ezt követő mosás során) eltávozott a még cellulózhoz tapadt talaj és az ásványi anyagok egy része is.

- *Öblítés, mosás.* Az autokláv 10-15 perces nyitvatartása után a cellulóztesztokról a sósavat leöntöttük és ezután előbb $70-80^{\circ}\text{C}$ -os, majd hideg csapvízzel és végül desztillált vízzel mostuk, majd légszárazra szárítottuk.

d) A visszamaradt cellulóz mérése. Ezt több lépcsőben végeztük:

d/a) A légszáraz zacskókból a maradék cellulózt pergamenpapírra vittük és csipesszel a *növényi gyökereket eltávolítottuk.* A cellulózt a még rátapadt talajjal együtt 105°C -on

kiszáritott és táramérlegen mért izzítótégelybe vittük, majd 105 °C-on tömegállandóságig szárítottuk, exsikkátorban hűtöttük, mértük és tömegét jegyzőkönyvben rögzítettük.

d/b) Előégetés denaturált szesszel. A lemért tégelyben lévő cellulóz-anyagra (elszívófülkében) 10 ml denaturált szeszt öntöttünk, majd meggyújtottuk, amit még három alkalommal megismételtünk. A szerves anyag elszenesedése után a tégelyeket izzítókemencébe helyeztük.

d/c) Izzítás, izzítókemencében. A tégelyekben lévő anyagot 600 °C-on 3 órán át izzítottuk. A kemence lehűlése után (másnap) a tégelyeket kivettük.

d/d) Kezelés 10 %-os ammónium-karbonáttal. Minden egyes tégelyben lévő hamura 5-5ml 10 %-os $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ oldatot pipettáztunk és 15 perces reagáltatás után a tégelyeket 105 °C-os szárítószekrénybe helyeztük. (Ez idő alatt a felesleges H_2O és $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ bomlástermékei távoznak, a hamuban lévő CaO pedig CaCO_3 -tá alakul vissza.) A tégelyeket exsikkátorban hűtöttük és táramérlegen 0.01g pontossággal mértük.

e) A maradék cellulóz mennyiségének kiszámítása

A 105 °C-on való szárítás után mért súlyból (tömegből) levontuk a hamu regenerálása után mért tömeget. (d/a-d/d)

Az elbomlott cellulóz mennyiségét a bevitt és a visszamaradt cellulózt mennyisége alapján határozzuk meg. Az eredeti, bevitt cellulóz pontos mennyiségét olyan standard cellulóztesztekkel határoztuk meg, amelyeket nem helyeztünk a talajba, de ugyanolyan mosási, szárítási, izzítási procedúrának vetettük alá, mint a kísérletben alkalmazott (tehát talajba helyezett) tesztek.

3.3.2. A cellulózbontó aktivitás vizsgálata laboratóriumi (mesterséges) körülmények között

A vizsgálatokkal az volt a célunk, hogy a laboratóriumi vizsgálatok eredményeit a szabadföldi vizsgálatok eredményeivel összehasonlítsuk. Ennek érdekében a SZEGI (1979) által leírt laboratóriumi módszerrel vizsgáltuk laboratóriumi körülmények között a cellulózbontó aktivitást a már ismertetett kezelések talajából. Mivel ez a vizsgálat laboratóriumi - a bontás számára optimálisnak tartott - körülmények között zajlott, az

eredményt a Szegi által használt terminológia szerint potenciális cellulózbontó aktivitásnak neveztük.

a) Mintavétel, szárítás és homogenizálás

A mintákat a talaj felső 20 cm-es rétegéből vettük az átlagminta vételének szabályai szerint minden kezelés - és ismétlésből 5-5 helyről. A részmintákat alapos összekeverés és laboratóriumba szállítás után mielőbb légszárazra szárítottuk, közben a növényi részeket (gyökér- esetleg szár- és levélmaradványokat) belőle eltávolítottuk. A légszáraz mintákat talajdarálóban porrá őröltük, ami egyben a leghatékonyabb homogenizálást is jelentette (SCHUMACHER et al. 1990).

b) A vizsgálat módszere

A már említett három módszernek vannak közös vonásai és különbségei. A különbségek között említhető a beállítás körülményei, módjai, illetve az inkubáció időtartama. Közös sajátossággént emelhető ki a megegyező hőmérséklet (28°C) és a minták kiszáradás miatti vízpótlása az inkubáció alatt. A vízvesztesség megállapítását az inkubációs idő alatt mindhárom módszernél tömegméréssel végeztük. A kísérlet tapasztalatai szerint kéthetes időközönként volt szükség a víz pótlására. Vizsgálataink szerint a (SZEGLI, 1979) által leírt három módszer közül csak egy adott megbízható eredményeket. Így vizsgálatainkat e szerint végeztük, ezért csak annak leírásával foglalkozunk a következők szerint :

A tömegállandóra szárított és analitikai mérlegen lemért három db azonos méretű ($4 \times 7.5 \text{ cm}$) szűrőpapírsíkot (amelynek együttes tömege 1 g körüli volt) ritkaszövésű szintetikus anyagból készült szövetzacskóba (mintanélküli nylon függőnyanyagot használtunk) varrtunk műanyag cérnával. A légszárazra szárított, őrölt talajból 100 g -ot porcelántégelybe mérünk és mint az előbb a maximális vízkapacitás 60% -ának megfelelő vízzel nedvesítettünk át. Ezután a talaj felét Petri-csészébe helyeztük, majd a felületére vitt szűrőpapírt tartalmazó zacskót a talaj másik felével lefedtük. A módszer eredeti leírása szerint 28°C -on 2-4 hétig inkubálunk. Mi az első mérési sorozatnál három hetes inkubációs időt választottunk. Tekintettel arra, hogy az egyes kezelések között a cellulózbontó aktivitást illetően csak kis különbségeket tapasztaltunk a további kísérleti sorozatban 8 hetes inkubációs idővel dolgoztunk.

Az inkubációs idő letelte után visszamaradó cellulóz mennyiségét a 3.3.1.c,d,e szerint határoztuk meg.

3.3.3. A talaj szén-dioxid termelésének meghatározása

Vizsgálataink során a talajban termelődött CO₂ mennyiségének mérését - 5 napos inkubáció után - laboratóriumban Witkamp (1966 cit. SZEGI, 1979) szerint végeztük kezelésként három ismételtsben.

A módszer szerint 100 g növényi maradványoktól megtisztított, eredeti nedvességtartalmú talajt mérünk légmenetesn zárható üvegedénybe, és a talaj mellé bepárló csészébe NaOH-ot helyezünk. Az inkubációs idő letelte után a bepárló csészét az üvegből kivesszük és annak tartalmát először fenolftalein, majd színátmenet után metilvörös indikátor jelenlétében HCl-al titráljuk. A CO₂ mennyiségét úgy kapjuk, hogy a két titrálás során fogyott mérőoldat különbségét szorozzuk a NaOH és a HCl faktorával, valamint 2,2-del.

3.3.4. A talajenzimek aktivitásának vizsgálata

A fontosabb talajenzimek közül a foszfatáz aktivitását KRÁMER-ERDEI (1959/a) szerint a dinátrium-fenil-foszfátból felszabaduló fenol, az ureáz aktivitását KUPREVICS-SCSERBAKOVA (1966) szerint kidolgozott és Kempers által módosított (FILEP, 1990), a karbamidból felszabaduló ammónia mennyiségének spektrofotometriás mérése alapján végeztük. A kataláz aktivitását KUPREVICS-SCSERBAKOVA (1956) szerint a hidrogén-peroxid bomlásából felszabaduló oxigén kalcimetriás mérése, a szacharázét (invertáz) FRANKENBERGER és JOHANSON (1983/a) szerint Bertrand-féle cukormeghatározás alapján vizsgáltuk. A talaj dehidrogenáz aktivitását MERSI és SCHINNER (1991) szerint a maradék jodo-nitro-tetrazolium-formazán spektrofotometriás mérésével határoztuk meg kezelésként három ismételtsben.

3.3.5. A különböző fiziológiai csoportba tartozó baktériumok kvantitatív meghatározása

A baktériumok és a mikroszkópikus gombák számát lényegében a 2.4.3. a. alatt már ismertetett lehetséges módszerek egyike szerint a következő módon határoztuk meg:

A talajminták össz-baktérium-számát húsleves-agaron lemezöntéssel, a cellulózbontó baktériumok mennyiségét speciális folyékony táptalajon POCHON és TARDIEUX (1972), a mikroszkópikus gombák mennyiségét UBRIZSY és VÖRÖS (1968) szerint

pepton-glükóz-agaron lemezöntéssel határoztuk meg. A kapott eredményeket abszolút száraz talajra számítottuk át. A vizsgálatokat kezelésként három ismétlésben végeztük.

3.4. A mikrobiológiai szempontból fontos néhány talajtani paraméter vizsgálata

A talajtani vizsgálatokat BUZÁS (1988) talajvizsgáló módszertan szerint végeztük. A talaj nedvességtartalmának vizsgálata egyrészt a helyszínen hordozható elektronikus talajszonda segítségével történt, másrészt a laboratóriumban a hagyományos szárítószekrényes eljárással 105⁰C-on végeztük. Az elektronikus talajszonda a talajnedvesség tömegszázalékát méri 10 cm-enként, szükség esetén 80 cm mélységig. A mérések általában 60 cm mélységig, az öntözőcsőtől és a talajszinten is 10 cm-enként történtek.

A kémiai paraméterek közül meghatároztuk a talaj vízben és KCl-ben mért pH-ját, humusz, CaCO₃, N, P, K, Mg, Na, Zn, Cu, Mn tartalmát (BUZÁS, 1988). Az ICP-OES készülékkel történt vizsgálatok elvégzésében a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrumának Agrárműszerközpontja volt segítségünkre.

3.5. A talajbiológiai vizsgálatok eredményeinek statisztikai értékelése

A vizsgált paraméterek közül a tényleges- és potenciális cellulózbontó aktivitás, a szén-dioxid termelés, a mikrobaszámok és az enzimaktivitási vizsgálatok során mért értékeket variancia analízissel értékeltük. A mikrobaszámok esetében a varianciák homogenitását Kolmogorov-féle egymintás próbával ellenőriztük. A talaj nedvességtartalma és a talaj tényleges cellulózbontó aktivitása, a talaj nedvességtartalma és szén-dioxid termelése, a talaj nedvességtartalma és az enzimaktivitások, az egyes enzimek aktivitása, a fehérjebontó és a nitrogénkötő baktériumok száma, valamint a fehérjebontó baktériumok száma és a talaj ureáz aktivitása között korreláció számítását végeztünk. A talaj tényleges cellulózbontó aktivitása és a cellulózbontó baktériumok száma között összefüggést regresszió számítással vizsgáltuk (KEMÉNY és DEÁK, 2000; LUKÁCS, 1996). A számítógépes statisztikai vizsgálatokat Microsoft Excel és SPSS alkalmazásokkal végeztük.

4. A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

Az eredmények ismertetése előtt arra a fontos körülményre szükséges felhívni a figyelmet, hogy a cellulózbontó aktivitás és a mikrobiális tevékenység szempontjából a talaj nedvességtartalmának kiemelkedő jelentősége van. Ebből kiindulva az egyes kezelések talajának nedvességtartalmát részletesen ismertetjük.

4.1. A kísérleti terület talajának vizsgálati eredményei

A talaj néhány jellemző tulajdonságának vizsgálatát egyrészt a telepítés előtt ősszel (1. táblázat), majd a kísérlet második évének végén szintén ősszel végeztük el (2. táblázat). A kísérlet harmadik és negyedik évében mért adatokat a 3. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat: A kísérleti terület talajának fontosabb (kémiai) paraméterei a telepítés előtt (1994. ősz)

Mért jellemzők	A mintavétel mélysége cm-ben			
	0-20	21-40	41-60	0-60 átlag
pH(H ₂ O)	5,77	5,63	5,74	5,71
pH(KCl)	4,95	4,74	4,97	4,88
K _A	27	27	30	28
CaCO ₃	0	0	0	0
Humusz %	1,08	1,19	0,8	1,02
NO ₃ +NO ₂ -N mg/100 g	0,3	0,5	0,76	0,53
NH ₄ ⁺ -N mg/100 g	0,11	0,13	0,11	0,12
P ₂ O ₅ ppm	55	60	41	0,52
K ₂ O ppm	131	213	73	139
Mg ppm	130	116	146	129
Na ppm	17	14	16	16
Zn ppm	1,5	2,8	0,6	163
Cu ppm	4,0	6,0	2,2	4,1
Mn ppm	200	212	104	192

A kiindulási és a kapás kontroll talajok KCl-os pH-jának, a három időpontban mért értékei, a mérési időpontok sorrendjében növekszik. Ugyanakkor a P₂O₅ és a K₂O tartalom a fenti sorrendben, mint ahogy a humusz% is csökkenő tendenciát mutat. Ha viszont, az egyes takaróanyagok alatti talajok vizsgálati eredményeit hasonlítjuk össze (2. táblázat) egészen más jellegű tendenciát kapunk. Itt például a pH időben mind a négy takaróanyag talajában csökkent, míg a humusz mennyisége (%-a) két esetben (szalma, feketefólia) növekedett, kettőben pedig (istállótrágya, fenyőkéreg zúzalék) csökkent.

2. táblázat: A kísérleti terület talajának fontosabb kémiai paraméterei (0-20 cm) kezelésként az első vizsgálati évben (1997. ősz)

Mért jellemzők	Kontrol 1	Talajtakarás			
		Szalma	Istállótrágya	Fenyőkéreg zúzalék	Feketefólia
pH(H ₂ O)	6,44	6,27	6,84	6,23	6,45
pH(KCl)	5,55	5,37	5,96	5,04	5,84
Humusz %	0,69	0,69	0,65	0,61	0,74
NO ₃ +NO ₂ -N mg/100g	0,34	0,55	1,22	0,3	0,45
NH ₄ ⁺ -N mg/100 g	0,2	0,17	0,14	0,17	0,18
P ₂ O ₅ ppm	47	57	78	67	49
K ₂ O ppm	92	113	213	116	102
Ca ppm	975	925	841	852	1003
Mg ppm	115	113	120	110	119

Na	ppm	32	17	35	18	18
Zn	ppm	1,18	1,54	1,33	1,77	1,33
Cu	ppm	3,01	3,42	3,06	3,68	3,55
Mn	ppm	120	119	121	105	138

3. táblázat: A kísérleti terület talajának fontosabb kémiai paraméterei kezelésenként a felső 0-20 cm-es rétegben

Mért jellemzők	Telepítéskor	2000. évben kezelésenként			2001. évben kezelésenként		
		Kontroll	Agroszövet	Feketefőlia	Kontroll	Agroszövet	Feketefőlia
pH(H ₂ O)	5,71	6,44	6,23	6,45	6,31	6,07	6,12
pH(KCl)	4,88	5,55	5,04	5,84	5,62	4,78	5,03
Humusz %	1,02	0,92	0,8	0,62	0,69	0,61	0,74
NO ₃ +NO ₂ -N mg/100 g	0,53	0,47	0,28	0,35	0,34	0,30	0,45
NH ₄ ⁺ -N mg/100 g	0,12	0,28	0,95	0,71	0,20	0,77	0,48
P ₂ O ₅ ppm	52	52	51	39	47	67	49
K ₂ O ppm	139	110	122	92	92	116	102
Ca ppm	-	113	96	124	97	85	103
Mg ppm	129	129	107	155	115	110	119
Na ppm	16	133	134	156	-	-	-
Zn ppm	1,63	2,55	3,05	3,04	1,18	1,77	1,33
Cu ppm	4,1	6,8	5,29	4,08	3,01	3,68	3,55
Mn ppm	192	84	69	89	120	105	138

A 3. táblázatból látható, hogy a telepítéskori értékekhez képest a kísérlet végére a talajban pH emelkedés, humusz, nitrogén és kálium tartalom csökkenés, valamint cink tartalom növekedés következett be. A többi vizsgált tápelem mennyisége lényegesen nem változott.

4.2. A kísérleti terület nedvességtartalmának vizsgálati eredményei

A különböző takaróanyagokkal fedett talajok 1996. és 1997 évben négy időpontban mért nedvességtartalmát a 4. táblázatban a 2000 és 2001. évben öt időpontban mértet az 5. táblázatban tüntettük fel.

A 4. táblázatból látható, hogy a talaj nedvességtartalma mind a száraz időszakok, mind pedig a kiadósabb csapadékok után mindig nagyobb volt a takart facsók, mint a kontroll területek talajában.

4. táblázat: A talaj nedvességtartalmának (m/m%) alakulása a különböző takaróanyagok alatt.

Mintavétel ideje	Takaróanyagok				
1996	Kontroll	Szalma	Istállótrágya	Fenyőkéreg-zúzalék	Feketefőli
	l				a
Május	12,15	12,36	16,31	11,75	13,50
Július	10,96	12,20	10,70	12,00	11,50
Szeptember	11,40	13,01	15,10	13,90	14,00
November	13,00	13,50	14,00	13,10	13,02
1997					
Május	12,30	14,11	16,60	15,30	13,00
Július	11,60	12,53	12,40	12,91	10,60
Szeptember	11,80	12,00	12,10	12,22	12,00
November	11,00	12,70	13,00	13,00	13,50

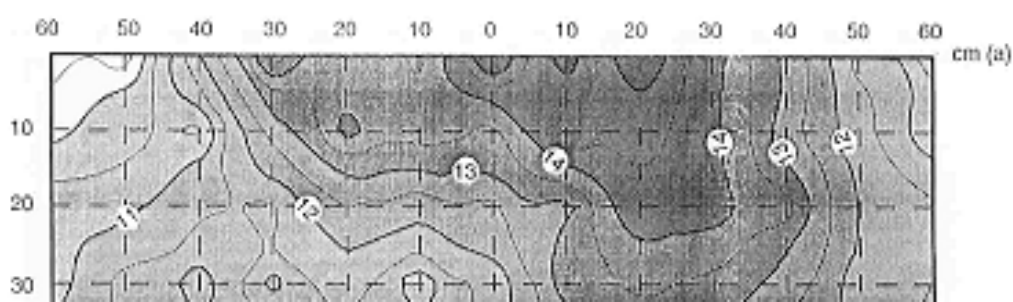
Még nagyobb különbség tapasztalható az egyes kezelések közötti nedvességtartalomban akkor, ha a mérés egy nappal egy kiadós csapadék (33,6 mm) után (1996. április 28.-án) történt. Ebben az időpontban (szintén a talaj felső 50 cm-es rétegében) az istállótrágya takarás alatt például 38%-kal volt nagyobb a nedvességtartalom, mint a kapás kontroll talajában.

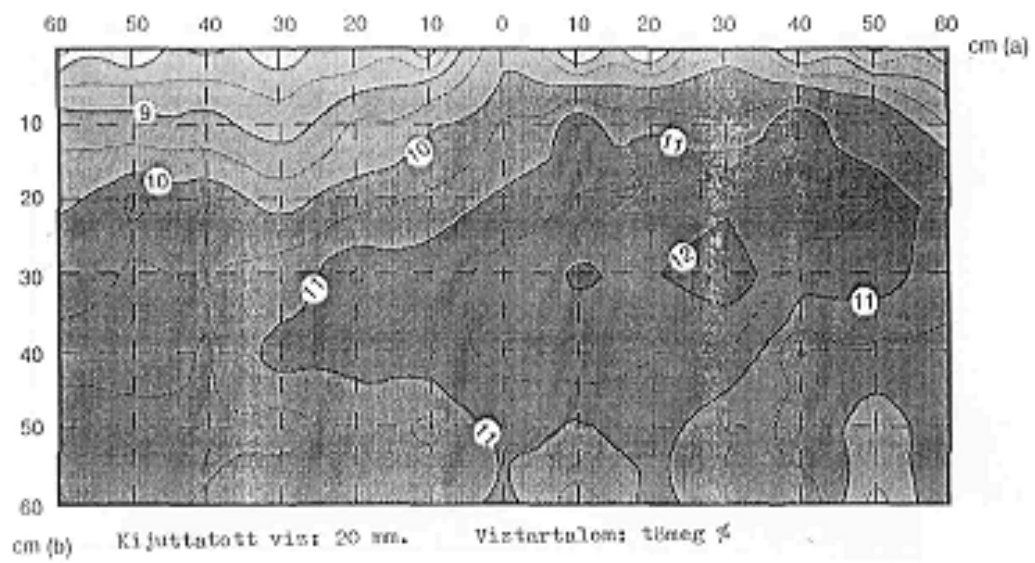
Az 1996. július 2.-án végzett öntözést követő napokon (2 és 10.) végzett nedvességmérési adatokat (az öntözőcsőtől különböző távolságban és eltérő talajmélységben) a kontroll- és az attól legnagyobb eltérést mutató kezelésre (istállótrágya) vonatkozóan az 1-2. ábrákon szemléltetjük.

A kapával művelt facsík talaja (kontroll) nyilvánvalóan az öntözés előtt is szárazabb volt, mint a facsíkok talaja. Ebből is következik, hogy a talaj nedvességtartalma már az öntözést követő második napon (1. ábra) is sokkal kevesebb volt, mint a takart facsíkokban (2. ábra), ami időben mind kevesebb lesz.

A 5. táblázat a talaj nedvességtartalmát foglalja össze kezelésenként a mintavételek évei és hónapjai szerint. Itt van feltüntetve a vizsgált hónapok csapadékösszege is.

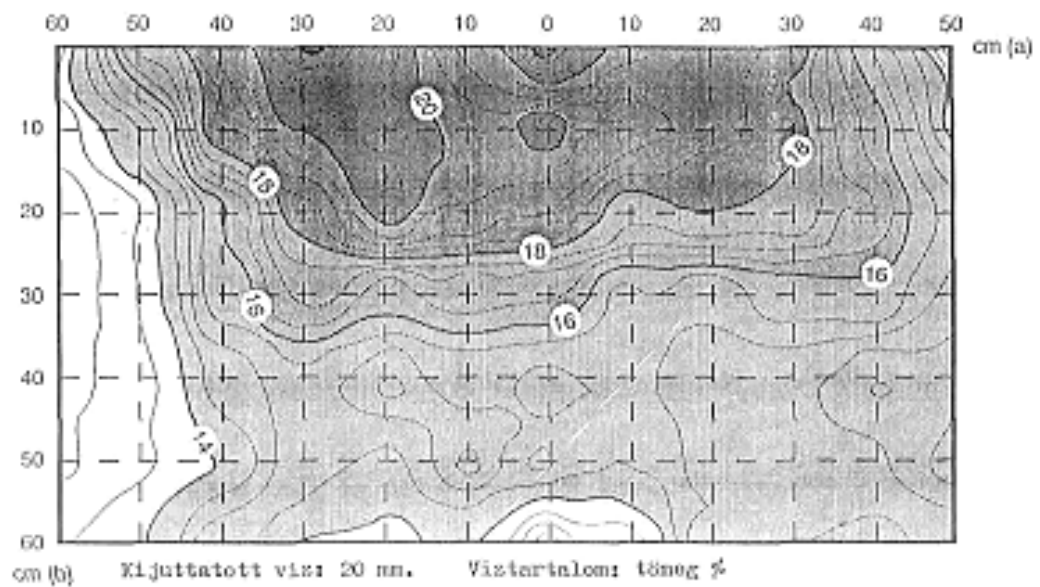
1. ábra: A talaj nedvességtartalmának változásai az öntözőcsőtől való távolságtól, a talajszinttől függően az öntözés időpontját követő 2. és 10. napon a kontroll területén (BUBÁN et al., 1997)





a: az öntözőcsőtől mért távolság; b: talajmélység

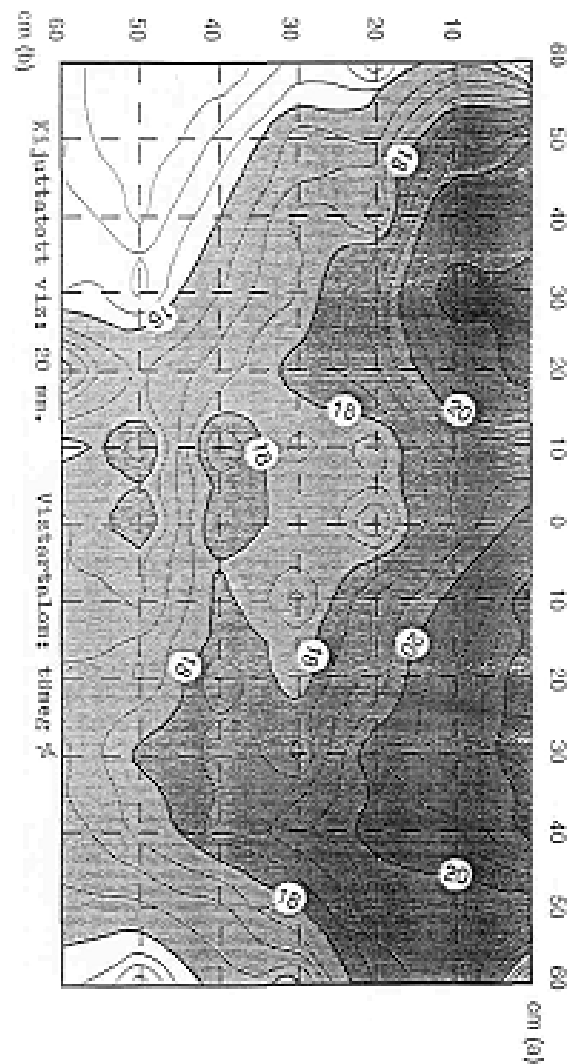
2. ábra: A talaj nedvességtartalmainak változása az öntözőcsőtől mért távolságtól, a talajszinttől függően az öntözés időpontját követő 2. és 10. napon az istállótrágya takarás alatt (BUBÁN et al., 1997).



6. táblázat: Az egyes kezelések talajának nedvességtartalma a mintavétel időpontjában (0-20 cm; m/m%) és a csapadék mennyisége a vizsgált hónapokban (mm).

Hónapok				
IX. hó	XI.hó		Átlag	
2001	2000	2001	2000	2001
15,54	9,30	11,20	8,75	11,31
12,46	10,70	12,50	8,13	11,99
14,00	11,20	12,80	10,27	11,95
10,56	9,30	8,69	8,84	8,42
11,58	10,10	11,10	9,16	9,75
14,00	10,90	12,40	10,83	12,56
86,7	27,0	32,3	43,8	69,9

a: az öntözőcsőtől mért távolság; b: talajmélység



	Kézelések						
		III. hó		V. hó		VII. hó	
		2000	2001	2000	2001	2000	2001
1.	Kontroll	12,17	13,63	4,51	8,33	5,88	7,84
2.	Agroszövet	12,01	13,04	4,51	10,32	4,75	11,64
3.	Feketefólia	13,00	13,73	6,18	9,20	7,26	10,00
4.	Kontroll	10,92	11,51	8,09	5,59	3,89	5,76
5.	Agroszövet	11,05	12,11	7,41	6,34	5,92	7,63
6.	Feketefólia	12,63	14,36	9,66	10,05	8,75	12,00
	Csapadék (mm)	49,1	105,0	22,0	13,8	82,4	111,5
							38,40

A 6. táblázatból látható, illetve könnyen kiszámítható, hogy a két év öt azonos (március, május, július, szeptember, november) hónapjában hullott csapadék mennyisége között lényeges különbség van. A csapadék összege az öt hónapban 2000-ben 218,9; míg 2001-ben 349,3 mm, ami 159,57 % csapadéktöbbletet jelent.

Az egész évi (illetve az I.-IX havi) csapadékmennyiség alapján a 2000. év (340,2 mm) száraz, a 2001. év (587,3 mm) viszont átlagos volt. Az év utolsó három hónapjában 2001-ben hullott 46,5 mm-rel együtt az éves csapadékösszeg 633,8 mm volt.

4.3. A mikrobiológiai vizsgálatok eredményei

A több éven át végzett vizsgálataink eredményeinek teljes és részletes ismertetésére e helyen nincs lehetőség. Így a cellulózbontó aktivitás szabadföldi és laboratóriumi körülmények között végzett vizsgálatának eredményeit összefoglaló ábrán mutatjuk be. Az aktivitásvizsgálatokat kiegészítő, illetve azok eredményeit alátámasztó baktérium és mikroszkópikus gombák kvantitatív változásának vizsgálatával kapcsolatos eredményeinket pedig táblázatokban foglaljuk össze.

4.3.1. Szabadföldi (természetes) viszonyok között végzett (tényleges) cellulózbontó aktivitás vizsgálati eredményei

A vizsgálatokat 1996-1997-ben négy, 2000-2001 években két takaróanyag alatti talajban végeztük. A tesztek márciusi lerakás után minden évben négy alkalommal kéthónaponként (május, július, szeptember, november) szedtük fel.

A negyedik időpontban (8 hónap múlva) felszedett tesztek cellulóztartalmának az istállótrágyával, szalmával és fenyőkéreg zúzalékkal takart parcellák talajában közel 100 %-a bomlott le. A feketefóliával takart talajban ugyanez az arány 80, a kontrollban 65 % volt. A kezelések (a különböző takaróanyagok) cellulózbontó aktivitásra gyakorolt hatásának sorrendjében (istállótrágya, szalma, fenyőkéreg zúzalék, feketefólia, kapás kontroll).

7. táblázat: A tényleges cellulózbontó aktivitás az egyes kezelésekben (1996- 1997)	Takaróanyagok		SZD _{p=5%}
	Szalma	27,00 ^e	1,68
		51,01 ^c	5,26
		79,01 ^d	4,53
		98,00 ^e	3,67
	Szalma	40,00 ^e	SZD _{p=5%}
		60,00 ^e	2,15
		75,00 ^a	2,46
		100,00 ^b	1,58
			3,67
	Az eltérő betűk szignifikáns		

8. táblázat: A
tényleges
cellulóz-bontó aktivitás
dinamikája az egyes
kezelésekben (1996-

Takaróanyagok	
Szalma	SZD _{p=5%}
27,00 ^e	1,68
24,01 ^d	1,03
28,00 ^e	1,88
18,98 ^e	1,58
Szalma	SZD _{p=5%}
40,00 ^e	2,15
20,00 ^c	2,15
15,00 ^e	4,34
25,00 ^d	2,15

Az eltérő betűk

Mintavétel				
1996	Kontroll	Fenyőkéreg zúzalék	Istállótrágya	Feketefólia
Május	17,01 ^a	21,00 ^b	30,00 ^c	11,01 ^d
Július	21,02 ^a	42,01 ^b	52,00 ^c	20,01 ^a
Szeptember	31,02 ^a	74,00 ^b	88,00 ^c	33,02 ^a
November	65,01 ^a	96,00 ^b	100,00 ^c	80,02 ^d
1997	Kontroll	Fenyőkéreg zúzalék	Istállótrágya	Feketefólia
Május	25,00 ^a	46,00 ^b	50,00 ^c	19,00 ^d
Július	50,01 ^a	70,00 ^b	75,00 ^c	30,00 ^d
Szeptember	75,03 ^a	80,00 ^b	80,00 ^b	70,00 ^c
November	80,02 ^a	100,00 ^b	100,00 ^b	100,00 ^b

Mintavétel	Kontroll	Fenyőkéreg zúzalék	Istállótrágya	Feketefólia
1996				
Március-május	17,01 ^a	21,00 ^b	30,00 ^c	11,01 ^d
Május-július	4,01 ^a	21,01 ^b	22,00 ^b	9,00 ^c
Július-	10,00 ^a	31,99 ^b	36,00 ^c	13,01 ^d
Szept.-november	33,99 ^a	21,99 ^b	12,00 ^c	47,00 ^d
1997				
	Kontroll	Fenyőkéreg zúzalék	Istállótrágya	Feketefólia
Március-május	25,00 ^a	46,00 ^b	50,00 ^c	19,00 ^d
Május-július	25,01 ^a	24,00 ^a	25,00 ^a	11,00 ^b
Július-	250,2 ^a	10,00 ^b	5,00 ^c	40,00 ^d
Szept.-november	4,99 ^a	20,00 ^b	20,00 ^b	30,00 ^c

Az egyes hónapok közötti eltérést varianciaanalízissel vizsgáltuk. Az istállótrágya hatása májusban, szeptemberben és novemberben szignifikánsan, júliusban nem szignifikánsan volt jobb, mint a második legjobb szalmáé. A harmadik legkedvezőbb eredményt minden hónapban szignifikánsan a fenyőkéreg zúzalék adta. A kontroll talajban májusban és júliusban magasabb, szeptemberben és novemberben alacsonyabb aktivitást mértünk, mint a feketefóliával takartban, igaz a júliusi különbség nem szignifikáns (7. táblázat).

A cellulóz lebomlásának dinamikáját vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy - mindig az előző mintavételi időponthoz képest mérve - a fenyőkéreg zúzalékkal takart talajban bomlott le a legegyszerűsebben a cellulóz. Ezt követte az istállótrágya és a szalma, majd a feketefólia, és a kontroll. A varianciaanalízisből az is kiderül, hogy a dinamikában

bekövetkezett különbségek mind a négy mintavételi időpontban szignifikánsak voltak az egyes takaróanyagokra nézve. Májusban és szeptemberben az istállótrágya, júliusban a szalma, novemberben a feketefólia takarás alatt volt szignifikánsan a magasabb a cellulózbontó aktivitás (8. táblázat).

1997-ben a tesztek valamennyi felszedési időpontjában a feketefólia, az istállótrágya és a szalmatakarás alatt magasabb volt a cellulózbontó aktivitás, mint a kontroll illetve a feketefóliával takart talajban (kivéve az utolsó, novemberi felszedést). A fenyőkéreg zúzalékkal és az istállótrágyával fedett talajban a cellulózbontó aktivitás mindvégig közel azonos volt. A kísérlet végére a kontroll talajban bomlott le a legkevesebb cellulóz 80%, míg a többi kezelésben az összes cellulóz elbomlott. Érdekes, hogy bár a feketefólia alatt is lebomlott az összes szubsztrát, mégis csak a novemberi felszedéskor előzte meg a kontroll talajban mért értékeket. A 7. táblázatból látható, hogy a május és július hónapban mért különbségek szignifikánsak. Szeptemberben az istállótrágya és a fenyőkéreg zúzalék, valamint a szalma és a kontroll hatása között nem volt szignifikáns az eltérés. Novemberben a kontroll volt szignifikánsan a legalacsonyabb hatású, a többi takaróanyag azonos hatása mellett.

A lebomlás dinamikája az előző évitől eltérően a kontroll esetében volt a legegyszerűsebb. Az első három vizsgálati időpontban ugyanolyan arányú volt a bomlás.

A dinamika a fenyőkéreg zúzalékkal, istállótrágyával és a szalmával takart talajban egymáshoz hasonló volt; májusban bomlott a legtöbb és szeptemberben a legkevesebb. A szalmatakarás esetében a legtöbb cellulóz szeptemberben, a legkevesebb júliusban bomlott. A 8. táblázatban feltüntetett adatokból látható, hogy a májusban és szeptemberben valamennyi mért különbség szignifikáns. Júliusban a kontroll, a fenyőkéreg zúzalék és az istállótrágya, novemberben a szalma, a fenyőkéreg zúzalék és az istállótrágya hatása közötti eltérés nem volt szignifikáns.

2000-ben az első mintavétel alkalmával a 3. és a 6. kezelés (feketefólia), a többi mintavétel alkalmával a 2. és 5. kezelés (agroszövet) talajában mértük a legmagasabb cellulózbontó aktivitást. Az 1. és 4. kezelés (kontroll) mindig a legalacsonyabb értéket mutatta. Májusban a 3.,6. és az 1., 4., júliusban a 2.,3. és az 5., 6., szeptemberben a 4. , 5., novemberben a 3.,4. és a 2.,5. kezelés értékei csak nem szignifikánsan különböztek egymástól (9. táblázat).

10.

táblázat: A

tényleges

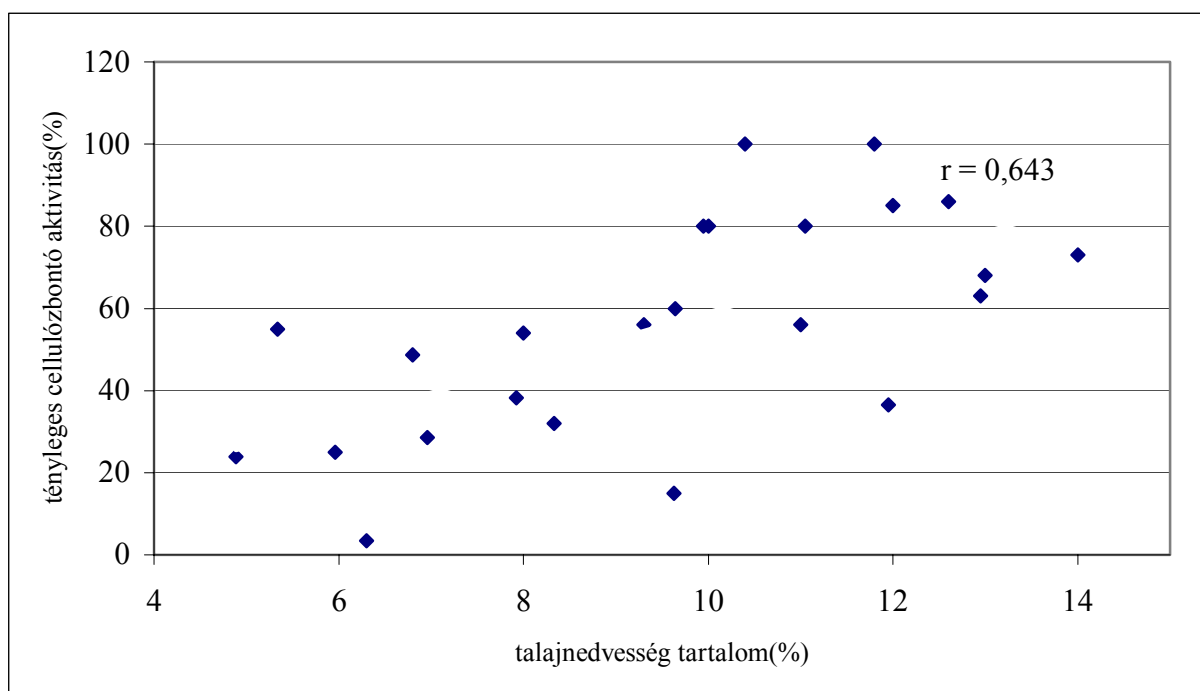
SZD _{P=5%}	Fajta	Brown's Apple			Dabinett		
		Kezelések					
	2000	1. Kontroll	2. Agroszövet	3. Feketefólia	4. Kontroll	5. Agroszövet	6. Feketefólia
2,13	Május	3,00 ^a	23,01 ^b	37,00 ^c	4,00 ^a	26,81 ^d	39,01 ^c
1,83	Július	17,60 ^a	50,00 ^b	50,01 ^b	30,02 ^c	60,01 ^d	58,01 ^d
1,15	Szeptember	25,00 ^a	76,00 ^b	58,01 ^c	48,00 ^d	82,01 ^e	68,02 ^f
1,52	November	42,01 ^a	100,00 ^b	74,01 ^c	70,02 ^c	100,00 ^b	86,01 ^d
SZD _{P=5%}	2001	1. Kontroll	2. Agroszövet	3. Feketefólia	4. Kontroll	5. Agroszövet	6. Feketefólia
2,68	Május	30,01 ^a	35,01 ^b	20,01 ^c	27,00 ^d	29,02 ^{ad}	10,01 ^e
3,64	Július	49,01 ^a	62,00 ^b	58,01 ^c	48,01 ^a	58,00 ^c	54,00 ^d
1,49	Szeptember	68,01 ^a	86,00 ^b	79,02 ^c	68,00 ^a	84,02 ^b	75,01 ^d
1,79	November	80,04 ^a	100,00 ^b	89,02 ^c	80,01 ^a	100,00 ^b	83,01 ^a

Az eltérő

Fajta	Brown's Apple			Dabinett		
	Kezelések					
2000	1. Kontroll	2. Agroszövet	3. Feketefólia	4. Kontroll	5. Agroszövet	6. Feketefólia
Március-május	3,00 ^a	23,00 ^b	37,00 ^c	4,00 ^a	26,81 ^d	39,01 ^c
Május-július	14,60 ^a	17,00 ^b	13,01 ^a	26,02 ^c	33,20 ^d	19,00 ^e
Július-	7,40 ^a	26,00 ^b	8,00 ^a	17,98 ^d	22,00 ^e	10,01 ^f
Szept.-november	17,01 ^a	24,00 ^b	16,00 ^c	22,02 ^d	18,00 ^e	17,98 ^e
2001	1. Kontroll	2. Agroszövet	3. Feketefólia	4. Kontroll	5. Agroszövet	6. Feketefólia
Március-május	30,01 ^a	35,00 ^b	20,01 ^c	27,00 ^d	29,02 ^{ad}	10,01 ^e
Május-július	19,00 ^a	27,00 ^b	38,00 ^c	21,01 ^a	28,98 ^b	43,99 ^d
Július-	19,00 ^a	24,00 ^b	21,01 ^c	19,99 ^{ac}	26,02 ^d	21,01 ^c
Szept.-november	12,03 ^a	14,00 ^b	9,00 ^c	12,01 ^a	15,98 ^d	8,00 ^c

Mivel a cellulózszintő aktivitás többször is a magasabb nedvességtartalmú talajban volt a nagyobb, korrelációsanalízist végeztünk annak eldöntésére, hogy van-e összefüggés a talaj nedvességtartalma és az általunk mért tényleges cellulózszintő aktivitás között (3. ábra).

3. ábra: A talaj nedvességtartalma és a tényleges cellulózbontó aktivitás közötti



összefüggés

Az ábráról leolvasható, hogy kísérletünkben a talaj nedvességtartalma és tényleges cellulózbontó aktivitása között ($r=0,643$) közepes erősségű, $P=0,01$ szinten szignifikáns korreláció állt fent, vagyis a nedvességtartalom hatással volt a cellulózbontó aktivitásra.

4.3.2. Laboratóriumi (mesterséges) körülmények között végzett (potenciális) cellulózbontó aktivitás vizsgálati eredményei

Az említett módszerrel és az általunk módosított Petkov-Markova-féle eljárás szerint végzett cellulózbontó aktivitás vizsgálati eredményeit a 11. táblázatban tüntettük fel. A mintavételi időpontokat a módszertani fejezetben ismertettük. A laboratóriumba szállított tavaszi és őszi mintákat egyformán két-két alkalommal vizsgáltuk a leírt három módszer szerint. Az első (1.) vizsgálat beállítása mind a tavaszi, mind az őszi minták esetén a beszállítást követően, míg a második (2.) vizsgálat a tavaszi mintáknál három, az őszi mintáknál hat hónap után történt.

A kísérlet első évének (1996) vizsgálati eredményeit mutató 13. ábrán megfigyelhető, hogy ha a kontrollban lebontott cellulóz mennyiségét 100%-nak vesszük, akkor a tavaszi minták első vizsgálata alkalmával egy kivételével (fenyőkéreg zúzalék) a bontás mértéke a kontroll alatt maradt. A fenyőkéreg zúzalékkal takart talaj cellulózbontó aktivitása is csak 20%-kal haladta meg a kontroll talajét. A kontroll és a feketefólia hatása közötti különbség nem volt szignifikáns (11. táblázat). A tavaszi minta 2. vizsgálatának eredményei az 1. vizsgálathoz képest jelentős különbségeket mutatnak. Itt már a fenyőkéreg zúzalékkal takart talaj cellulózbontó aktivitása 59, az istállótrágyával takarté 33, míg a szalmaé csak 10, a feketefóliáé pedig mindössze 8%-kal haladta meg a kontroll talaj cellulózbontó aktivitását. Az utóbbi három között nem volt szignifikáns az eltérés (11. táblázat).

11. táblázat: A potenciális cellulózbontó aktivitás [%] varianciaanalízise 1996-1997

	Kontroll	Fenyőkéreg zúzalék	Istállótrágya	Feketefólia	Szalma	SZD _{p=5%}
1996						
Tavaszi1	100 ^a	120 ^b	85 ^c	98 ^a	90 ^d	3,420
Tavaszi2	100 ^a	158 ^b	133 ^c	108 ^a	110 ^a	11,728
Ősz1	100 ^a	200 ^b	101 ^a	109 ^a	190 ^c	9,456
Ősz2	100 ^a	210 ^b	135 ^c	150 ^d	220 ^b	12,630
1997						
Tavaszi1	100 ^a	117 ^b	69 ^c	92 ^b	71 ^c	5,424
Tavaszi2	100 ^a	165 ^b	125 ^c	98 ^a	98 ^a	4,416
Ősz1	100 ^a	210 ^b	98 ^a	102 ^a	162 ^c	8,730
Ősz2	100 ^a	205 ^b	125 ^c	130 ^c	210 ^b	8,791

Az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek az egyes oszlopok között.

Az őszi minták vizsgálati eredményeit mutató 14. ábrán is látható, hogy az 1. és 2. vizsgálat eredményei között lényeges különbség nincs. Már az első vizsgálatnál is valamennyi kezelésben több cellulóz bomlott le, mint a kontrollban. Igaz, az istállótrágyával takart talaj cellulózbontó aktivitása csak 1 %-kal, fenyőkéreg zúzaléké viszont 100%-kal meghaladta a kontrollét. A szalma és a fenyőkéreg zúzalék hatása a kontrolltól és egymástól is szignifikánsan különbözött (11. táblázat). A 2. vizsgálat során nagyobb szignifikáns különbség alakult ki a kontroll és a takaróanyagok között. A kontroll és az istállótrágya hatása között (35%), és a legnagyobb aktivitást nem a fenyőkéreg zúzalék (210%), hanem a szalmatakarás (220%) eredményezte. Ez utóbbi nem volt szignifikáns (11. táblázat).

1997-ben a tavaszi minták első vizsgálata alkalmával egy kivételével (fenyőkéreg zúzalék) a bontás mértéke szignifikánsan a kontroll alatt maradt. A fenyőkéreg zúzalékkal takart talaj cellulózbontó aktivitása szignifikánsan 17%-kal haladta meg a kontroll talajét (11. táblázat). A tavaszi minta 2. vizsgálatának eredményei az 1. vizsgálathoz képest jelentős különbségeket mutatnak. Itt már a fenyőkéreg zúzalékkal takart talaj cellulózbontó aktivitása 65, az istállótrágyával takarté 25%-kal szignifikánsan haladta meg a kontroll talaj cellulózbontó aktivitását. A 2. vizsgálatnál a feketefóliával és szalmával takart kezelések szignifikánsan nem tértek el kontroll értékétől (11. táblázat).

Az őszi minták 1. és 2. vizsgálat eredményei között lényeges különbség van. Az első vizsgálatnál is csak az istállótrágyával takart talaj cellulózbontó aktivitása maradt pár % -kal, de nem szignifikánsan a kontrollé alatt. A szalmával takart talaj cellulózbontó aktivitása 62%-kal, a fenyőkéreg zúzalékkal takart talajé pedig 110%-kal szignifikánsan meghaladta a kontrollét (11. táblázat).

A 2. vizsgálat során viszont már valamennyi kezelés talajában mért cellulózbontó aktivitás szignifikánsan meghaladta a kontroll talajét. A fenyőkéreg zúzalék és a szalmatakarás alól származó talajmintában ekkor több mint 200%-os aktivitást mértünk, vagyis kétszeresen haladta meg a kontroll talajban kapott értékeket.

A 2000-ben végzett tavaszi 1.vizsgálat szerint a feketefólia takarás alatt a kontrolltól 8 %-kal alacsonyabb, illetve azzal megegyező aktivitást mértünk és az agroszövet alatti aktivitás is csak 2-4%-kal nem szignifikánsan haladta meg a kontrollt. A 2. vizsgálat alkalmával már mindkét takaróanyag jobban szerepelt. A feketefólia alatt a kontrollal megegyező, illetve attól 9%-kal, az agroszövet alatt 12-18%-kal magasabb aktivitást mértünk. A kontrolltól mért eltérések szignifikánsnak bizonyultak (12. táblázat).

Az ősszel mindkét vizsgálat és takaróanyag kedvezőbb hatású volt a kontrolltól, és magasabb értékeket adott, mint a tavaszi. Az 1. vizsgálatkor a feketefólia alatt 4-11, az agroszövet alatt 22-30%-kal bomlott több cellulóz, mint a kontroll alatt.

12. táblázat: A potenciális cellulózbontó aktivitás [%] varianciaanalízisére vonatkozó adatok 2000-2001

	Kontroll	Agroszövet	Feketefóli	Agroszövet	Feketefólia	SZD _{p=5%}
--	----------	------------	------------	------------	-------------	---------------------

			a			
2000						
Tavaszi1	100 ^a	102 ^a	92 ^b	104 ^a	100 ^a	5,649
Tavaszi 2	100 ^a	112 ^{bc}	100 ^a	118 ^c	109 ^b	7,921
Ősz1	100 ^a	122 ^b	104 ^{ac}	130 ^b	110 ^c	8,566
Ősz2	100 ^a	170 ^b	130 ^c	185 ^d	141 ^e	10,517
2001						
Tavaszi1	100 ^a	70 ^b	50 ^c	76 ^b	60 ^d	6,188
Tavaszi 2	100 ^a	75 ^b	60 ^c	80 ^d	68 ^e	5,954
Ősz1	100 ^a	106 ^{ab}	100 ^a	110 ^b	108 ^b	6,549
Ősz2	100 ^a	120 ^b	117 ^b	142 ^c	124 ^b	8,484

Az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek az egyes oszlopok között.

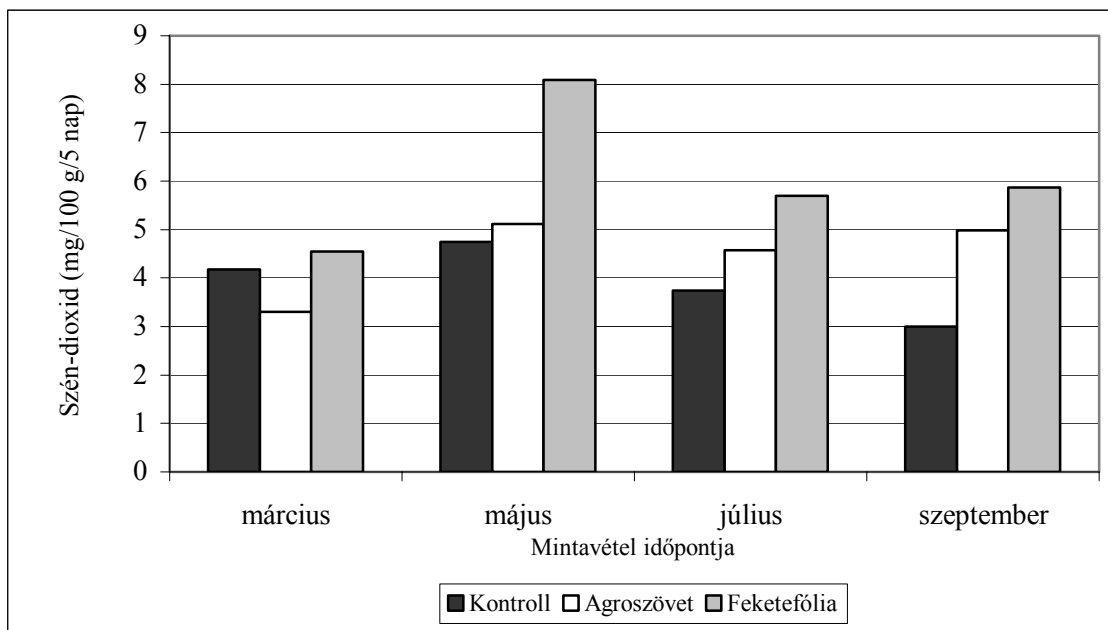
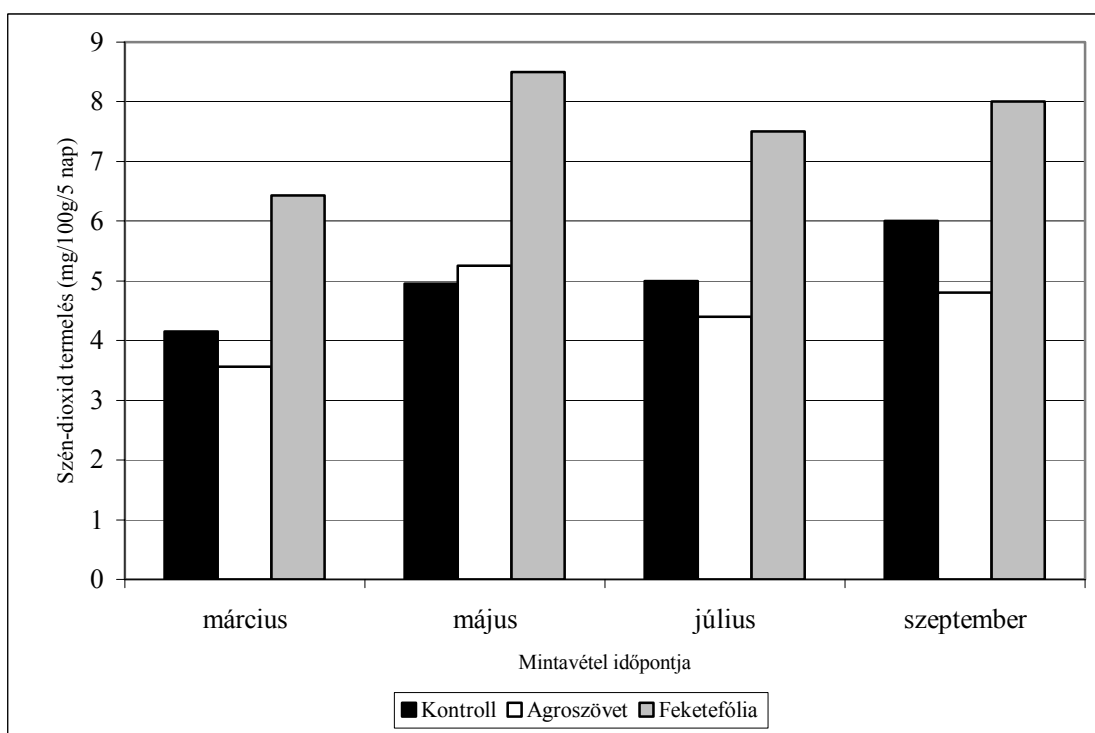
A 2. vizsgálat során a feketefólia esetében 30-41, az agroszövet esetében 70-85%-kal mértünk magasabb aktivitást, mint a kontrollnál. Ekkor valamennyi eltérés szignifikáns volt.

2001-ben az első és második tavaszi vizsgálat idején a kontroll talajban szignifikánsan magasabb volt a cellulózbontó aktivitás, mint a takart talajban. Ősszel pedig csak a 2. vizsgálat során volt minden esetben a kontroll szignifikánsan legalacsonyabb.

4.3.3. A talaj laboratóriumi körülmények között mért szén-dioxid termelésének eredményei

A hat takarásos kezelésben az egyes kezeléspárok (1-4; 2-5; 3-6;) – tehát a két alfajta alatti talaj – értékei között számottevő eltérést nem tapasztaltunk, ezért a szén-dioxid termelés szezonális változását a kezeléspárok átlagadataiként 5-6. ábrán ábrázoltuk.

2000-ben valamennyi kezelés esetében májusban termelődött a legtöbb szén-dioxid. A takart talaj szén-dioxid termelése a májusi csúcs után júliusra csökkent, majd szeptemberre enyhén növekedett. Ezzel szemben a kontroll kezelésben májustól szeptemberig fokozatos csökkenést figyeltünk meg.

5. ábra: A CO₂ termelés (mg/100 g/5 nap) változása a talajtakarás hatására 2000-ben6. ábra: A CO₂ termelés (mg/100 g/5 nap) változása a talajtakarás hatására 2001-ben

A legkevesebb szén-dioxid a kontroll kezelésben szeptemberben, a takart talajban márciusban képződött. A legtöbb szén-dioxid a fekete fóliával takart talajban termelődött, ezt követte az agroszövet fólia (kivéve március), majd a kontroll kezelés.

2001-ben a takart talaj szén-dioxid termelése az előző évihez hasonlóan májusban, míg a kontroll talajé szeptemberben érte el a csúcspontját. Ennek megfelelően a takart talajban a szén-dioxid termelés dinamikája az előző évvel megegyezik, a kontrollé viszont pontosan ellentétes azzal. Valamennyi kezelés esetében márciusban termelődött a legkevesebb szén-dioxid. Minden vizsgált hónapban a fekete fólia takarás alatt képződött a legnagyobb mennyiségű szén-dioxid. Ezt követte márciusban, júliusban és szeptemberben a kontroll, majd az agroszövet fóliával takart talaj. Májusban az agroszövet takarás alatt valamivel több szén-dioxid képződött, mint a kontrollban.

Varianciaanalízist végeztünk, annak megállapítására, hogy az adott hónapban az egyes takaróanyagok (13. táblázat), a kezelések átlagában az egyes hónapok (14. táblázat), illetve a kezeléseknek éves szinten tapasztalt hatása a szén-dioxid termelésre (15. táblázat) a véletlennek köszönhető e, vagy sem.

13. táblázat: A takaróanyagok hatása a CO₂ termelésre (mg/100 g/5 nap) havonta

Mintavétel ideje	TAKARÓANYAGOK			SZD _{p=5%}
	KONTROLL	AGROSZÖVET	FEKETE FÓLIA	
2000				
március	4,18 ^a	3,30 ^b	4,54 ^a	0,441
május	4,74 ^a	5,11 ^b	8,09 ^c	0,292
július	3,74 ^a	4,57 ^b	5,65 ^c	0,129
szeptember	3,00 ^a	4,98 ^b	5,87 ^c	0,310
2001				
március	4,15 ^a	3,56 ^b	6,43 ^c	0,285
május	4,95 ^a	5,25 ^a	8,50 ^b	0,400
július	5,00 ^a	4,40 ^b	7,50 ^c	0,416
szeptember	6,00 ^a	4,80 ^b	8,00 ^c	0,401

Az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek az egyes oszlopok között.

A 13. táblázatból jól látszik, hogy 2000-ben minden hónapban a feketefóliával takart talajban keletkezett a legtöbb szén-dioxid. Ez a különbség a kontrollhoz képest 8,6-195,6 %, az agroszövethez képest 117,8-158,3 % volt, mely az agroszövettel szemben minden

esetben, a kontrollal szemben pedig március kivételével szignifikánsnak bizonyult. Az agroszövet takarás alatt márciusban szignifikánsan kevesebb, a többi mintavétel idején szignifikánsan több CO₂ termelődött (107,8-166%), mint a kontroll talajban. A két takaróanyag közül márciusban és júliusban a feketefólia, májusban az agroszövet fólia alatt termelődött szignifikánsan a legtöbb CO₂.

2001-ben sem kaptunk más képet a takaróanyagok havonta mért hatásáról, mint a megelőző évben. Ekkor is fekete fólia alatt mértük a szignifikánsan legmagasabb szén-dioxid termelést, mely a kontrolltól 33,3-71,7; az agroszövevtől 61,9-80,6 %-kal volt magasabb. Az agroszövet fólia alatt termelődött CO₂ mennyisége márciusban (85,7%), júliusban (88 %) és szeptemberben (80 %) szignifikánsan alacsonyabb, májusban nem szignifikánsan magasabb (106 %) volt, mint a kontroll talajban mért. A két takaróanyag közül ebben az évben is minden hónapban szignifikánsan a feketefólia alatt termelődött több szén-dioxid.

A CO₂ termelés dinamikáját vizsgálva megállapíthatjuk, hogy mindkét vizsgált évben, és a két év átlagában is márciusban termelődött szignifikánsan a legkevesebb és májusban a legtöbb CO₂ a kezelések átlagában. Ez alól csak 2001 szeptemberi csúcsa a kivétel, de ez nem mutat szignifikáns különbséget a május havival szemben (14. táblázat).

14. táblázat: A mintavétel időpontjának (hónapok) hatása a CO₂ termelésre (mg/100 g/5 nap) a kezelések átlagában

Mintavétel ideje	Kezelések átlaga		
	2000	2001	2000-2001
március	4,007 ^a	4,713 ^a	4,360 ^a
május	5,980 ^c	6,233 ^b	6,107 ^b
július	4,667 ^b	5,633 ^c	5,150 ^c
szeptember	4,617 ^b	6,267 ^b	5,442 ^c
SZD_{P=5%}	0,489	0,519	0,570

Az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek az egyes oszlopok között.

A különböző takaróanyagok alatti talajban az egy év alatt termelődött CO₂ mennyiségre vonatkozó adatok statisztikai elemzése azt mutatja, hogy a 3 és 6. kezelések (feketefólia)

szignifikánsan növelték a talaj CO₂ termelését a többi kezeléshez képest, mely utóbbiak között szignifikáns eltérés nem volt tapasztalható (15. táblázat).

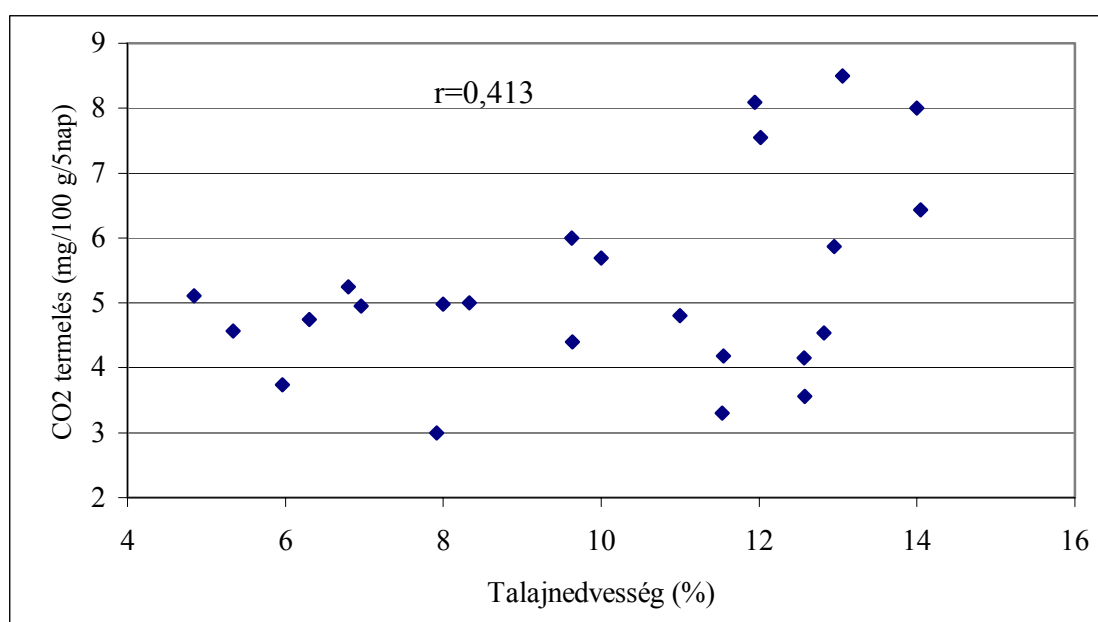
15. táblázat: A kezelések (takaróanyagok) hatása az éves CO₂ termelésre (mg/100 g/5 nap)

Kezelések		2000	2001	2000-2001
1.	Kontroll	3,708 ^a	4,983 ^a	4,345 ^a
2.	Agroszövet	4,365 ^a	4,475 ^a	4,420 ^a
3.	Feketefólia	5,975 ^b	7,525 ^b	6,750 ^b
4.	Kontroll	4,123 ^a	5,068 ^a	4,595 ^a
5.	Agroszövet	4,615 ^a	4,530 ^a	4,573 ^a
6.	Feketefólia	6,120 ^b	7,690 ^b	6,905 ^b
SZD _{p=5%}		1,212	0,636	0,724

Az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek az egyes oszlopok között.

A talaj nedvességtartalma és a CO₂ termelés közötti kapcsolatra vonatkozó összefüggést a 7. ábrán tüntettük fel.

7. ábra: A talaj nedvességtartalma és a CO₂ termelés közötti kapcsolat



Eszerint a talaj nedvességtartalma és CO₂ termelése között közepes erősségű pozitív ($r=0,413$) összefüggést találtunk. A korrelációs együttható értéke $P=0,05$ szinten szignifikáns. Tehát a nagyobb talajnedvesség együtt járt a nagyobb mennyiségű CO₂ termelésével. Ez valószínűleg azzal magyarázható, hogy a talaj nedvességtartalmának növekedése a mikrobák szaporodásának elősegítésén keresztül hatott a CO₂ termelésére.

4.3.4. A talaj enzimaktivitásának vizsgálati eredményei

Az enzimaktivitás 2000. és 2001. év különböző hónapjaiban mért számszerű értékeit a vizsgált öt enzimre vonatkozóan a 16. és 17. táblázatban tüntettük fel.

A foszfatáz enzim aktivitása 2000-ben májusban volt a legmagasabb és az 5. kezelés kivételével (július) novemberben a legalacsonyabb. 2001-ben a március (6. kezelés), május (2-5. kezelés) és a szeptember (1. kezelés) hónapokban mértük a legmagasabb és november hónapban a legalacsonyabb aktivitás értékeit. Az aktivitás változásának tendenciája mindkét évben hasonló volt.

Márciusról májusra az aktivitás 4,43-53,72%-kal nőtt, júliusra 18,9-34,33 %-kal csökkent. Szeptemberre ismét növekedés (3,69-35%), novemberre pedig 9,96-53,33%-os csökkenés figyelhető meg. Az aktivitás növekedése 2000 novembere és 2001 márciusa között 71,25-175,82% volt.

A vizsgált talajminták közül 2000-ben a májusi (5.kezelés), a szeptemberi (2. kezelés) és a novemberi (1., 3., 4., 6.) mutatta a legmagasabb, a júliusi a legalacsonyabb szacharáz aktivitást. 2001-ben valamennyi kezelésnél novemberben volt a legmagasabb és júliusban a legalacsonyabb a szacharáz aktivitás. A szacharáz aktivitásának szezonális változása a következő képet mutatja. Májusban 20-38%-kal magasabb, júliusban 25,68-39,98%-kal alacsonyabb, szeptemberben 20,82-46,67%-kal magasabb, novemberben (a foszfatáztól eltérően) 1,16 %-kal alacsonyabb vagy 17,81 %-kal magasabb aktivitás értékeit mértünk, mint az azt megelőző hónapban. Elterést mutat a 2000 novembere és 2001 márciusa közötti aktivitásváltozás is. Ugyanis a kísérlet második évének tavaszára lényegesen kisebb mértékű aktivitásnövekedést (2-30%), illetve egyes kezelésekben (1. és 3.) kismértékű aktivitás csökkenést (10%) tapasztaltunk.

16.táblázat: Az enzimek aktivitásának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint (I.)

Kezelések	2000. évben					2001. évben				
	hónapok									
	III.	V.	VII.	IX.	XI.	III.	V.	VII.	IX.	XI.
a) Foszfátáz (P ₂ O ₅ mg/g/2 h)										
1.	2,11	2,24	1,48	1,82	1,29	2,23	2,96	2,20	2,97	2,06
2.	2,52	2,70	1,82	2,09	1,18	2,42	3,72	2,71	2,81	2,21
3.	1,86	2,20	1,76	1,95	0,91	2,51	2,86	2,52	2,82	2,33
4.	2,03	2,14	1,71	1,97	1,67	2,86	3,11	2,31	2,78	2,40
5.	2,43	2,68	1,76	2,01	1,81	3,16	3,30	2,90	2,86	2,47
6.	2,01	2,21	1,67	1,86	1,56	2,96	2,89	2,46	2,71	2,38
b) Szacharáz (glükóz mg/g/24 h)										
1.	4,36	5,92	4,12	5,39	6,35	5,88	7,35	5,26	8,17	8,68
2.	5,69	6,86	5,21	6,92	6,84	6,91	8,41	6,37	9,65	10,23
3.	4,61	6,37	4,05	5,94	6,52	5,94	8,05	5,41	9,14	9,64
4.	4,31	5,22	3,88	5,43	5,87	6,86	7,65	4,95	8,21	8,73
5.	5,72	6,88	4,13	5,96	6,45	7,86	8,82	5,71	9,87	10,32
6.	4,82	5,95	3,94	5,45	6,12	6,92	7,96	5,06	8,66	9,11
c) Ureáz (NH ₄ mg/100 g/24 h)										
1.	30,6	40,3	29,6	43,2	41,2	33,5	42,4	31,2	41,3	45,1
2.	32,8	41,9	33,2	45,4	46,5	35,2	45,3	36,4	46,2	49,5
3.	29,4	37,8	26,6	42,8	41,5	33,1	43,2	32,1	42,4	46,3
4.	29,9	38,5	23,5	41,9	42,8	31,4	41,5	29,7	41,9	43,6
5.	33,1	42,7	25,1	44,2	48,6	34,6	44,7	33,4	45,2	51,4
6.	31,2	40,6	22,7	42,1	49,4	32,3	42,3	32,9	42,7	50,2

17.táblázat: Az enzimek aktivitásának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint (II.)

Kezelések	2000. évben					2001. évben				
	hónapok									
	III.	V.	VII.	IX.	XI.	III.	V.	VII.	IX.	XI.
d) Kataláz (O ₂ cm ³ / 2 g/1 perc)										
1.	4,0	5,5	4,5	6,0	6,5	4,5	6,5	5,0	7,5	8,0
2.	4,5	6,0	5,0	6,5	7,0	5,0	7,0	6,5	9,0	10,0
3.	4,0	6,0	4,5	6,5	7,0	4,5	6,5	5,5	7,5	8,5
4.	3,5	6,0	4,5	6,0	6,0	4,5	7,5	6,0	6,5	7,0
5.	4,5	6,5	5,0	7,0	6,5	6,0	8,0	7,5	8,0	8,5
6.	4,0	6,0	5,0	6,5	6,5	6,0	6,5	6,5	7,5	7,5
e) Kataláz (O ₂ cm ³ / 2 g/2 perc)										
1.	4,5	8,5	6,5	9,5	10,0	7,5	12,5	9,5	10,5	11,0
2.	6,0	10,5	7,0	10,5	11,5	8,5	14,5	11,5	12,0	13,0
3.	5,0	9,5	6,5	10,0	10,5	8,0	13,0	10,0	11,0	12,0
4.	5,5	9,0	6,0	9,5	9,0	7,0	12,0	9,0	10,0	10,5
5.	7,5	10,5	8,5	11,0	9,5	8,0	15,5	10,5	11,5	12,5
6.	6,0	10,0	7,5	10,5	9,0	7,5	13,0	9,5	10,5	11,0
f) Dehidrogenáz (INTF µg/ g)										
1.	52,2	57,5	51,5	55,5	62,5	61,2	65,5	58,5	63,5	68,5
2.	55,4	56,5	53,0	57,5	64,5	65,4	67,0	62,0	65,4	72,6
3.	52,7	54,0	51,9	58,5	63,0	60,5	65,3	58,5	62,3	69,9
4.	53,8	56,0	52,5	56,5	65,0	62,0	63,4	57,7	61,4	69,8
5.	56,9	58,0	55,0	57,5	71,2	66,2	65,9	59,5	62,5	77,4
6.	54,4	55,5	51,5	56,0	70,0	63,1	64,5	58,2	63,4	73,2

Az ureáz enzim aktivitása 2000-ben szeptemberben (1. és 3. kezelés) és novemberben (2., 4., 5., 6. kezelés) volt a legmagasabb és júliusban a legalacsonyabb. 2001-ben egyöntetűbb

volt a tendencia. A legtöbb ureáz minden kezelt talajban novemberben, a legkevesebb júliusban képződött. A márciustól májusig tartó 25,56-32,16 %-os növekedést júliusra jelentős csökkenés (19,65-44,09), majd szeptemberre 26-85,66 %-os növekedés követte. Novemberben az aktivitásváltozás $-4,63\%$ és $+17,56\%$ volt szeptemberhez képest. 2000 novembere és 2001 márciusa között 18,69-34,62 %-os aktivitáscsökkenés játszódott le.

A kataláz enzim aktivitását egy és két perces reakcióidő után is mértük. Az mindkét esetben, mindkét vizsgálati évben márciusi minta produkálta a legalacsonyabb értéket. A mintavétel időpontjait vizsgálva látható, hogy az aktivitás márciusról májusra 33,33-71,43 %-kal nőtt, júliusra 16,67-25%-kal csökkent, szeptemberre 30-44,44 %-kal növekedett. Novemberben a kataláz aktivitás alacsonyabb (7,15 %-kal), stagnáló, vagy magasabb (8,33 %-kal) szintet ért el, mint szeptemberben. A kétperces reakcióidő után mért kataláz aktivitás 2000-ben tendenciájában és mértékében is szinte azonos volt az egyperces katalázéval, bár az aktivitás számszerű értékét tekintve minden hónapban a kétperces kataláz adta a magasabb értéket. 2001-ben a kataláz aktivitásának változása az előző évhez képest rapszódikusabban alakult. A legalacsonyabb értéket szintén márciusban mértük, a legmagasabbat novemberben. A leglényegesebb különbség, hogy novemberben nem csökkenést vagy stagnálást, hanem kismértékű növekedést figyeltünk meg a kataláz aktivitásban szeptemberhez képest. Ugyancsak érdekes, hogy a májusi aktivitásnövekedés meghaladja az előző évit, de a szeptemberi növekedés alulmarad a júliusban, az előző évihez hasonló, aktivitáscsökkenéssel szemben.

A talajminták dehidrogenáz aktivitása mindkét évben júliusban volt a legalacsonyabb és novemberben a legmagasabb.

Minden vizsgált enzim aktivitása a második, csapadékosabb évben mutatott magasabb értékeket.

Statisztikai vizsgálatot (varianciaanalízis) végeztünk annak eldöntésére, hogy a különböző kezelések talajában mért eltérő enzimaktivitás a kezelésnek vagy a véletlennek köszönhető e. A számadatokat a 18. táblázatban tüntettük fel.

18. táblázat: Az enzimek aktivitásának változása kezelésenként 2000-2001 átlagában.

Kezelések	a) Foszfátáz (P₂O₅mg/g/2 h)	b) Szacharáz (glükóz mg/g/24 h)	c) Ureáz (NH₄ mg/100 g/24 h)	d) Kataláz (O₂ cm³/2g/1 perc)	e) Kataláz (O₂cm³/2g/2perc)	f) Dehidrogenáz (INTF µg/g)
1.	<i>2,136 a</i>	<i>6,148 a</i>	<i>37,840 ab</i>	<i>5,800 a</i>	<i>9,000 ab</i>	<i>56,640 a</i>
2.	<i>2,418 bc</i>	7,304 c	41,240 c	6,650 cb	10,500 d	61,930 c
3.	<i>2,172 a</i>	<i>6,567 b</i>	<i>37,520 ab</i>	<i>6,050 a</i>	<i>9,550 cd</i>	<i>59,660 b</i>
4.	<i>2,298 ac</i>	<i>6,111 a</i>	<i>36,470 a</i>	<i>5,750 a</i>	<i>8,750 a</i>	<i>59,810 b</i>
5.	2,538 b	7,172 c	40,300 c	6,750 c	10,500 d	63,010 d
6.	<i>2,271 a</i>	<i>6,399 ab</i>	<i>38,640 b</i>	<i>6,200 ab</i>	<i>9,450 cb</i>	<i>60,980 bc</i>
SZD_{P=5%}	0,186	0,308	1,595	0,459	0,503	1,478

Az oszlopon belül a különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek.

Eszerint valamennyi vizsgált enzim aktivitása szignifikánsan a 2. és az 5. kezelés talajában volt a legmagasabb. Vagyis az agroszövet fóliával takart talajban mért enzimaktivitások, valamennyi vizsgált enzim esetében szignifikánsan magasabbak voltak a fekete fóliával takart, illetve a takaratlan kontroll talajban mért aktivitásértékektől. Ugyanakkor a feketefólia takarás is, mutatott szignifikánsan magasabb enzimaktivitást (a foszfatáz enzim kivételével), mint a kontroll talaj.

Az 19. táblázatban a vizsgált öt enzimre vonatkozó éves (2000. és 2001.) aktivitási értékeket mutatjuk be. A táblázatban ismertetett átlagértékeket a tavaszi, nyári és őszi minták mindkét év azonos öt (március, május, július, szeptember, november) hónapjában mért aktivitási értékekből számítottuk.

19.táblázat: Az enzimek aktivitásának változása kezelésenként a havonta mért adatok átlagában évek szerint.

Kezelések száma	2000	2001	2000	2001
	a) Foszfatáz (P_2O_5 mg/g/2h)		d) Kataláz (O_2 cm³/2g/1 perc)	
1.	1,79	2,48	5,30	6,30
2.	2,06	2,77	5,80	7,50
3.	1,74	2,61	5,60	6,50
4.	1,90	2,69	5,20	6,30
5.	2,14	2,94	5,90	7,60
6.	1,86	2,68	5,60	6,80
	b) Szacharáz (glükóz mg/g/24h)		e) Kataláz (O_2 cm³/2g/2 perc)	
1.	5,23	7,01	7,80	10,20
2.	6,30	8,31	9,10	11,90
3.	5,50	7,64	8,30	10,80
4.	4,94	7,28	7,80	9,70
5.	5,83	8,52	9,40	11,60
6.	5,26	7,54	8,60	10,30
	c) Ureáz (NH_4 mg/100 g/24h)		f) Dehidrogenáz (INTF µg/g)	
1.	36,98	38,70	55,84	63,44
2.	39,96	42,52	57,38	66,48
3.	35,62	39,42	56,02	63,30
4.	35,32	37,62	56,76	62,86
5.	38,70	41,86	59,72	66,30
6.	37,20	40,08	57,48	64,48

Az 19. táblázat tanúsága szerint a csapadékosabb 2001. és a szárazabb 2000. évben vizsgált enzimek aktivitása között egyes esetekben kisebb, más esetekben nagyobb eltérés mutatkozik. Így például a foszfatáz enzim aktivitása az öt hónap átlagában 2000-hez viszonyítva 2001-ben 134,5 –150,22 %-os növekedést mutatott. Hasonló különbségek vannak a szacharáz enzim aktivitását illetően is, ahol a különbség 131,88-147,31 % között változnak. Az említett két példa egyértelműen utal arra, hogy a két év csapadékmennyiségének különbsége (közel azonos értékkel) az enzimek aktivitásában is megmutatkozik. A talaj nedvességtartalma és az enzimek aktivitása közötti kapcsolat statisztikai vizsgálatát korreláció számítással végeztük el (20. táblázat).

20. táblázat: A talaj nedvességtartalma és a vizsgált talajenzimek aktivitás közötti kapcsolat

	Korrelációs együttható (r)	Az r szignifikancia szintje
Talajnedvesség-Foszfatáz aktivitás	0,426	P<0,01
Talajnedvesség-Szacharáz aktivitás	0,480	P<0,01
Talajnedvesség-Ureáz aktivitás	0,396	P<0,01
Talajnedvesség-Kataláz 1 aktivitás	0,518	P<0,01
Talajnedvesség-Kataláz 2 aktivitás	0,556	P<0,01
Talajnedvesség-Dehidrogenáz aktivitás	0,559	P<0,01

A táblázat adataiból kiolvasható, hogy a talaj nedvességtartalmának változását a talajból általunk vizsgált valamennyi enzim aktivitásának azonos előjelű (+) változása követte. A korreláció a talaj nedvességtartalma és a kataláz illetve dehidrogenáz aktivitás között közepes, a foszfatáz, szacharáz és ureáz esetében gyenge, de szignifikáns volt.

A 21. táblázatban az egyes enzimaktivitások közötti összefüggést szemléltetjük.

21. táblázat: Az enzimaktivitásokra vonatkozó korrelációs mátrix (P<0,01)

	Foszfatáz		Ureáz		Szacharáz		Kataláz		Dehidrogenáz	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Foszfatáz	1,000		-	-	-	-	-	-	-	-
Ureáz	-0,022	0,080	1,000		-	-	-	-	-	-
Szacharáz	0,100	0,140	0,863	0,920	1,000		-	-	-	-
Kataláz	-0,214	0,054	0,845	0,809	0,784	0,777	1,000		-	-
Dehidrogenáz	-0,229	-0,080	0,760	0,817	0,652	0,792	0,652	0,594	1,000	

A 21. táblázat adatai azt mutatják, hogy a foszfatáz enzim aktivitásának változása nem korrelált a többi vizsgált enzim aktivitásával (az r értéke 0,3 alatt maradt). Ugyanakkor a többi enzim aktivitásában bekövetkezett változás között mind a két vizsgált évben közepes vagy szoros összefüggést tapasztaltunk. A legszorosabb ($r=0,863$; $r=0,920$) az összefüggés az ureáz és a szacharáz a „leggyengébb” ($r=0,652$; $r=0,594$) a kataláz és a dehidrogenáz aktivitása között mutatkozott. A korrelációs együttható értéke $P=0,01$ szinten szignifikáns volt.

4.3.5. Különböző fiziológiai csoportba tartozó mikroorganizmusok kvantitatív meghatározásának eredményei

Az 1996-1997 évi vizsgálatok eredményeit a 22. táblázatban foglaltuk össze.

22. táblázat: Az összes baktérium és a mikroszkopikus gombák számának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint.

Kezelések	1996. évben				1997. évben			
	hónapok							
	V.	VII.	IX.	XI.	V.	VII.	IX.	XI.
a) Összes baktériumszám(10^6)								
Kontroll	14,2	5,3	9,2	11,3	16,1	19,7	23,4	27,6
Szalma	13,6	4,9	8,4	10,9	15,4	18,4	21,6	24,3
Feketefólia	9,3	3,6	5,9	8,4	12,7	14,6	18,9	21,9
Istállótrágya	35,1	11,2	17,6	28,2	18,6	21,3	27,3	33,1
Fenyőkéreg zúzalék	17,6	5,9	10,7	12,6	17,5	20,7	25,2	29,6
b) Mikroszkopikus gombaszám(10^3)								
Kontroll	36,4	18,5	20,6	21,6	28,5	37,1	54,1	58,1
Szalma	51,6	36,4	35,9	36,4	45,1	53,2	65,9	70,3
Feketefólia	40,7	20,6	28,6	31,2	35,3	41,6	58,6	64,2
Istállótrágya	85,9	38,5	50,4	56,5	76,4	84,3	97,3	100,7
Fenyőkéreg zúzalék	37,4	24,3	31,5	39,4	29,2	39,6	61,6	68,9
c) Aerob cellulózbontók(10^2)								
Kontroll	1,68	0,86	1,40	1,0	0,68	1,74	2,16	1,80
Szalma	3,95	1,95	3,00	2,6	3,95	4,15	6,34	5,70
Feketefólia	2,16	1,36	2,00	1,8	1,18	2,36	3,45	2,90
Istállótrágya	11,50	2,28	6,90	5,3	54,12	41,06	36,2	25,16
Fenyőkéreg zúzalék	6,45	1,44	5,30	4,2	26,35	20,12	19,4	12,32

A különböző anyagokkal takart talajok 1996. évi vizsgálati eredményeit mutató 22. táblázatból látható, hogy az istállótrágyával takart talajokban a baktériumok (és gombák) száma a vizsgálat mind a négy időpontjában (május, július, szeptember, november) magasabb volt, mint a többi kezelésben és a kontrollban. A sorrendben második helyen a fenyőkéreg zúzalék alatti talaj mikróbaszáma következett. A takaró anyagok közül utolsó helyen a feketefólia volt, amely alatt a talaj mikróbaszáma alig haladta meg a kontroll talaj mikróbaszámát.

Ha az adatokat részletesebben elemezzük, akkor az is megfigyelhető, hogy a cellulózbontással közvetlen kapcsolatban lévő cellulózbontó baktériumok és mikroszkopikus gombák száma is (és minden esetben) az istállótrágyával takart talajokban volt a legnagyobb. A fenyőkéreg zúzalékkal takart talajban a cellulózbontók száma a második, a szalmával takart pedig a harmadik helyen volt.

Az 1997. évi eredmények az előző évihez hasonló tendenciát mutatnak. Az istállótrágyával takart talajok mikróbaszámának elsőbbsége nem kérdőjelezhető meg. A feketefóliával takart talajok baktériumszáma pedig több esetben a kontrolltól is elmarad.

A cellulózbontó baktériumok száma 1997-ben a négy vizsgálati időpont (V., VII., IX., XI. hó) átlagában (mint 1996-ban is) az istállótrágya, fenyőkéreg zúzalék, szalma, feketefólia és kontroll csökkenési sorrendet követte.

A 23. táblázatban az 1996-1997 évek átlagában mért baktériumszámok variancia analízisének eredményét mutatjuk be.

23. táblázat: A mikroorganizmusok számának változása kezelésenként 1996-1997 átlagában.

Kezelések	a) Összes baktériumszám (10^6)	b) Mikroszkopikus gombaszám (10^3)	c) Aerob cellulózbontók száma (10^2)
Kontroll	15,850 ^{ab}	34,363 ^a	1,415 ^a
Szalma	14,688 ^{ab}	49,350 ^b	3,955 ^{ac}
Feketefólia	11,913 ^a	40,100 ^{ad}	2,151 ^a
Istállótrágya	24,050 ^c	73,750 ^c	22,815 ^b
Fenyőkéreg zúzalék	17,475 ^b	41,488 ^d	11,948 ^c
SZD_{p=5%}	3,209	5,924	8,614

Az oszlopon belül a különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek.

A varianciák homogenitásának feltételei 99%-os biztonsági szinten teljesülnek.

Eszerint az összes baktériumszám a következő sorrendben nőtt: feketefólia, szalma, kontroll, fenyőkéreg zúzalék, istállótrágya. A kontrolltól szignifikánsan csak az istállótrágya hatása különbözött.

A mikroszkopikus gombaszám a kontroll, feketefólia, fenyőkéreg zúzalék, szalma, istállótrágya sorrendben nőtt. A fenyőkéreg zúzalék, szalma, istállótrágya hatása közötti különbség egymáshoz és a kontrollhoz képest is szignifikáns volt (23. táblázat).

Ugyancsak szignifikánsan különbözött a fenyőkéreg zúzalék és istállótrágya hatása egymástól és a kontrolltól. A szalma és a fenyőkéreg zúzalék hatása között viszont nem volt szignifikáns eltérés (23. táblázat).

A 2000-2001 évi vizsgálatok mikrobaszámokra vonatkozó számszerű értékeket a 24. és 25. táblázatban tüntettük fel.

24. táblázat: Az összes baktérium és a mikroszkopikus gombák számának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint.

Kezelések	2000. évben				2001. évben			
	hónapok							
	III.	V.	VII.	IX.	III.	V.	VII.	IX.
a) Összes baktériumszám(10^6)								
1.	2,0	4,3	1,5	2,5	1,7	2,9	1,2	2,5
2.	2,6	5,0	2,0	2,8	2,1	3,3	1,5	2,9
3.	2,3	4,5	1,8	2,6	1,8	3,0	1,3	2,7
4.	1,5	3,0	1,6	1,8	1,5	2,9	1,6	1,8
5.	2,2	5,3	3,7	2,8	2,5	4,3	2,9	3,6
6.	1,8	4,8	2,6	2,0	1,9	3,2	1,8	2,2
b) Mikroszkopikus gombaszám(10^3)								
1.	7	30	17	2	3	13	10	2
2.	12	48	43	9	5	47	20	6
3.	9	39	24	3	4	20	19	4
4.	3	14	22	1	2	10	8	3
5.	9	35	75	9	5	38	24	14
6.	6	28	44	4	4	17	12	5

A 24/a) táblázatból látható, hogy az összes baktériumszám 2000 márciusában a 2. kezelés, 2000 szeptemberében a 2. és 5. kezelés, a többi időszakban az 5. kezelés során mutatta a legmagasabb értéket.

A legalacsonyabb értéket a 4. (2000: március, május, szeptember; 2001: március, szeptember) és az 1. (2000. július és 2001. július) kezelés adta. Az összes baktériumszám évszakonkénti változását vizsgálva (30. ábra) látható, hogy a két kísérleti évben májusi, illetve márciusi csúcs (2000:4-6. kezelés; 2001:4-5. kezelés), valamint júliusi (2000:1-3. kezelés; 2001: 1-3,6. kezelés) mélypont következett be.

A 24/b) táblázat azt mutatja, hogy a legmagasabb mikroszkopikus gombaszámot a 2. (2000: március, május, szeptember; 2001:március, május) és az 5. (2000: július, szeptember; 2001:március, július, szeptember) kezelés esetében – vagyis az agroszövettel takart talajban - tapasztaltuk. 2000 szeptemberében és 2001 márciusában mindkét kezelés (2. és 5.) azonos értéket mutatott. 2000-ben a nagyobb gombaszámot május (1-3. kezelés) és július (4-6. kezelés), az alacsonyabbat szeptember hónapban mértük. 2001-ben a csúcs májusban, a mélypont márciusban (2-6. kezelés) és szeptemberben (1, 3. kezelés) volt.

A cellulózbontók számának alakulása (25/c táblázat) meglehetősen nagy szórást mutatott.

Amíg 2001-ben a magasabb (1.2.4.5. kezelés május; 3. és 6. kezelés július) és alacsonyabb (március illetve a 2. kezelés esetében március és szeptember) értékek két hónap között oszlottak meg, addig a megelőző évben július és szeptember hónapban is előfordultak vegyesen maximumok (júliusban: 1.,4.,5. kezelés; szeptemberben: 2. kezelés) és minimumok (júliusban: 2. kezelés; szeptemberben: 3,6. kezelés). A 3 és 6. kezelés maximum értékeit májusban, az 1.,2.,4.,5. kezelés minimum értékeit márciusban találtuk.

A fehérjebontók számának maximumát (25/d táblázat) - mindkét évben - szeptemberben, minimumát 2000-ben júliusban, 2001-ben márciusban (3.,4.,6. kezelés) és júliusban (1.,2.,5. kezelés) figyeltük meg. A hat kezelés közül a 2. (2000: május és szeptember; 2001: március, május, július) és az 5. kezelés (2000: március, július; 2001: szeptember) adta a maximum értékeket. A minimum értékeket a 3. (2000: március, május, július) és a 4. kezelésben (2000: május, szeptember és 2001) tapasztaltuk.

A nitrogénkötő baktériumok száma (25/e táblázat) 2000-ben május (2.,5.,6. kezelés) és szeptember (1.,3.,4. kezelés) hónapban volt a legmagasabb, valamint július (1.,2.,3.,4.,6. kezelés) és szeptember (5. kezelés) hónapban a legalacsonyabb. A második vizsgálati évben a nitrogénkötők száma szeptemberben volt a legmagasabb, illetve márciusban (1.,4.,5.,6. kezelés) és júliusban (2.,3. kezelés) a legalacsonyabb.

25. táblázat: Az aerob cellulózbontó, fehérjebontó és nitrogénkötő baktériumok számának változása a talajtakarás (kezelések) hatására évek és hónapok szerint.

Kezelések	2000. évben				2001. évben			
	hónapok							
	III.	V.	VII.	IX.	III.	V.	VII.	IX.
c) Aerob cellulózbontók száma (10 ²)								
1.	1,0	1,1	3,2	2,1	2,5	5,5	3,9	3,8
2.	4,1	5,2	4,1	6,0	4,5	6,0	5,0	4,5
3.	4,8	6,1	2,5	2,0	2,0	4,0	7,0	4,0
4.	1,1	1,5	5,9	3,9	2,2	5,0	4,0	3,9
5.	4,5	5,7	7,0	5,4	2,5	5,3	5,2	5,0
6.	5,1	6,3	4,2	2,4	1,8	2,5	9,6	4,1
d) Aerob fehérjebontók száma (10 ⁵)								
1.	3,6	12,0	2,1	16,0	6,0	14,0	5,2	19,0
2.	5,0	15,0	2,5	20,0	9,0	18,0	7,0	25,0
3.	2,5	10,0	1,9	15,0	5,5	16,0	5,8	22,0
4.	4,0	10,0	2,2	11,0	4,0	13,0	4,8	16,0
5.	8,0	14,0	4,9	18,0	7,0	16,3	6,9	26,0
6.	6,0	12,0	2,6	13,0	5,0	14,8	5,3	19,0
e) Aerob nitrogénkötők száma (10 ⁴)								
1.	16,20	18,28	14,12	23,16	30,14	35,19	30,65	39,66
2.	39,80	43,48	14,85	27,80	35,65	41,64	34,16	44,14
3.	20,00	21,73	13,29	22,00	31,18	36,75	29,25	40,20
4.	15,00	17,54	11,28	22,00	29,76	31,16	30,14	38,78
5.	52,28	59,45	40,01	23,16	33,14	39,65	35,62	43,12
6.	20,00	21,73	12,25	21,25	30,25	32,14	30,74	39,24

A kezelések közül a 3. (2001. július), 4. (2000. március, május, július; 2001. március, május, szeptember) és 6. (2000. szeptember) adta a legalacsonyabb, a 2. (2000. szeptember; 2001. március, május, szeptember) és az 5. (2000. március, május, július; 2001. július) a legmagasabb értéket.

Az 26. táblázatban feltüntettük a mikrobák csoportonként elvégzett variancia analízis eredményeit. Eszerint az összes baktériumszám az 5. kezelésben volt szignifikánsan a legmagasabb és az 1. és 4. kezelésben szignifikánsan az alacsonyabb. A mikroszkopikus gombák száma a 2. és 5. kezelésben volt szignifikánsan a magasabb. A többi kezelés között nem volt szignifikáns különbség. A cellulózbontók száma az 5. kezelésben volt szignifikánsan legmagasabb és az 1. és 4. kezelésben a szignifikánsan alacsonyabb.

26. táblázat: A mikroorganizmusok számának változása kezelésenként 2000-2001 átlagában.

Kezelések száma	a) Összes baktériumszám (10^6)	b) Mikroszkopikus gombaszám (10^3)	c) Aerob cellulózbontók száma (10^2)	d) Aerob fehérjebontók száma (10^5)	e) Aerob nitrogénkötők száma (10^4)
1.	2,325 a	10,500 a	2,888 a	9,738 b	25,925 a
2.	2,775 b	23,750 b	4,925 bc	12,688 c	35,190 b
3.	2,500 b	15,250 a	4,050 abc	9,838 b	26,800 a
4.	1,962 a	7,875 a	3,438 ab	8,125 a	24,458 a
5.	3,412 c	26,125 b	5,075 c	12,638 c	40,804 b
6.	2,537 b	15,000 a	4,500 bc	9,713 b	25,950 a
<i>SZD_{P=5%}</i>	<i>0,375</i>	<i>8,495</i>	<i>1,575</i>	<i>1,513</i>	<i>7,122</i>

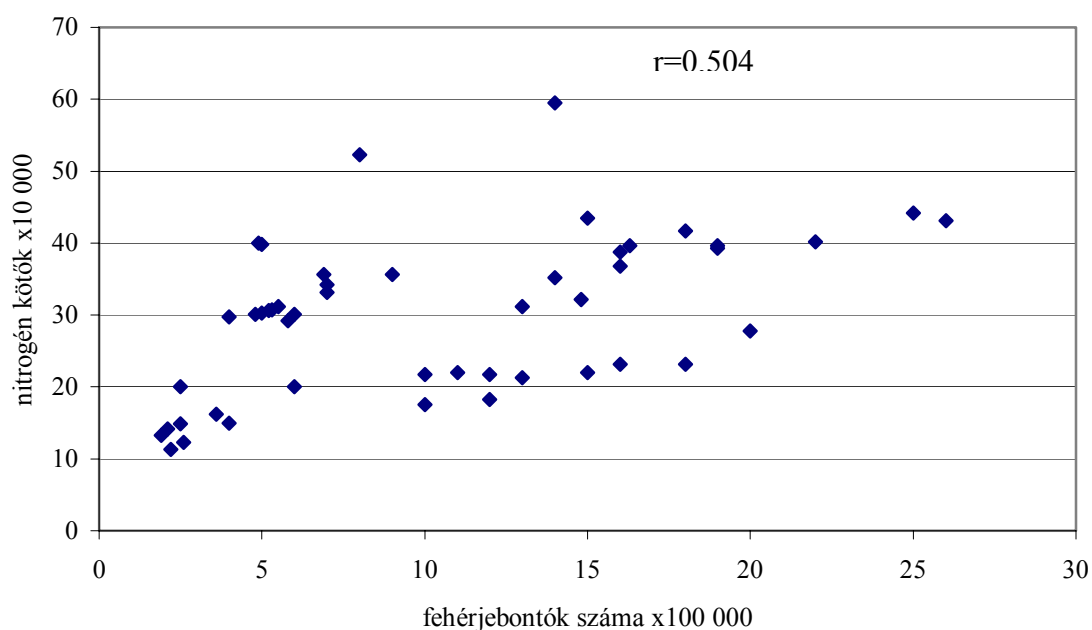
Az oszlopon belül a különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek.

A varianciák homogenitásának feltételei 99%-os biztonsági szinten teljesülnek.

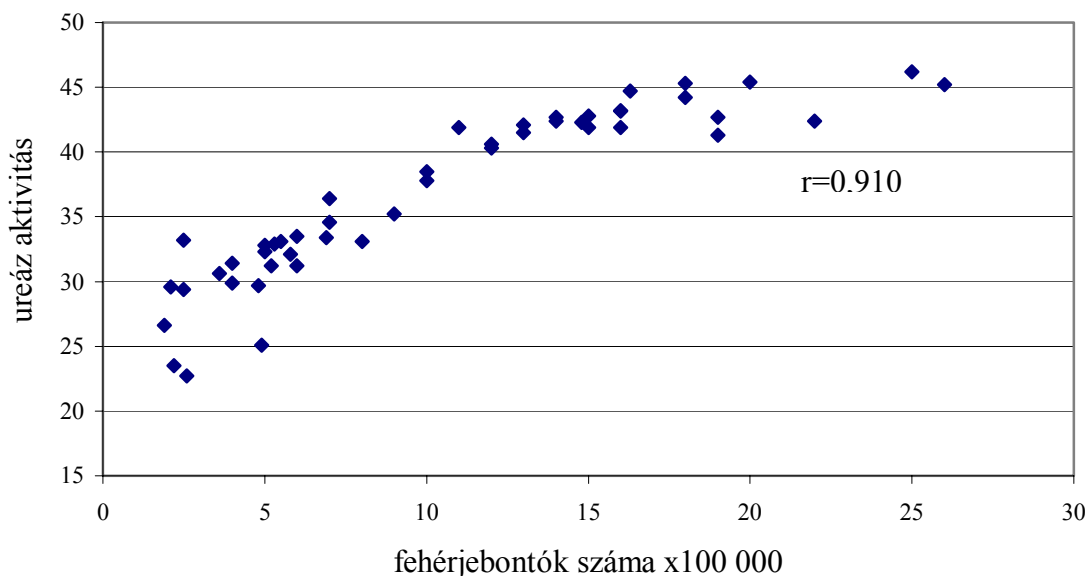
A 2., 3., 6. kezelés értékei között nem volt jelentős eltérés. A legtöbb fehérjebontó baktériumot a 2. és 5. kezelésben, a legkevesebbet a 4. kezelésben találtunk. Ezek az eltérések is szignifikánsak. Ugyancsak a 2. és 5. kezelésben volt szignifikánsan a legmagasabb a nitrogénkötők száma, és a többi kezelés között nem volt szignifikáns eltérés. A variancia analízis homogenitásának feltételei 99%-os biztonsági szinten teljesülnek.

Korrelácósámítást végeztünk az egyes mikrobaszámok értékei (8-9. ábra), és regresszió számítást a cellulózbontó baktériumok száma és a talaj tényleges cellulózbontó aktivitása között (10-13. ábra).

8. ábra: A fehérjebontó és a nitrogénkötő baktériumok száma közötti korreláció

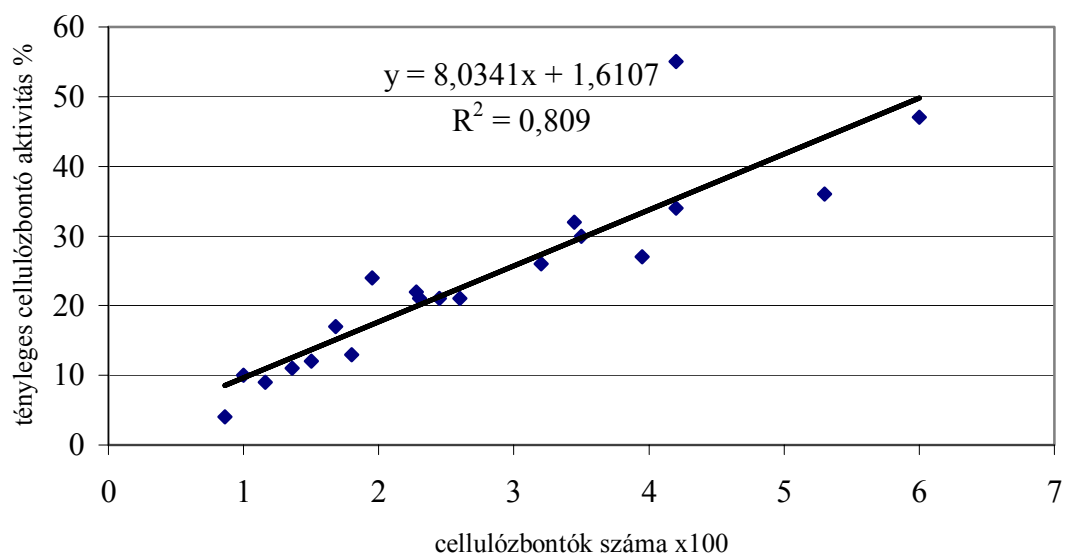


9. ábra: A fehérjebontó baktériumok száma és a talaj ureáz aktivitás közötti korreláció

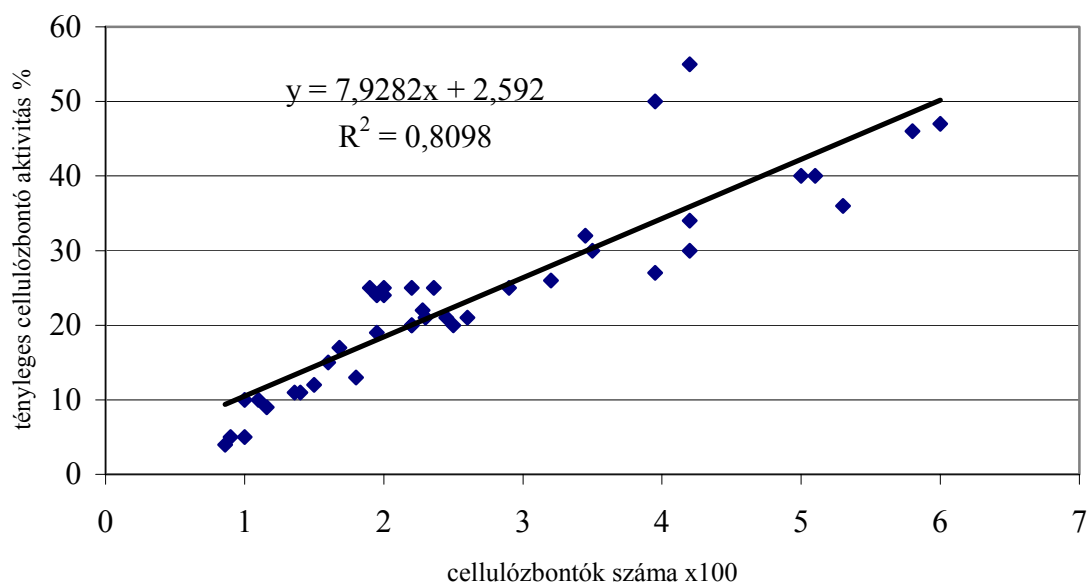


A fehérjebontó és nitrogénköti baktériumok száma között közepes ($r=0,504$) erősségű (8. ábra), a fehérjebontó baktériumok száma és a talaj ureáz aktivitása között szoros ($r=0,910$) korrelációt találtunk (9. ábra). A korrelációs együttható értékei $P=0,01$ szinten szignifikánsnak bizonyultak.

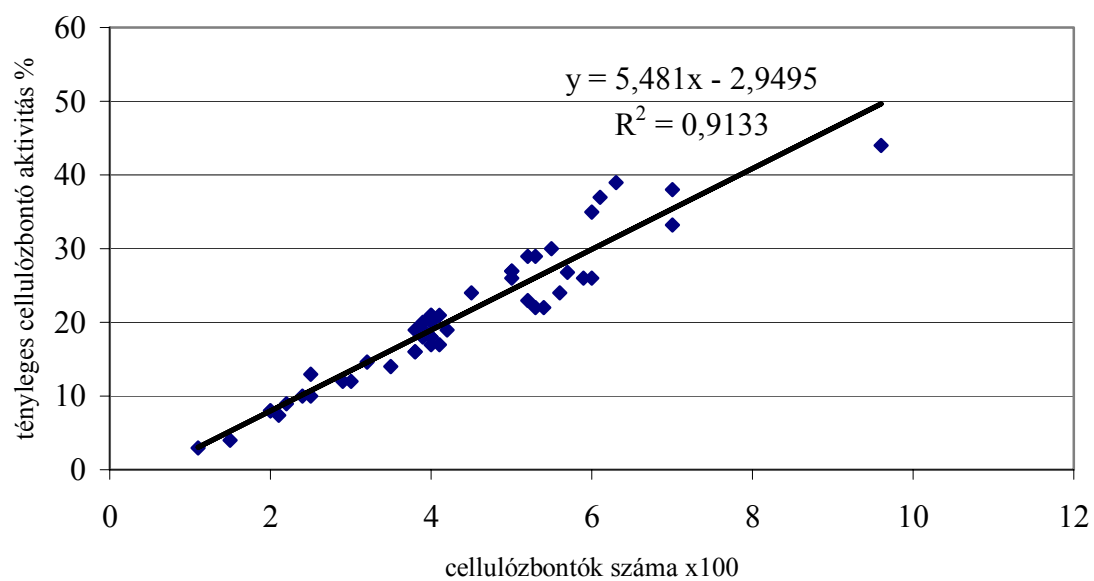
10. ábra: A tényleges cellulózbontó aktivitás és a cellulózbontók száma közötti regressziós kapcsolat (1996)



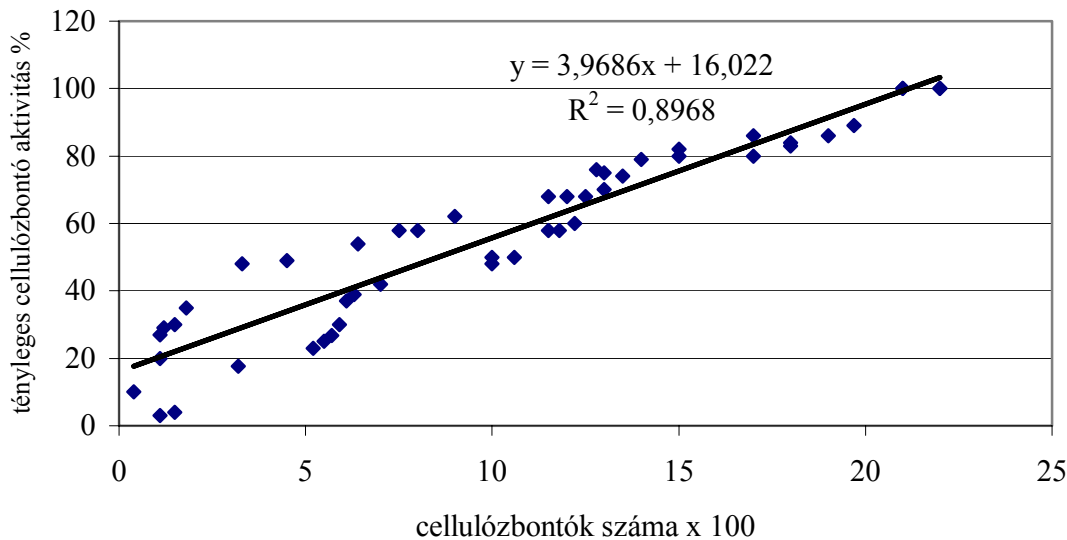
11. ábra: A tényleges cellulózbontó aktivitás és a cellulózbontók száma közötti regressziós kapcsolat (1997)



12. ábra: A tényleges cellulózbontó aktivitás és a cellulózbontók száma közötti regressziós kapcsolat (2000)



13. ábra: A tényleges cellulózbontó aktivitás és a cellulózbontók száma közötti regressziós kapcsolat (2001)



A 10-13. ábrákról leolvasható, hogy a cellulózbontó baktériumok száma és a tényleges cellulózbontó aktivitás között $R^2=0,809-0,9133$ determinációs együtthatóval jellemezhető regressziós kapcsolat áll fenn.

4.3.6. A mikrobiológiai vizsgálatok eredményeinek rövid összegzése

A 27. táblázatban összefoglaltuk, hogy az egyes kezelések milyen hatással voltak a vizsgált talajmikrobiológiai paraméterekre.

Az első vizsgálati periódusban (1996-1997) a tényleges cellulózbontó aktivitás a cellulózbontó és a nitrogénköti baktériumok száma a takarásos kezelések mindegyikének hatására nagyobb vagy szignifikánsan nagyobb volt mint a kontroll kezelésben mért értékek.

A második vizsgálati periódusban (2000-2001) az agroszövet fólia takarás szignifikánsan növelte a talaj tényleges cellulózbontó aktivitását, a mikrobák számát és az enzimaktivitásokat a kontrollhoz képest. A talaj szén-dioxid termelése az agroszövettel takart talajban inkább szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a kontroll kezelésben mért érték, bár az ellenkező eset is előfordult.

27. táblázat: A takaróanyagok hatás a vizsgált talajmikrobiológiai paraméterekre a kontrollhoz képest

	1996-1997				2000-2001	
	Istállótrágya	Szalma	Fenyőkéreg zúzalék	Feketefólia	Agroszövet	Feketefólia
Tényleges cellulózbontó aktivitás	++	+	++	++/+	++	++
Potenciális cellulózbontó aktivitás	++/--	++/--	++	++/--	++/--	++/--
Szén-dioxid termelés	0	0	0	0	--/++	++/+
Összes baktérium szám	++	-	+	-	++	++
Mikroszkopikus gombaszám	++	++	++	+	++	+
Cellulózbontók száma	++	+	++	+	++	+
Nitrogénkötők száma	0	0	0	0	++	+
Fehérjebontók száma	0	0	0	0	++	+ / ++
Foszfátáz aktivitás	0	0	0	0	++	+/-
Ureáz aktivitás	0	0	0	0	++	+/-
Szacharáz aktivitás	0	0	0	0	++	++/+
Kataláz aktivitás	0	0	0	0	++	+ / ++
Dehidrogenáz aktivitás	0	0	0	0	++	++/+

Jelmagyarázat:

++: szignifikánsan nagyobb

+: nagyobb

-: kisebb

--: szignifikánsan kisebb

0: nem vizsgált paraméter

A feketefólia takarás szignifikánsan növelte a talaj tényleges cellulózbontó aktivitását, az összes baktériumszámot, többségében a szén-dioxid termelést és a szacharáz és dehidrogenáz aktivitást, de csak nem szignifikánsan a mikroszkopikus gombák, a cellulózbontók, nitrogénkötők, többségében a fehérjebontók számát, valamint a kataláz

aktivitást a kontroll kezeléshez képest. Ugyanakkor a foszfatáz és ureáz aktivitás hol nagyobb, hol pedig kisebb volt a feketefóliával takart talajban, mint a takaratlanban.

A talaj potenciális cellulózbontó aktivitása a fenyőkéreg takarás hatására szignifikánsan magasabb volt a kontroll talajban mért érték. A többi takaróanyag esetében ez a paraméter szélsőségesen változónak mutatkozott; hol szignifikánsan nagyobb, hol pedig szignifikánsan alacsonyabb értékeket mértünk, mint a kontroll kezelés talajában.

4.4.A gyümölcsfák növekedése és termőrészképződése a facsíktakarási kezelések területén

Az előzőekben láttuk, hogy a különböző takaróanyagok (szalma, feketefólia, istállótrágya és fenyőkéreg zúzalék) különböző mértékben ugyan, de kedvező hatással voltak a cellulózbontó aktivitásra, illetve a különböző fiziológiai csoportba tartozó baktériumok és a mikroszkópikus gombák változására.

Így nem lehet közömbös az sem, hogy ezek a takaróanyagok hogyan befolyásolják a fiatal fák növekedését, fejlődését.

A fák növekedési jellemzői közül például a törzskörméret (cm) a különböző takaróanyagokkal történt kezelések fájánál 8,7-28%-kal, az átlagos hajtáshosszúság (cm) pedig maximálisan 28,2%-kal haladták meg a kapás kontroll fájánál mért értékeket (28. táblázat).

28. táblázat: Florina /M26 almafák növekedési jellemzői 1996-ban (BUBÁN et al., 1997)

Kezelések	Törzskörméret (cm)	Átlagos hajtáshossz (cm)
Kontroll	9,04 ^a	28,50
Istállótrágya	9,56 ^a	32,07
Szalma	9,83 ^{ab}	23,93
Fenyőkéreg zúzalék	11,10 ^{bc}	36,55
Feketefólia	10,54 ^{ab}	32,47
SZD	P<0,05	-

Ezekről a különbségekről azonban minden részletesebb elemzés és összefüggés vizsgálatok nélkül is megállapítható, hogy nem mutatnak szoros összefüggést a vizsgált

talajbiológiai paraméterekkel (cellulóz-bontó aktivitás, illetve a különböző fiziológiai csoportba tartozó baktériumok és a mikroszkópikus gombák mennyisége, CO₂ termelés, enzimaktivitások) Ennek alapján úgy ítéltük meg, hogy összefüggésvizsgálatok végzése nem indokolt.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A talaj takarása az irodalmi adatoknak megfelelően segítette a talaj vízkészletének megőrzését, mely a fiatal csekély árnyékoló képességgel bíró fák esetében nagyon fontos. Különösen jól megfigyelhető ez a vízmegőrző hatás öntözött körülmények között, természetes eredetű szerves mulcsanyagok alkalmazása esetén.

A talaj víztartalmának megőrzése - bár sokak által vizsgált terület - mégis nagyon fontos a mikroorganizmusok mennyiségét és aktivitását illetően, mivel ezen szervezetek szaporodása vízhez kötött.

A cellulózbontó aktivitás rendre a takart talajban volt a legmagasabb. Ezen belül is kiemelkedett az istállótrágya hatása. A két fóliatakaró anyag közül ebben a tekintetben a porózus agroszövet fólia kedvezőbbnek bizonyult a hagyományosan használt feketefóliánál.

A talaj nedvességtartalma és cellulózbontó aktivitása között vizsgálataink alapján közepes erősségű korrelációs kapcsolatot találtunk ($r=0,643$).

A cellulózbontáshoz hasonlóan a szén-dioxid termelés is befolyásolt a talaj nedvességi állapota által, melyet kísérleteinkben a szén-dioxid termelés és a talaj nedvességtartalma között elvégzett korreláció számítás is igazolt ($r=0,413$). A takaróanyagok hatását tekintve – hasonlóan az irodalmi hivatkozásokhoz - a feketefóliát jobbnak ítéljük az agroszövet fóliától és jelentősen jobbnak a kontroll kezeléstől. Ugyancsak egybeesik a szakírók adataival a mintavétel időpontjának hatása a szén-dioxid termelés mértékére. Vizsgálataink során mi is májusi csúcsot állapítottunk meg a szén-dioxid termelésben, a mélypontot pedig kora tavasszal figyeltük meg.

A talajenzimek nagyobb mennyiségét (a talaj enzimaktivitását) a magasabb nedvességtartalmú talajban mértük. A talaj nedvességtartalma és az enzimek aktivitása között a foszfátáz, a szacharáz és az ureáz esetében gyenge, a kataláz és az ureáz esetében közepes erősségű korrelációt tapasztaltunk, ami alátámasztja mások kutatási eredményeit, miszerint az enzimaktivitás is sok egyéb tényező által befolyásolt (pl. talajhőmérséklet) paraméter. Ezen tényezők közül egyik a talaj fedettsége, a talajtakarás. Ebben a tekintetben a hivatkozásokkal egybevágóan magasabb aktivitásértékeket mértünk a takart talajokban. A különbség az agroszövetfólia javára volt szignifikáns a kontrollal és a feketefóliával szemben. A foszfátáz (május), kataláz (nyár, ősz), dehidrogenáz (tél) és ureáz (ősz)

enzimek aktivitásának évszakos változását és adott évszakhoz vagy hónaphoz köthető maximumát vizsgálataink is megerősítik. Azonban az ureáz entim esetében kísérletünkben előfordult téli maximum és nyári minimum is.

A mulcsozásnak a talaj mikrobaszámára gyakorolt hatását kevesen vizsgálták, de kedvezőnek ítélték a cellulózbontó és a nitrogénkötő baktériumokra egyaránt. Ezt a megállapítást a több éves kísérletsorozatunk szintén megerősíti valamennyi általunk vizsgált mikrobacsoportra nézve (összes baktérium, mikroszkopikus gombák, fehérje- és cellulózbontók, nitrogénkötők). Az első vizsgálati periódusban a legkedvezőbb hatást az istállótrágya gyakorolta a mikrobaszámra. A második periódusban (a két fólia összehasonlításakor) az agroszövet fólia alatt több mikrobát számoltunk, mint a feketefólia vagy a kontroll kezelés talajában.

Összességében vizsgálataink eredményeiből az a következtetés vonható le, hogy a talajtakarás a talaj nedvességtartalmára, cellulózbontó aktivitására, szén-dioxid termelésére, a vizsgált enzimek aktivitására és a mikrobacsoportok számára kedvező hatást gyakorolt. A természetes takaróanyagok (istállótrágya, fenyőkéreg zúzalék, szalma) közül az istállótrágya, a mesterségesek közül (feketefólia, agroszövet fólia) az agroszövet fólia gyakorolt kedvezőbb hatást a talaj biológiai aktivitására, a talajéletre.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozatban a talajtakarásnak a talajéletre, a talaj biológiai aktivitására gyakorolt hatását foglaltuk össze. A biológiai aktivitás vizsgálatok során meghatároztuk a talaj tényleges és potenciális cellulózbontó aktivitását, a szén-dioxid termelését, a foszfátáz, szacharáz, ureáz, kataláz és dehidrogenáz enzimaktivitását, az összes baktérium, a mikroszkópikus gombák, a fehérje-, cellulózbontó, valamint a nitrogénkötő mikroorganizmusok mennyiségét.

A vizsgálat céljára szolgáló talajminták az Újfehértói Gyümölcstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Kht. területén gyengén savanyú, humuszos homok talajtípuson telepített kísérleti almaültetvény talajából származtak.

Vizsgálataink során 1996-1997 között (első vizsgálati periódus) négy (szalma, feketefólia, istállótrágya, fenyőkéreg zúzalék), 2000-2001 (második vizsgálati periódus) között két (hagyományos fekete fólia, porózus agroszövet fólia) talajtakaró anyagot alkalmaztunk. 1996-1997 között a talaj tényleges és potenciális cellulózbontó aktivitását, az összes baktérium, a mikroszkópikus gombák, a fehérje-, cellulózbontó, valamint a nitrogénkötő mikroorganizmusok mennyiségét határoztuk meg. 2000-2001 között a fenti vizsgálatok kiegészültek a szén-dioxid termelés, a foszfátáz, szacharáz, ureáz, kataláz és dehidrogenáz enzimaktivitások mérésével.

A kapott eredményeket röviden a következők szerint foglaljuk össze:

- 1) A cellulózbontó aktivitás -és általában a mikrobiális tevékenység- szempontjából fontos nedvességtartalom a különböző anyagokkal takart talajokban nagyobb, mint a kontrollban.
- 2) A kísérleti terület talajának pH-ja a különböző kezelések alatt a kiindulási időponttól számítva kismértékű csökkenő tendenciát mutat.
- 3) A szerves takaróanyagokat is tartalmazó kezelésekben a tényleges cellulózbontó aktivitás a különböző talajtakaró anyagok alatti talajokban a kontrollhoz képest kisebb nagyobb mértékben növekedett. Az aktivitás mértéke feketefólia, szalma, fenyőkéreg zúzalék, istállótrágya sorrendben nőtt. Az istállótrágya és a fenyőkéreg zúzalék kedvező hatása a kontrollal szemben minden esetben szignifikáns volt. Ugyanakkor

előfordult, hogy az istállótrágya alatt mért érték csak nem szignifikánsan múlta felül a fenyőkéreg zúzalék alatt mért értéket.

A két különböző fóliával végzett takarásos kísérlet azt igazolta, hogy a takaróanyagok kedvezően hatnak a talaj tényleges cellulózbontó aktivitására. A legmagasabb és a kontrolltól szignifikánsan különböző értéket az agroszövet fólia alatt mértük. Ezt követte a fekete fólia, majd a kontroll. A fekete fólia csak néhány alkalommal volt kedvezőbb hatású, mint az agroszövet, de a kontrolltól többségében szignifikánsan jobb volt. Összességében az aktivitás az agroszövet, fekete fólia, kontroll sorrendben csökkent.

A rendelkezésünkre álló adatok szerint a talaj nedvességtartalma és tényleges cellulózbontó aktivitása között közepes pozitív korrelációt figyeltünk meg.

- 4) A potenciális (laboratóriumi körülmények között mért) cellulózbontó aktivitás az ősszel vett mintában és inkább a második mérés alkalmával volt nagyobb. Az első vizsgálati periódusban mindig a fenyőkéreg zúzalék esetében kaptuk a szignifikánsan legmagasabb értéket. Bár a többi takaróanyag is felülmúlta a kontroll értékét, de hatásuk nem minden esetben volt egyértelmű.

A második vizsgálati periódusban legtöbbször az agroszövet alatt mértük a szignifikánsan legmagasabb aktivitást, igaz előfordult a kontroll kedvezőbb hatása is. Mégis a takart talaj kedvezőbbnek ítéltető a potenciális cellulózbontó aktivitásra gyakorolt hatása révén, mint a takaratlan kontroll.

- 5) A talaj szén-dioxid termelése a két vizsgálati évben havonta és összességében is a fekete fólia takarás alatt mutatta a szignifikánsan magasabb értéket. Az agroszövetnek a kontrollhoz képest kedvező vagy néha kedvezőtlen hatása szintén szignifikáns volt.

A talaj nedvességtartalma és szén-dioxid termelése között csak gyenge pozitív kapcsolatot találtunk.

- 6) Valamennyi enzimaktivitás tekintetében az agroszövettel való takarás eredményezte a szignifikánsan magasabb értéket. A fekete fóliával takart talajnak csak a szacharáz, a kataláz és dehidrogenáz aktivitása volt magasabb, mint a kontrollé, de szignifikanciát itt sem mindig találtunk.

Az enzimaktivitás kapcsán is vizsgáltuk annak a talajnedvességgel összefüggő voltát, melynek során a foszfatáz, szacharáz és ureáz esetében gyenge, a kataláz és a dehidrogenáz esetében közepes pozitív korrelációt tapasztaltunk a két tényező között.

Megvizsgáltuk, hogy az egyes enzimek aktivitása van-e hatással valamely más enzim aktivitására és azt figyeltük meg, hogy ebben a tekintetben a kataláz-dehidrogenáz, és a szacharáz-dehidrogenáz aktivitások között közepes, az ureáz-szacharáz, ureáz-kataláz, szacharáz-kataláz és ureáz-dehidrogenáz aktivitások között szoros pozitív a kapcsolat.

- 7) Az összes baktérium, a mikroszkópikus gombák és az aerob cellulózbontók száma az első vizsgálati periódusban istállótrágyával takart talajokban volt szignifikánsan a legnagyobb, de számuk minden takaróanyag alatti talajban meghaladta a kapált kontrollban mért mennyiséget. Így a fenyőkéreg zúzalék a mikroszkópikus gombák és az aerob cellulózbontók, a szalma takarás a mikroszkópikus gombák számának tekintetében szignifikánsan kedvezőbbnek bizonyult mint a kontroll.

A két fóliát összehasonlítva az agroszövetet ítéltük jobbnak a sejtszámok alapján, mivel szignifikánsan mindig ez a takaróanyag volt a legkedvezőbb. Bár a fekete fólia hatása kedvezőbb volt mint a kontrollé, ez csak az összes baktériumszámban nyilvánult meg szignifikánsan. A fehérjebontó és nitrogénkötők száma között közepes, a fehérjebontók száma és az ureáz aktivitás, valamint a tényleges cellulózbontó aktivitás és a cellulózbontók száma között szoros pozitív korrelációt figyeltünk meg.

- 8) A takart parcellák fájnak törzskörmérete és átlagos hajtáshossza (ez utóbbi a szalmatakarás kivételével) nagyobb volt, mint a takaratlan kontroll parcellában lévő fáké. Ugyanakkor a vizsgált talajbiológiai és a fák növekedését, fejlődését mutató paraméterek (hajtásnövekedés, törzskörméret) között szoros összefüggést nem tapasztaltunk.
- 9) Vizsgálataink szerint a különböző talajtakaró anyagok alkalmazása környezetgazdálkodási szempontból is előnyös lehet, hiszen segítségükkel a herbicidek alkalmazása kiváltható. Az általunk vizsgált talajbiológiai paraméterek alapján az alkalmazott takaróanyagok a gyakorlat számára istállótrágya, fenyőkéreg zúzalék, szalma, feketefólia sorrendben javasolhatók, azonban ha csak mesterséges

takaróanyag használatára van lehetőségünk, akkor az agroszövetet érdemes előnyben részesíteni a fekete fóliával szemben.

7. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- A talajtakarás a takaróanyagtól és az öntözéstől függően eltérő mértékben, de segített a talaj nedvességtartalmának megőrzésében.
- A cellulózbontó aktivitás a különböző talajtakaró anyagok alatti talajokban a kontrollhoz képest növekedett. A növekedés mértéke egyes takaróanyagok esetében szignifikáns volt. A talaj nedvességtartalma és cellulózbontó aktivitás között közepes pozitív korrelációt találtunk.
- A talaj szén-dioxid termelése havonta és összességében is a feketefólia takarás alatt mutatta a szignifikánsan legmagasabb értéket. Az agroszövetnek a kontrollhoz képest kedvező vagy kedvezőtlen hatása szintén szignifikáns volt. A talaj nedvességtartalma és szén-dioxid termelése között csak gyenge pozitív kapcsolatot találtunk.
- Valamennyi enzimaktivitás tekintetében az agroszövettel való takarás eredményezte a szignifikánsan legmagasabb értéket. A fekete fóliával takart talajnak csak a szacharáz, a kataláz és dehidrogenáz aktivitása volt magasabb, mint a kontrollé, de szignifikanciát itt sem mindig találtunk. Vizsgáltuk az enzimaktivitásnak a talajnedvességgel összefüggő voltát, melynek során a foszfátáz, szacharáz és ureáz esetében gyenge, a kataláz és a dehidrogenáz esetében közepes pozitív korrelációt tapasztaltunk a két tényező között. Az általunk vizsgált talajenzimek egymásra gyakorolt hatásának kapcsán megfigyeltük, hogy a kataláz-dehidrogenáz, és a szacharáz-dehidrogenáz aktivitások között közepes, az ureáz-szacharáz, ureáz-kataláz, szacharáz-kataláz és ureáz-dehidrogenáz aktivitások között szoros pozitív a kapcsolat.
- Az összes baktérium, a mikroszkópikus gombák, az aerob cellulózbontók, az aerob fehérjebontók és a nitrogénkötiók a takart talajokban takaróanyagtól függően szignifikánsan vagy nem szignifikánsan magasabb volt, mint a takaratlan kontroll talajban. A fehérjebontó és nitrogénkötiók száma között közepes, a fehérjebontók száma és az ureáz aktivitás, valamint a tényleges cellulózbontó aktivitás és a cellulózbontók száma között szoros pozitív korrelációt figyeltünk meg.

- A talajtakarás kedvező hatással volt a fák növekedésére, fejlődésére (hajtásnövekedés, törzskörméret, termés stb.), azonban ezen paraméterek és a takaróanyagok között szignifikáns kapcsolatot nem találtunk.
- A különböző talajtakaró anyagok alkalmazásával a herbicidek használata kiváltható, ami anyagi megtakarítást, és környezetvédelmet is jelent. Az alkalmazott takaróanyagok a gyakorlat számára istállótrágya, fenyőkéreg zúzalék, szalma, feketefólia sorrendben javasolhatók, azonban ha csak mesterséges takaróanyag használatára van lehetőségünk, akkor az agroszövetet érdemes előnyben részesíteni a fekete fóliával szemben.

8. IRODALOMJEGYZÉK

- ABDEL KADER, D.A.-SZEGLI, J.-GULYÁS, F. (1982): Adatok néhány kórokozó és szaprofita gomba cellulázenzim aktivitásának vizsgálatához. *Agrokémia és talajtan*. Tom 31. No 3-4. 111-122.p.
- ABDEL-MAKSOUD, H.K.-ABDEL-AZIZ, R.A.-YOUSRY, M. (1997): Bio-indicators of soil fertility in rice rotation. *Egyptian Journal of Microbiology*. 32:3, 329-347; 33. ref.
- ABDEL-YUSSIF, R.M.-ZINCHENKO, V.A.-GRUZDEV, G.S. (1976): The effect of nematocides on the biological activity of soil. *Izv. Timirjazev. Selskohoz. Akad.* (1). 206-216.p.
- ABDUL-KALAM, B.A.K.-KALAM, A. (1996): Influence of calixin on urease and dehydrogenase activities of soil. *Journal of Ecotoxicology and Environmental Monitoring*. 6:3-4, 247-251; 20. ref.
- ÁCS, E. (1994): A talajtakarás előnyei. *Kertészet és szőlészet* 43. (25) 19 p.
- ACSARIGE, T. G.-MORADALEVA, L. G.-KUMARA, K. P. A. (1988): Vlijanije gerbicidov na celljulozorazrusajuscsoju szposzobnoszt pocsvy i ik fitotoszicsnoszt. *Agrohimija (Moszkva)* 7. 12. 100-102. p.
- ANGERER, I.P.-BÍRÓ, B.-ANTON, A.-KÖVES-PÉCHY, K.-KISS, I. (1998): Indicator microbes of chlorsulfuron addition detected by a simplified plate counting method. *Agrokémia és Talajtan*. Tom 47. No 1-4. 297-304.p.
- ANGERS, D.A.-BISSONNETTE, N.-LEGERE, A.-SAMSON, N. (1993): Microbial and biochemical changes induced by relation and tillage in a soil under barley production. *Canadian Journal of Soil Science* 73:1, 39-50.p.
- ANTONIOUS, G. F.-SNYDER, J. C. (2003): Impact of soil amendments on enzyme activity and pesticide residues. 13 th Biennial Research Symposium March 29-April 2. ARD 2003, Abstract.
- ARUNACHALAM, K.-ARUNACHALAM, A.-MELKANIA, N.P. (1999): Influence of soil properties on microbial populations, activity and biomass in humid subtropical mountainous ecosystem of India. *Biology and Fertility of Soils*. 30:3, 217-223; 36. ref.
- ARUTYUNYAN, E.A.-GALSTYAN, A.S. (1975): Determination of the activity of alkaline and acid phosphatases in soils. *Agrochim.* (5), 128-133.p.
- ARORA, A.-YADURAJU, N.T. (1998): High temperature effects on germination and viability of weed seeds in soil. *Journal of Agronomy and Crop Science* 181:1, 35-43; 40. ref.

- BACKES, A. (2001): Ecology of latifoliate forest from Morro do Coco, Viamao, Rio Grande do Sul. II. Production of litter, CO₂ by the soil and cellulose decomposition. *Iheringia seria Botanica* 3-21.p.
- BALICKA, M.-SHOCHACKA, Z.(1959): Podniesieniezyznosci geb lekkich. Warszawa, PR. Vil. 257-265.p.
- BARUAH, M.-MISHRA, R.R. (1984): Dehydrogenase and urease activities in rice field soils. *Soil Biol. Biochem.* 16:4, 423-424; 15. ref.
- BAYOUMI, H. E. A. F.-ABDORHIM, H.-KHALIF, A.-GODWAR, H.-KÖDÖBÖCZ, L.-JEVCSÁK, I.-BÍRÓ, B.-KECSKÉS, M. (1999): Soil physical factors affecting the survival of *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* populations in vivo. 3 rd International Multidisciplinary Conference May 21-22, Baia Mare.
- BECK, T. (1974): Effects of extended monoculture and crop rotation systems on microbiological activities in soil. *Landw. Forsch.* 31, 268-276.p.
- BENITEZ, E.-MELGAR, R.-SAINZ, H.-GOMEZ, M.-NOGALES, R. (2000): Enzyme activities in the rizosphere of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown nwith olive cake mulch. *Soil Biol. Biochem.* 32. 1829-1835.p.
- BEYERS, L-BLUME, H. P.-FRIEDRICH, F-VOGT, J.(1992):Der durchschnittliche langfristige Abbau vergrabner Zellulose in typischer Acker-und Waldböden der Norddeutschen Tiefebene. *Pedologia.Jena* 36.k. 1.sz. 11-20.p.
- BÍRÓ, B. (1992): Nitrogénkötő, növényi növekedést serkentő *Azospirillum* baktériumok. *Agrokémia és Talajtan.* Tom 41. No. 1-2. 139-145.p.
- BLIEV, J. K. (1973): Vlijanie gerbicidov na biologicseszkuju aktivnoszt pocsv. *Pocsvovedenie (Moszkva)* 7.sz. 61-68. p.
- BLIEV, J. K. (1988): Vlijanie Velpara na szosztav gumusza i biologicseszkuju aktivnoszt pocsvy v model'nyh opitah. *Agrohimija (Moszkva).* 7. sz. 91-98. p.
- BORIE, F.-FUENTEACBA, R. (1982): Biochemistry of volcanic ash soils:2. Urease activity. *Agricultura-Tecnica.* 42:2, 135-142.p.
- BORKEN, W.-DAVIDSON, E.A.-SAVAGE, K.-GAUDINSKI, J.-TRUMBORE, S.E. (2003): Drying and wetting effects on carbon dioxide release from organic horizons. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67. 1888-1896.p.
- BOUMA, T.J.-BRYLA, D.R. (2000): On the assesment of root and soil respiration for soils of different texture: interaction with soil moisture content and soil CO₂ concentrations. *Plant and Soil.* 227: 1-2, 215-221; 45. ref.
- BRANDENBERGER, L.-WIEDENFELD, B. (1997): Physical characteristics of mulches and their impact on crop response nd profitability in muskmelon

- production. Hort. Techn. 7:2, 165-169; 13. ref.
- BREMNER, J.M.-DOUGLAS, L.A. (1971): Inhibition of urease activity in soils. Soil. Biol. Biochem. 3, 297-307. p.
- BREMNER, J.M.-ZANTUA, M.I. (1975): Enzyme activity in soil at subzero temperatures. Soil. Biol. Biochem. 7, 383-387. p.
- BREMNER, J.M.-TABATABAI, M.A. (1973): Effect of some inorganic substances on TTC assay of dehydrogenase activity in soils. Soil. Biol. Biochem. 5, 385-386.p.
- BUBÁN, T.-HELMECZI, B.-PAPP, J.-DÖRGŐ, E.-JAKAB, I.-KAJATI, I.-MERWIN, I. (1996/a): IPF-compatible ground-cover management system in a new-planted apple orchard. Proct.Int.Conf.Integrated fruit Production, Cedzyna, Poland, 28.August-2 1995. 263-267.
- BUBÁN, T.-VINCE, I.-HELMECZI, B.-PAPP, J.-DÖRGŐ, E. -MERWIN, I. (1996/b): Performance of young apple trees planted in replant soil.3rd int.,Symp. on Replant Problems, aug. 12-16, 1996.Bp(előadás)
- BUBÁN, T.-LAKATOS, T.-HELMECZI, B. -DÖRGŐ, E.- PAPP, J.-MEZŐ, M.-JAKAB, I.-MERWIN, I. (1997): Herbicidtakarékos facsíkkezelés fiatal almaültetvényben (Ground-cover management systems by limited use of herbicides in young apple orchards. Növényvédelem, 33 (9) 445-452.p.
- BURRICHTER, E. (1958): Untersuchungen über die Massenentwicklung der Bodenbakterien im Laufe des Jahres. Ber. Dt.bot.ges.121. 115-123.p.
- BUZÁS, I. (1988): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 242.p.
- CALKINS, J.B.-SWANSON, B.T. (1998): Comparison of conventional and alternative nursery field management system: soil physical properties. Journal of Environmental Horticulture 16:2, 90-97; 55. ref.
- CASANOVA, P.M.-BENAVIDES, Z.C. (1995): Urease activity of soils in Central Chile. Agricultura Tecnica Santiago. 55:2, 154-158; 23. ref.
- CHANDER, K.-BROOKES, P. (1991):Microbial biomass dynamics during the decomposition of glucose and maize in metal-contaminated and not-contaminated soils.Soil Biology and Biochemistry(Oxford) 23.k. 10-12. 917-925.p.
- CHEN, C.R.-CONDRON, L.M.-DAVIS, M.R.-SHERLOCK, R.R. (2000): Effect of afforestation on phosphorus dynamics and biological properties in a New Zealand grassland soil. Plant and Soil. 220:1-2, 151-163; 61. ref.
- CLARHOLM, M.-ROSENGRENBRINCK, U. (1995): Phosphorus and nitrogen

fertilization of a Norway spruce forest- effects on needle concentrations and acid phosphatase activity in the humus layer. *Plant and Soil*. 175:2, 239-249 .p.; 56. ref.

CONANT, R.T.-KLOPATEK, J.M.-KLOPATEK, C.C. (2000): Environmental factors controlling soil respiration in three semiarid ecosystem. *Soil Sci. Soc. Am. Journ.* 64:1, 383-390; 43. ref.

CONN, H. (1918): The microscopic study of bacteria and fungi on soil. *Tech. Bull.* 64. N.J. Agr. Exp. Sta. 7-25.p.

CORNFIELD, A.A. (1971): A simple technique for determining mineralization of carbon during incubation of soils treated with organic materials. *Plant and soil* 14, 90-92.p.

CORTEZ, J. (1998): Field decomposition of leaf litter: relationship between decomposition rates and soil moisture, soil temperature and earthworm activity. *Soil Biology and biochemistry* 30:6, 783-793; 31.ref.

CORTEZ, J.-LOSSAINT, P.-BILLÉS, G. (1972): Soil biological activity in Mediterranean ecosystems III. Enzymatic activity. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 9, 1-19.p.

COOKSON, P.-LEPIECE, A.G.- (1996): Urease enzyme activities in soils of the Batinah region of the Sultanate of Oman. *Journal of Arid Environment*. 32:3, 225-238; 21. ref.

CZULAKOW, S. A.-ZARASOW, S. U. (1973): Microbiological activity of South Kazakhstan Soil depending on herbicides. *Soil Science Annual. International Symposium. The interaction of herbicides microorganisms and plants.* 179-182. p.

CSELŐTEI, L.-NYÚJTÓ, S.-CSÁKY, A. (1993): *Kertészet. Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 615.p.

DALAL, R.C. (1975/a): Urease activity in some Trinidad soils. *Soil. Biol. Biochem.* 7, 5-8.p.

DALAL, R.C. (1975/b): Effect of toluene on the energy barriers in urease activity of soils. *Soil. Sci.* 120, 256-260.p.

DALAL, R.C. (1985): Distribution, salinity, kinetic thermodynamic characteristics of urease activity in a vertical profiles. *Australian Journal of Soil Research*. 23:1, 49-60. 34. ref.

DARBELLAY, C. (1997): Young soil plantings. *Soil Management. Arboriculture-Fruitiere*. No. 506, 26-30. 5 pl; 4. ref.

- DAVIDSON, E.A.-VERCHOT, L.V.-CATTANIO, J.H.-ACKERMAN, I.L.CARVALHO, J.E.M. (2000): Effects of soil water content on soil respiration in forests and cattle pasture of eastern Amazonia. *Biogeochemistry* 48. 53-69.
- DEXTER, A.R.-ARVIDSSON, J.-CZYZ, E.A.-TRAUTNER, A.-STENBERG, B. (2000): Respiration rates of soil aggregates in relation to tillage and straw management practices in field. *Acta Agric. Scand.* 49:4, 193-200; 24. ref.
- DHARMAKEERTHI, R.S.-THENABADU, M.W. (1996): Urease activity in soils: a review. *Journal of National Science Council of Sri Lanka.* 24:3, 159-195; 198. ref.
- DIAZ-MARCOTE, I.-POLO, A.-CECCANTI, B. (1995): Enzymatic activities in a soil amended with organic wastes at semiarid field conditions. *Arid Soil Research and Rehabilitation.* 9:3, 317-325.p.; 20. ref.
- DKHAR, M.S.-MISHRA, R.R. (1983): Dehydrogenase and urease activities of maize (*Zea mays* L.) field crops. *Plant and Soil* 70:3, 327-333; 28. ref.
- DORMAR, J.R.-JOHNSTON, A.-SMOLIAK, S. (1984): Seasonal changes in carbon content, and dehydrogenase, phosphatase, and urease activities in mixed prairie and fescue grassland. *Journal of Range Management.* 37:1, 31-35; 28. ref.
- DRAGAN-BULARDA, M.-POPTELECAN, I.C.-MUNTEAN, V.-CRISAN, R.-PASCA, D. (2000): Enzymological research on muds from the salt lakes in Blazna and Blaj. *Studia Universitatis Babes-Bolyai-Biologia.* 45:1, 121-128; 17. ref.
- EASSON, D.L.-FEARNEHOUGH, W. (2003): The ability of the Ontario heat unit system to model the growth and development of forage maize sown under plastic mulch. *Grass and Forage Sci.* 58:4, 372-384.p.
- EBERSBERGER, D.-NIKLAUS, P.A.-KANDELER, E. (2003): Long term CO₂ enrichment stimulates N-mineralisation and enzyme activities in calcareous grassland. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 965-972.p.
- EFFRON, D.-FONTANIVE, V.-DEFRIERI, R.-PALMA, R.M. (2000): Exoenzymes and respired carbon as biological index to determine soil degradation. *Revista de la Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires.* 20:1, 35-40; 30. ref.
- ELŐDI, P. (1983): *Biokémia. Akadémiai Kiadó, Budapest.* 935.p.
- ENCSEVA, H.-RANKOV, H. (1990): Vlijanje na proizvodnju izopolavane na ujakoi herbicidi v lozovo maszazsdenie v" ruhu biologicsnata aktivnoszt na pozsvata. *Pocsvoznanie i Agrohimiya (Szófia)* 25.k. 3. sz. 66-73. p.
- ENGEL, G (1988): Gründung mit leguminosen. *Obstbau.Bonn.* 13.k. 2.sz. 58-60.p.
- FÄHRAUS, G. (1944): Studies in aerobic cellulose decomposition. The course of

- cellulose decomposition by Cytophaga. Am. Agric. Coll. Sweden, 12, 1. 2-28.p.
- FALAPPI, D.-FARINI, A.-RANALLI, G.-SORLINI, C. (1994): Effects of simulated acid rain on some microbiological parameters of subacid soil. Chemosphere 28:6, 1087-1095; 35. ref.
- FEHÉR, D. (1954): Talajbiológia. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1263.p.
- FILEP, Gy. (1995): Talajvizsgálat. Egyetemi jegyzet, Debrecen. 156.p.
- FRASER, D, G.-DORAN, J. W.-SAHS, W. W.-LESOING, G. W. (1988): Soil microbial populations and activities under conventional and organic management. Journal of Environmental Quality (Madison) 17.k. 4. sz. 585-590. p.
- FRANKENBERGER, W.T.-JOHANSON, J.B. (1983/a): Method of measuring invertase activity in soils. Plant and soil. 74:3, 301-311; 22. ref.
- FRANKENBERGER, W.T.-JOHANSON, J.B. (1983/b): Factors affecting invertase activity in soils. Plant and soil. 74:3, 313-323; 20. ref.
- FU, J.H.-LI, F.L.-LIU, C.Q.-FAN, G.N. (1998): Preliminary approach of the effect of soil management on soil enzyme activities in red soil of young orchard. Jour. Of Fujian Academy of Agricultural Science. 13, 23-28.p.; 12. ref.
- FÜZY, A.-BÍRÓ, B.-TÓTH, T. (2003): Növény-mikroba kölcsönhatások és néhány talajtulajdonság közötti összefüggés hazai szikeseken. Természetvédelmi közlemények 10. 63-71.p.
- GADKARI, D. (1984): Influence of the herbicide Goltix on extracellular urease and phosphatase in suspended soil. Zentralblatt für Mikrobiologie. 139: 6, 415-424; 20. ref.
- GAJRIJAN, M.A. (1992): Potencionalnaja szposzbonoszt pocsvy k nitratonakopleniju i szkoroszt razlozsenija celljulozy v pocsvi vinogradnika pri primenenii razlicnyh doz kompleksnyh udobrenij. Agrohimiya (Moszkva) 4.sz. 33-36.p.
- GÁL, E. (1977): Herbicidek hatása az aerob cellulózbontó baktériumokra. Diploma dolgozat. DATE. 53.p.
- GALSZTJAN, A.S. (1958): Enzymatic activity in some American soils IV. Urease activity in soil. Dokl. Akad. Nauk Arm. SSR 26, 29-39.p.
- GALSZTJAN, A.S. (1965): Effect of temperature on the activity of soil enzymes. Dokl. Akad. Nauk Arm. SSSR 40, 177-181. p.
- GALSZTJAN, A.S. (1978): Predelnie aktivnoszti fermentov pocsv. Armjanszkoj SZSZR, Naucsno iszzledovatelszkij insztitut pocsvovedenija i agrohimiji, Jerevan. 19-28

- GAMAL EL-DIN, H. M. (1974): Cellulózbontó baktériumok anyagcsere-termékeinek hatása az *Azotobactera*. MTA. Agrártudományi Osztályának Közleményei. 33.kötet. 1.sz. 177-182.p.
- GAMAL EL-DIN, H. M. (1976): Activity of cellulytic microorganisms of some Hungarian soils. Thesis, Budapest. 213.p.
- GARCIA-GIL, J.C.-PLAZA, C.-SOLER-ROVIRA, P.- POLO, A. (2000): Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*. 32:13, 1907-1913; 42. ref.
- GAVRILOVA, A.N.-SHIMKO, N.A.-SHAVCHENKO, V.F. (1974): Forms of phosphorus and phosphatase activity of the chief soil types of the Belorussian SSR. *Trans. 10 th Int. Congr. Soil Sci.* 4, 281-288.p.
- GAVRILOVA, A.N.-SHIMKO, N.A.-SHAVCHENKO, V.F. (1975): Content of organophosphatase and the activity of phosphatase in soddy-pale-yellow-podzolic soils cultivated to different degrees. *Pocsvovedenie* (1), 81-85.p.
- GAWRONSKA, I.-KULESZA, A.-SUWARA, I. (1991): Relationship between the Biological Activity of the Soil, the Increment Dynamics of Crop Biomass and the N Content of the soil. *Agrokémia és talajtan*. Tom 40. No. 3-4. 419-422.
- GIANFREDA, L.-SANNINO, F.-FILAZZOLA, M.T.-VIOLANTE, A. (1993): Influence of pesticides on the activity and kinetics of invertase, urease and acid phosphatase enzymes. *Pesticide Sci.* 39:3, 237-244; 24. ref.
- GLINSKI, J.-STEPNIEWSKI, W. (1985): Soil aeration and its role for plants. CRC Press, Boca Raton. 265.p.
- GOMEZ de GUINAN, Y.-NAGESWARA, I. (1996): Effect of *Arachis hypogea* (Papilionaceae) and soil alkalinity on bacteria associated with nitrogen and urease. *Recista de Biologia Tropical*. 44:2-A, 541-549; 56. ref.
- GONG, P.-SUN, T.H.-BEUDERT, G.-HAHN, H.H. (1997): Ecological effects of combined organic or inorganic pollution on soil microbial activity. *Wat. Air Soil Poll.* 96. 133-143.p.
- GONZALEZ, C.S.-FUENTE-MARCOS, M.A. (1984): Microbial modulation of soil urease. *Anales Edafologia y Agrobiologia* 43: 3-4, 479-490; 11. ref.
- GONZALEZ, C.S.-FUENTE-MARCOS, M.A.-PEREZ-MATEOS, M. (1981): Influence of air drying and thermal pretreatments of soil on the urease activity and other related biological parameters. *Anales Edafologia y Agrobiologia* 40:9-10, 1377-1386; 12. ref.
- GREEN, M. D.-OLEKSYSZYN, M. (2002): Enzyme activities and carbon dioxide flux in

- a Sonoran Desert urban ecosystem. Soil Science Society of American Journal 66: 2002-2008.p.
- GROGAN, P.-CHAPIN, F.S. (1999): Arctic soil respiration: effect of climate and vegetation depend on season. Ecosystems. 2:5, 451-459; 40. ref.
- GULYÁS, F. (1979): A műtrágyázás hatása a csernozjom barna erdőtalaj tápanyagtartalmára, biológiai aktivitására valamint az őszi árpa termésére. In: A mezőgazdaság kemizálása ankét, Keszthely. 1;149.
- GULYÁS, F.-SZILI-KOVÁCS? T.-SZEGI, J.-FÜLEKY, G.-TOLNER, L.(1990): Effect of NPK fertilization and organic matter on the microbial N transformation processes of the soil. Tom. 39. No. 1-2. 423-429.p.
- GUT, W.-WEIBEL, F.-JÄGGI, W.(1990): Auswirkungen von abdeckmaterialien auf die Bodenfruchtbarkeit.Schweizerische Zeitschrift für Obst und Weinbau. (Wandenswil).126.k.25.sz. 685-691.p.
- GUT, W.-WEIBEL, F.-JÄGGI, W. (1995):Unkroutbeköpfung und bodenpflege bei Kernobst SZOW 129(7):177-183.p.
- HAEKNEL, W. (1960): Bakteriologische charaktervisierung einiger Bodentypen an Hand der varianzanalytischen Methodik unter Anwendung der Fluoreszenzmikrpskopie. Habilitationsschrift,Leipzig. 215.p.
- HALSTED, R.L. (1964): Phosphatase activity of soils on influenced by lime and other treatments. Can. J. Soil. Sci. 44,137-144.p.
- HARGITAI, L. (1964): Talajbiokémia(In”Talajtan és Agrokémia”) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 95-116.p.
- HARTINGSVELDT, H. J. (1992): Competition effects of different tree srtp width on apple trees.Proc. 9th. Int.Conf.on the Biology of weeds,Pijou, 147-152.p.
- HATTORI, H. (1991):Influence of cadmium on decomposition of glucose and cellulose in soil. Soil Science and Plant Nutrition (Tokyo) 37.k. 1.sz. 39-45.p.
- HE, W.X.-ZHU, M.E. (1997): Relationship between urease activity and fertility of soils in Shaanxi Providence. Acta Ped. S. 34:4, 392-398; 9. ref.
- HELMECZI, B. (1965):Az Azotobacter chroococcum felhasználási lehetőségei a mezőgazdaságban.Kandidátusi értekezés. 415. p.
- HELMECZI, B. (1974):Néhány fiziológiai csoportba tartozó baktérium dinamikája különböző adagú műtrágyával kezelt talajban.MTA Agrártudományi Osztályának Közleményei.33.k. 1.sz. 131-139.p.
- HELMECZI, B. (1976):A talajbaktériumok quantitatív változása a műtrágyák hatására.

Nemzetközi Tudományos Ülésszak.Növénytermesztési Szekció DATE Kiadása, Debrecen.197-208.p.

HELMECZI, B. (1978): Tápanyag-és vízellátás talajéletteni hatása."Tessedik Sámuel" Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. DATE Kiadása, Debrecen, 201-202.p.

HELMECZI, B. (1979): Mesterséges ökológiai faktorok hatásának talajmikrobiológiai értékelése teresztrisz agrár-ökoszisztémákban.Akad.Dokt.Ért. Debrecen,212.p.

HELMECZI, B. (1994): Mezőgazdasági mikrobiológia.Mezőgazda Kiadó, Budapest,424.p.

HELMECZI, B.-KÁRPÁTI, L.-né (1977): Savanyú talajokon végzett meszezés és műtrágyázás hatása a talajbaktériumokra.Növénytermelés.Tom.26. No. 4. 265-274.p.

HELMECZI, B.-KÁTAI, J.-BESSENYEI, M. (1981/a): Quantitative changes of soil microflora influenced by antidoted EPTC herbicide combinations. Soil Biology andconservation of the biosphere (ed. J. SZEGI) Gödöllő, 269-275.p.

HELMECZI, B.-KÁTAI, J.-BESSENYEI, M. (1981/b): Effect of herbicide combinations containing ethalfluralin of the soil microflora and thenitrogenfixing capacity of Azotobacter. Soil Biology and Conservation of Biosphere (ed. J. SZEGI) Gödöllő, 239-250.p.

HELMECZI, B.-KÁTAI, J.-BESSENYEI, M. (1986): Néhány mikroszkópikus gombafaj növekedésének változása herbicidek és herbicidkombinációk hatására.DATE Tud.Közl.Tom.XXVI. 45-63.p.

HELMECZI, B.-BUBÁN, T.-PAPP, J.-LAKATOS, T.-JAKAB, J.-KAJATI, I.-MERWIN, I. (1997): Herbicidtakarékos facsík kezelés hatása a talaj mikrobiológiai aktivitására. Első Nemzetközi Környezetvédelmi Konferencia Összefoglalók, Debrecen, 93-94.p.

HESS, D. (1979):Növényélettan.Az anyagcsere és a fejlődés molekuláris és biokémiai-fiziológiai alapjai.Natura Kiadó,Budapest,457.p.

HOFMANN, E. (1955): The enzymes in soil and their role in the biology and fertility of soil. Z. Acker. Pflanzenbau. 100, 31-35.

HORVÁTH, S. (1980):Mikrobiológiai praktikum. Tankönyvkiadó,Budapest. 590.p.

IBARRA JIMENEZ, L.-FLORES VELASQUEZ, J. (1997): Plastic soil mulching, row covers and development and yield of watermelon and squash crops. Agrocienia 31:1, 9-14; 17. ref.

IBRAHIM, A.N.-EL-SHERBENY, M. A.-AMIN, M. A.A. (1982): A sugárgombák cellulózbontásának tanulmányozása. Agrokémia és talajtan. Tom 31. No 1-2. 101-110.p.

- IMSENYECKIJ, A.A. (1950): Mikrobiologija cellulozü. Izd. An. SSSR. Moszkva. 124-136.p.
- INÁNTSY, F. (2001): Almatermesztés integrált módszerekkel. Almatermesztők Szövetsége. 319-331.p.
- IRVINE, J.-LAW, B.E. (2002): Measuring soil respiration in young and old-growth ponderosa pine forest. *Global Change Biol.* 8, 1183-1194.p.
- JAISWAL, U.P. (1995): Response of potato (*Solanum tuberosum*) cultivars to date of planting and mulching under warm temperature condition. *Indian Journal of Agronomy* 40:4, 660-664; 4. ref.
- JAKAB, J. (1991): Biological activity in soil under various Forest stands. *Agrokémia és talajtan.* Tom 40. No 3-4. 517-521.p.
- JALOTA, S.K.-PRIMAR, S.S. (1991): Effect of straw mulch on evaporation reduction in relation to rates of mulching and evaporativity. *Journal of the Indian Society of Soil Science.* (New Delhi). 38.k. 4.sz. 728-730.p.
- JENSEN, H. (1931): The fungus flora of the soil. *Soil Sci.* 31. 123.p.
- JEVTIC, S. (1997): Effect of organic mulch application on the yield of potato seed crop. *Acta-Horticulture* No. 462, 291-296; 8. ref.
- JIMENEZ DIAZ, F.-CANODIOS, P.-MENEDA MARTINEZ, C. (1997): Effect of different solarization periods on melon (*Cucumis melo* L.) development in the comarca lagunera. *ITEA Produccion Vegetal* 93:2, 116-125; 9. ref.
- JONES, R.P.-GREENFIELD, P.F. (1982): Effect of carbon dioxide on yeast growth and fermentation. *Enzyme Microbiol. Technol.* 4: 210-223.p.
- KANAZAWA, S.-ASUKAWA, S.-TAKAI, Y. (1988): Effect of fertilizer and manure application microbial numbers, biomass and enzyme activities in volcanic ash soil. I. Microbial numbers and biomass carbon. *Soil Science and Plant Nutrition* (Tokyo) 34.k. 3.sz. 429-439.p.
- KANDELER, E.-EDER, G.-SOBOTIK, M. (1994): Microbial biomass, N mineralization, and the activities of various enzymes in relation to nitrate leaching and root distribution in a slurry amended grassland. *Biology and Fertility of Soils.* 18:1, 7-12; 35. ref.
- KANDELER, E.-PALLI, S.-STEMMER, M.-GARZABEK, M.H. (1999): Tillage changes microbial biomass and enzyme activities in particle size fractions of a Haplic Chernozem. *Soil Biology and Biochemistry.* 31:9, 1253-1264; 47. ref.

- KAPUR, S. –BELFIELD, W.-GIBSON, N.H.S. (1981): The effect of fungicides of soil fungi with special reference to nematophages species. *Pedobiológia*. Jena. 21. 3. 172-181.p.
- KÁTAI, J. (1992): Kölcsönhatások a talajtulajdonságok néhány agrotechnikai eljárás és a mikrobiológiai aktivitás között. Kandidátusi értekezés. 105.p.
- KÁTAI, J. (1997/a): The effect of argotechnical methods on the quality of microflora and biological activity in the soil. *Land Use and Soil Management* (ed. Filep György). 240-252.p.
- KÁTAI, J. (1997/b): The effect of different ways of nutrient supply on the microflora and its activity. *Current Plant and Soil Science in Agriculture*. No 1-2. 210-219.p.
- KÁTAI, J. (1999): Talajmikrobiológiai jellemzők változása trágyázási tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. Tom 48. No 3-4. 348-361.
- KÁTAI, J. (2000): Összehasonlító talajmikrobiológiai vizsgálatok egy trágyázási kísérletben. IV. Nemzetközi Tudományos Szeminárium. Debrecen. 51-63.p.
- KÁTAI, J. – HELMECZI, B. (1995): A műtrágyázás és a vetésváltás hatása a talaj mikrobiológiai folyamataira. *DATE Tudományos Közlemények* Tom XXXI. 169-177.
- KÁTAI, J.-LAZÁNYI, J.-VERES, E. (1999): Soil microbiological investigation in the „Westsik” long-term crop rotation experiment. *Trans-Tiszaian Agricultural Scientific Days, Section of Agrochemistry and Soil Science, debrecen*. 175-184.p.
- KÁTAI, J.-VÁGÓ, I.-VERES, E. (2001): Comparing evaluation of microbiological processes of the carbon and nitrogen cycles. *Union of the innovation the science and the practice in the agriculture of the 21th century*. Gödöllő, 2001 May 17-18. 304-311.p.
- KÁTAI, J.-VERES, E. (1998): The floral composition of bacteria and microfungi in the rhizosphere of grass species. 17 th EGF meeting, *Ecological Aspects of Grassland Management*. DATE Vol. 3. 425-428.p.
- KÁTAI, J.-VERES, E. (2000): Comparing of physical, chemical and microbial characteristics in the grasslands. 18 th EGF meeting, *Grassland Farming Balancing environmental and economic demands*. 59.p.
- KÁTAI, J.-VERES, E. (2001): Some physical, chemical and microbial features grasslands and the rhizosphere effects of grasses. *Analele Universitatii din Oradea*. Tom VII. Partea I. 45-54.p.
- KÁTAI, J.-VERES, E. (2003): Comparing of physical, chemical and microbial Properties of grasslands. *Grassland Management Days, Debrecen* 18. 163-167.p.

- KÁTAI, J.-VERES, E.-LAZANYI, J. (2002): Data to the microbiological characterization of Westsik's crop rotation experiment. Long-term experiments, regional production, rural development. Part I. 213-219.p.
- KATO, H. K. (1980): Effect of pentachlorophenol(PCP) on soil bacterial-flora in soil suspension.Bull.Inst,Agric.Res.Tokoku Univ. Sendai-32. 1. 1-7.p.
- KEMÉNY, S.-DEÁK, A. (2000): Kísérletek tervezése és értékelése. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 492.p.
- KHAN, S.U. (1970): Enzymatic activity in a grey mooded soil as influenced by cropping systems and fertilizers. Soil. Biol. Biochem. 2, 137-139.p.
- KHAZIEV, F.H. (1975): Thermodynamic characteristics of enzymic reaction in soil. Biol. Nauki (10) 121-127.p.
- KHAZIEV, F.H. (1982): Szisztémno-ekologicseszkij analiz fermentativnoj aktivnoszti pocsv. Izd. Nauka. Moszkva. 49-54.p.
- KING, J.A.-HARRISON, R. (2002): Measuring soil respiration in the field: an automated closed chamber system compared with portable IRGA and alkali absorption methods. Communications on Soil Science and Plant Analysis 33. 403-423.p.
- KISS, S.-STEFANIC, G.-DRAGAN-BULARDA, M. (1975): Soil enzymology in Romania (part 2.) Contrib. Bot. Cluj, 197-207.p.
- KLEBANOVICH, N.V.-MOROZ, G.V. (1998): The influence of liming on the microflora and microbiological characteristics of Belarussian gernopodzolic soils. Pocsvovedenie No. 1., 74-77; 10. ref.
- KLOSE, S.-TABATABAI, M.A.(2000): Urease activity of microbial biomass in soils as affected by cropping systems. Biology and Fertility of Soils. 31: 3-4, 191-199; 50. ref.
- KNOBLAUCH, M. (1987):Das Mulchen- eine wichtige Marsnahme der Bodenpflege in Obstbau.Erwerbs-Obstbau. Berlin-Hamburg 29.k. 4.sz. 123-125.p.
- KOPER, J.-PIOTROWSKA, A. (2001): Soil dehydrogenase activity and organic C and total N content in soil fertilized with different doses of cattle and pig slurry. Agricultura. No. 89, 87-91; 8. ref.
- KOVÁCS, G. (1990): Catalase Activity- an Indicator of Biological Activity in Forest Soil. Agrokémia és Talajtan Tom 39. No. 3-4. 439-443.p.
- KOVÁCS, M. (1977): A környezetvédelem biológiai alapjai.Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 216.p.

- KRAMER, M.-ERDEI, G. (1959/a): Application of the method of phosphatase activity determination in agricultural chemistry. *Soviet Soil Sci.* (9) 1100-1103.p.
- KRAMER, M.-ERDEI, G. (1959/b): Primevenie metoda opredelenija aktivnoszti foszfatazū v agrihimicseszkijh iszszledovanijah. *Pocsvovedenie* (9) 99-102.p.
- KUMAR, V.-WAGENET, R.J. (1984): Urease activity and kinetics of urea transformation in soil. *Soil. Sci.* 137:4, 263-269; 18.ref.
- KUPREVICS, V.F.-SCSERBAKOVA, T.A. (1956): Determination of invertase and catalase activity of soils. *Vestsi Akad. Navuk. Belarusk. SSR, Ser. Biyal.* 2, 115-116.p.
- KUPREVICS, V.F.-SCSERBAKOVA, T.A.-CSJUPA, G.P. (1966): Soil urease activity. *Dokl. Akad. Navuk. Belarusk. SSR.* 10, 336-338.p.
- LAKATOS, T.-BUBÁN, T.-HELMECZI, B.-NEILSEN, D.-FALLAHI, B.-NEILSEN, G.-PERYYEA, F. (2001): Effects on the number of soil microorganisms and tre nutrition of groundcover management system. *Acta Horticulture.* No. 564, 201-207; 15. ref.
- LÁSZTITY, B.-KÁDÁR, I.-GULYÁS, F. (1981): Műtrágyázás hatása néhány talaj cellulózbontó aktivitására. *Agrokémia és talajtan.* Tom 30, 1-2; 91-98.
- LECAIN, D.R.-MORGAN, J.A.-SCHUMAN, G.E.-REEDER, J.D.-HART, R.H. (2000): Carbon exchange rates in grazed and ungrazed pastures of Wyoming. *Journal of Range Management.* 53:2, 199-206; 30. ref.
- LEE J., N.-JANG, S.W.-LEE, J.T. (1998): Effect of mulching materials on growth and yield in stacking cultivation of watermwlon under rainshelter in alpine area. *Journal of the Korean Society for Horticulture Science* 39:1, 8-13; 11. ref.
- LIAO, M.-HUANG, C.Y.-XIE, Z.M. (2002): Impact of triazophos insecticide on paddy soil environment. *Journal of Environmental Science.* 14:3, 309-316; 44. ref..
- LIGETFALUSI-KOVÁCS, I. (1991): Assay of Biological Activity in Forest Soil by Incubation Tests. *Agrokémia és talajtan.* Tom 40. No. 1-2. 433-439.p.
- LI, C. H.-MA, B.L.-ZHANG, T.Q. (2002): Soil bulk density effects on soil microbial populations and enzyme activities during the growth of maize (*Zea mays* L.) planted in large pots under field exposure. *Canadian Journal of Soil Science* 82: 147-154.p.
- LIJIV, L. A.-TOOMRE, R. (1977): O vzaimovlijanii uszlovij pitaniija i szposzobov iszpol'zovanija na nakoplenie i razlozsenie kornevoj masszu v lugovuh pocsvah. 18. Internationaler Grasslandkongress, Leipzig. 3-5. szekció. 58-61.p.

- LINE, M.A.-OXLEY, T.A.-BARRY, S. (1983): Catalase activity as an indicator of microbiol colonization of wood. *Biodeterioration* 5. 38-43; 4. ref.
- LIU, T.Y.-LI, C.Y.-ZENG, W.L.-XIE, F.B. (1997): Effect of mulching with plastic and a single fertilizer application on tobacco growth and economics. *Journal of Fujian Agri. Univ.* 26:4, 44-451; 4. ref.
- LUKÁCS, O. (1996): *Matematikai statisztika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 569.p.
- LUNDEGARDTH, H. (1923-24): Die natürliche CO₂ Produktion des Bodens. *Nord. Jordbv. Forskn.* 5/6.
- MAARIT NIEMI, R.-AHTIAINEN, J.-SARJAKOSKI, T.-SCHULTZ, E.-VANHALA, P. (1998): Impact of airborne metal pollution on microbial community structure in coniferous soil. Biodiversity and decision making: biological and socio-economic perspectives. Aug. 24-26. Poster abstract.
- MAMATHA, G.-JAYANTHI, S.-BAGYARAJ, D.J.-SURESH, C.K. (2001): Microbial and enzymatic analysis from sandal root zone soil growing in red sandy loam. *Indian Journal of Microbiology.* 41:3, 219-221; 12. ref.
- MAY, P.B.-DOUGLAS, L.A. (1976): Assay for soil urease activity. *Plant and Soil* 45, 301-305.p.
- MCNAUGHTON, S.J.-ZUNIGA, G.- MCNAUGHTON, M.M.-BANYIKVA, F.F. (1997): Ecosystem catalysis: soil urease activity and grazing in the Serengeti ecosystem. *Oikos*, 80:3, 467-469; 26. ref.
- MELISZEWSKA, W. (1969): Különböző talajtípusok biológiai aktivitásának összehasonlítása. *Agrokémia és talajtan*, Tom 18. No. 1. 76-79.p.
- MERSI, von W.-SCHINNER, F. (1991): An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with idonitrotetrazolium-chloride. *Biol. Fertil. Soils* 11: 216-220.p.
- MIKANOVA, O.-KUBAT, J.-MIKHAILOVSKAYA, N.-VÖRÖS, I.-BÍRÓ, B. (2001): Influence of heavy metal pollution on some soil-biological parameters in the alluvium of the Litavka river. *Rostlinna Vyroba* 47:3, 117-122.p.
- MIKANOVA, O.-KUBAT, J.-NOVAKOVA, J. (2002): Some microbiological characteristics and enzymatic activities in soils polluted with heavy metals. 17 th WCSS 14-21 August, 2002 Thailand 792: 1-7.
- MIKHAILOVSKAYA, N.- BATCHILO, N. (2002): Effect of wet poultry manure on wheat yield and bioogical status of soil. *Proceedings of the 10 th international conference of the Ramiran network.* 187-190.

- MINENKO, A.K. (1968): Iszpolzovanie intenzivnoszti producirovaniya mikroorganizmami foszfatazü dlja szravnitelnoj ocenki obeszcensnoszti pocsvü dosztupnüm foszforom Szornik dokladov szimpoziuma po fermentam pocsvü. Izd. AN. Bel. SzSzR. Minszk. 17-24.p.
- MISHUSTIN, E.N. (1972): Mikroorganizmi i produktivnoszty zemledelujä. Nauka. Moszkva. 33-40.p.
- MOAT, A.G.-FOSTER, J.W. (1988): Microbiol Physiology, Wiley, New York. 352.p.
- MOLLER, H. (1979): Saccharase and urease content of peat and muick soils in north-west German alder-communities. Thema 9:175-192.p.
- MÓNUS, B. (1999): A meggy és a cseresznye integrált termesztése. PRIMOM, Nyíregyháza. 244.p.
- MU, J.M. (1997): Effect of different crop stubbleremaining in field on soil enzyme activity. Journal of Jilin Agricultural University. 19:4, 65-69; 6. ref.
- MUSA, M.M.-MUKHTAR, N.O. (1969): Enzymatic activity of a soil profile in the Sudan Gezera. Plant and Soil. 30, 153-155.p.
- MÜLLER, G. (1991): Az agroökológia talajmikrobiológiai kérdései és az intenzív mezőgazdasági termelés. Agrokémia és Talajtan. Tom 40. No 3-4. 263-272.p.
- NAKADAI, T.-KOIZUMA, H.-USAMI, Y.-SATO, M.-OIKAWA, T. (1993): Examination of the method for measuring soil respiration in cultivated land: Effect of carbon dioxide concentration on soil respiration. Ecol. Res. 8:65-70.p.
- NAPLEKOVA, N.N. (1974): Azrobnoe razlozsenie kletcsatki v pocsvah Zapabnoj, Szibiri. Nauka, Novocibirszk. 66-74.p.
- NARDI, S.-PIZZEGHELLO, D.-RENIERO, F.- MUSCOLO, A. (1999): Biological activity of humic substances extracted from soils under different vegetation cover. Communications in Soil Sci. and Plant Analysis. 30:5-6, 621-634; 34. ref.
- NIGGLI, U.-POTTER, C.A.-NIEDERHUSER, R. (1985): Einfluss von organischen Abdeckmaterialien im baumstreifen auf Unkreuter und Ertrag. Schw. 121.k. 26.sz. 735-739.p.
- NIGGLI, U.-WEIBEL, F. P.-GUT, W. (1990): Weed controll with organic mulch materials in orchards.Result from 8 years field experiments.Acta Horticulture 285: 97-102.p.
- NOBEL, P.S.-PALTA, J.A. (1989): Soil O₂ and CO₂ effects on root respiration of cacti. Plant and Soil 120:236-271.p.

- NORRIS, J. R.-RIBBONS, D. W. (1970): Method in Microbiology. Acad. Press., London-New York, 3 A. 505.p.
- NOVÁK, B. (1990): The role of soil misroorganisms in the decomposition and synthesis of organic matter. *Agrokémia és Talajtan*. Tom. 39. No. 1-2. 286-292.p.
- NOVÁK, F-PLACEROVA, K. (1998): Cellulose decomposition rate in the soil of mountain spurce forests in the Beskid Mountains. *Lesnictvi Forestry* 44:2, 65-76; 15. ref.
- NYÍRI, L. (szerk.)(1993): Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 438.p.
- OHASHI, M.-GYOKUSEN, K.-SAITO, A. (2000): Contribution of root respiration to total soil respiration in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) artificial forest. *Ecological Research*. 15:3, 323-333; 42. ref.
- ONDRASEK, L.-FIALA, J.-JANCOVIC, J.- RATAJ, D.-MAJERNIK, F. (2000/a): Relation of some soil biological and chemical characteristics to production indicators of three grassland types. *Grassland ecology Proceedings of the 5 th Ecological Conference, Banska-Bystrica, Slovakia*. 342-349, 9. ref.
- ONDRASEK, L.-FERIENCIKOVA, D.-ZIMKOVA, M. (2000/b): The influence of permanent, temporary and oversown grassland on some soil features. *Grassland ecology Proceedings of the 5 th Ecological Conference, Banska-Bystrica, Slovakia*. 350-358, 14. ref.
- OSSON, E.M.-PACE, P.F.-RHYKARD, R.L.-RHYKARD, C.L. (2003): Influences of mulch on soil temperature, nutrient concentration, yield components and tuber yield of sweet potato (*Ipomoea batata*). *Indian J. of Agr. Sci.* 73:1, 57-59.p.
- OUYANG, Y.-ZHENG, C. (2000): Surficial processes and CO₂ flux in soil ecosystem. *Journal of Hidrology Amsterdam*. 234:1-2, 54-70; 39. ref.
- PÁNTOS-DERIMOVA, T. D.(1980): Mikroflora lesznük pocsv Vengrrii kak komponent biogeocenoza. *Izd. Akad. Nauk SZSZSZR Szer. Biol. (5)* 767-771.p.
- PÁNTOS-DERIMOVA, T. D.(1983): A talaj enzimaktivitása néhány erdei ökoszisztémában. *Agrokémia és talajtan*. Tom 32. No 1-2. 206-224.p.
- PAPP, J.-TAMÁSI, J. (1979): Gyümölcsösök talajművelése és tápanyagellátása. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest 144-149.p.
- PAPP, S.-KÜMMEL, R. (1992): Környezeti kémia. Tankönyvkiadó, Budapest. 359.p.
- PARHAM, J.A.-DENG, S.P.-RAUN, W.R.-JOHNSON, G.V. (2002): Long-term cattle manure application in soil. Effect on soil phosphorus levels, mmicrobial biomass C, and dehydrogenase and phosphatase activities. *Biology and Fertility of Soils*.

35:5, 328-337; 50. ref.

- PARKS, F.P. (1974): The sorption of *Escherichia coli* alkaline phosphatase by selected clay minerals, PhD thesis. University of Idaho. 157.p.
- PARKINSON, D. (1957): Symp. methods d'Etudes Microbiologiques du Sol. Lonvain, Belgium. 258-271.p.
- PASCA, D.-KISS, S. (1999): Physico-chemical and enzymological properties of a Romanian eutrophic peatland under agricultural use. *Ecologie*. 30:1 ,33-38; 18. ref.
- PETIT, N.M.-SMITH, A.R.J-FREEDMAN, R.B.-BURNS, R.G. (1976): Soil urease: activity, stability and kinetic properties. *Soil Biol. Biochem.* 8, 479-484.p.
- PFAMMATTER, W.-DESSIMOZ, A. (1997): Influence of irrigation and ground cover on development and yield of young apple tree. *Reuie Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture* 29:5, 301-304.p.; 1 pl; 4. ref.
- PIAO, H.C.-WU, Y.Y.-HONG, Y.T.-YUAN, Z.Y. (2000): Soil-released carbon dioxide from microbial biomass carbon in the cultivated soils of carst areas of southwest China. *Soil Biol. Fertil.* 31: 422-426.p.
- PINAMONTI, F. (1998): Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51:3, 239-248; 28. ref.
- POCHON, J.-DE BARJAC, H. (1958): *Traité de microbiologie des sols*. Dunod, Paris. 560.p.
- POCHON, J.-DE BARJAC, H. (1972): *Traité de microbiologie des sols*. Paris. 610.p.
- POCHON, J.-TARDIEUX, P. (1972): *Techniques d'analyse en microbiologie du Sol*. Collection „Techniques de Besa”. 111.p.
- POLL, C.-THIEDE, A.-WERMBTER, N.-SESSITSCH, A.-KANDELER, E. (2003): Micro-scale distribution of microorganisms and microbial enzyme activities in a soil with long-term organic amendment. *European Journal of Soil Science* Volume 54 Issue 4, 715.p.
- PROKOPENKO, O.I.-MUSINA, G.V. (1983): Effect of some herbicides on catalase activity and oil content on soybean plants. *Sibirskii Vestnik Selsk. Nauki*. No 6. 15-17, 112; 11.ref.
- PUSZTAI, A. (1963): A műanyagfóliás talajtakarás hatása a talajra és növényre. *Agrokémia és talajtan*. Tom 12. No.3. 42-47.p.
- QUILCHANO, C.-MARANON, T. (2002): Dehydrogenase activity in Mediterranean forest soils. *Biology and Fertility of Soils*. 35:2, 102-107; 31. ref.

- RADULESCU, D.-KISS, S. (1971): Enzyme activities in the sediment of the Zanoaga and Zanoguta Lakes. *Progrese in Palinologia Romaneasca*. 243-248.p.
- RAHMAT ULIAH-ABDUR, R.-AHMAD, K.-SAID, G.-ULIAH, R. (1998): Effect of different mulching materials on the growth and production of wheat crop. *Sarhad Journal of Agriculture* 14:1, 21-25; 15. ref.
- RAICH, J.W.-POTTER, C.S.-BHAGAWATI, D. (2002): Interannual variability in global soil respiration, 1980-94. *Global Change Biology*. 8:8, 800-812.
- RAMIREZ-MARTINEZ, J.R. (1966): Characterization and localization of phosphatase activity in soil. PhD thesis, University of California, Berkeley. 175.p.
- RAMIREZ-MARTINEZ, J.R.- MCLAREN, A.D. (1996): Some factors influencing the determination of phosphatase activity in native soils and in soils sterilized by irradiation. *Enzymologia* 31, 23-38.
- RAO, D.L.N.-GHAI, S.K. (1985): Urease and dehydrogenase activity of alkali and reclaimed soils. *Australian Journal of Soil Research* 23:4, 661-665; 15. ref.
- RAWALD, W. (1968): Über Zelluloseabbauintensitat, Vorkommen Zellulosezerstörender Mikroorganismen und Zelluloseaktivitat in einigen Woldund Ackerböden.-In „Mineralisation der Zellulose” Tagungsberichte, DAL Berlin. Nr. 98. 171-179.p.
- REDDY, R.U.-REDDY, M. S.-JAYAKUMAR, G.W.L.(1996): Urease activity in soils of northern Telangana of Andhra Pradesh, and its relationship with various soil properties. *Annals of Agricultural Research* 17:3, 261-264.p.
- RIBALKINA, A. W.-KONONENKO, E. W. (1953): Die unmittelbare Beobachtung der Bodenmikroflora mit Hilfe der modifizierten Methode nach Chododny. *Mikrobiologia* 22. 71-82.p.
- RIDGE, E.H.-ROVIRA, A.D. (1971): Phosphatase activity of intact young wheat roots under sterile and non-sterile conditions. *New Phytol.* 70, 1017-1026.p.
- ROBERGE, M.R.-KNOWLES, R.(1968): Urease activity in a black spruce humus sterilized by gamma radiation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32, 518-521.p.
- ROIZIN, M.B.-EGEROV, V.I. (1972): Biological activity of podzolic soils of the Kola Peninsula. *Pochvovedenie* (3), 106-114.p.
- ROSEMEYER, M.-VIAENE, N.-SWARTZ, H.-KETTLER, J. (2000): The effect of slash/mulch and alley cropping bean production system on soil microbiota in the tropics. *Applied Soil Ecology* 15, 49-59.p.

- ROSS, D.L. (1983): Invertase and amylase activities on influenced by clay minerals soil-clay fractions and topsoils under grassland. *Soil Biology and Biochemistry*. 15:3, 287-293; 39. ref.
- ROSS, D. J.-MCNEILLY, B.A. (1972): Effect of storage of oxygen uptakes and dehydrogenase activities of beech forest litter and soil. *New Zealand J. Sci.* 15, 453-462.p.
- RUNOWSKA-HRYNCZUK, B.- HRYNCZUK, B.-MICHALEK, R. (2000): Biological properties of soil depending on tillage techniques. All-Poland conference on machines-soil-plants, held at Ladek Zdroj, Poland. No. 6, 133-139; 14. ref.
- SAHRAWAT, K.L. (1983): Relationships between soil urease activity and other properties of some tropical wetland rice soils. *Fertility Research*. 4:2, 145-150; 15. ref.
- SAHRAWAT, K.L. (1984): Effects of temperature and moisture on urease activity in semi arid tropical soils. *Plant and Soil*. 78:3, 401-408; 20. ref.
- SALAMA, A.M.-ABDEL-RAHMAN, T.M.A.-ABO ELLIL, A.H.-ALY MIA, A-EL SELHDAR, A.A.H. (1992): Effect of elevated amendmentsof urea on soil ureolytic activity and mycofloral count. *Egyptian Journal of Microbiology*. 27:2, 197-214; 38. ref.
- SAMUEL, A.-KISS, S. (1999): The effect of soil management practices on the enzymatic activities in a brown luvic soil. *Studia Universitatis Babes-Bolyai-Biologia*. 44:1-2, 189-197; 12. ref.
- SAMUEL, A.-KISS, S.-SANDOR, M. (2000): Phosphatase activities in a brown luvic soil. *Studia Universitatis Babes-Bolyai-Biologia*. 45:2, 91-99; 13. ref.
- SANTOS, T.M.C.-MONTEIRO, R.T.R. (1994): Influence of aldicarb and endosulfan on the number of microorganisms and urease activity in the soil. *Scientia Agricola* 51:1, 123-130; 18. ref.
- SANTRUCKOVA, H.-SIMEK, M. (1997): Effect of soil CO₂ concentration on microbial biomass. *Biol. Fertil. Soils* 25:269-273.p.
- SAVAGE, K-DAVIDSON, E.A. (2001): Interannual variation of soil respiration in two New England forest. *Global Biogeochemical Cycles* 15, 337-350.p.
- SAVAGE, K-DAVIDSON, E.A. (2003): A comparision of manual and automated systems for soil CO₂ flux measurements: trade offs between spatial and temporal resolution. *J. of Exp. Bot.* Vol 54, No 384. 891-899.p.
- SAWAMOTO, T.-HATANO, R.-YAJIMA, T.-TAKAHASHI, K.-ISAEV, A.P. (2000): Soil respiration in Siberian taiga ecosystem with different histories of forest fire.

Soil Sci. and Plant. Nutr. 46:1, 31-42; 31. ref.

SCHLESINGER, W.H. (1997): Biogeochemistry: an analysis of global change. Acad. Press, San Diego. 673.p.

SCHUMACHER, R.-STADLER, W.-KREBS, C.-KOBELT, M. (1988): Einfluss verschiedener Bodenpflegemaßnahmen auf Ertrag und Qualität bei der Sorte Maigold. Schweizerische Zeitschrift für Obst und Weinbau (wadenswil). 465-472.p.

SEKHON, N.K.-HIRA, G.S.-THIND, S.S. (1997): Effect of seed bed temperature on growth, development and yield of early sown sunflower (*Helianthus annuus* L.) Indian Journal of Ecology 24:2, 172-178; 8. ref.

SHARMA, P.K.-PARMAR, D.K. (1998): The effect of phosphorus and mulching on the efficiency of phosphorus use and productivity of wheat grown on a mountain Alfisol in the Western Himalayas. Soil Use and Management 14:1, 25-29; 15. ref.

SINGH, R.-NYE, P.H. (1984): The effect of soil pH and high urea concentrations on urease activity in soil. Journal of Soil Sci. 35:4, 519-527; 18. ref.

SKINNER, F.-TONES, P.-MOLLISON, T. (1952): A comparison of a direct on a plate counting technique for the quantitative estimation of soil microorganisms. J. gen. Microbiol. 6. 7-16.p.

SKUJINS, J.J.-MCLAREN, A.D. (1967): Persistence of enzymic activities in stored and geologically preserved soils. Enzymologia 34, 213-225.p.

SONG, M.Z.-MAO, S.C.-ZHANG, C.J.-XING, J.S. (1994): Studies on the yield-increasing effect of photo-biological degradable film cotton mulch. Journal of Henan Agric. Sci. No 11, 9-12.p.

SPEIR, T.W. (1984): Urease, phosphatase and sulphatase activities of Cook Island and Tongan soils. N.Z. J. Sci. 27:1, 73-79; 25. ref.

SPEIR, T.W.-ROSS, D.J. (1975): Effect of storage on the activities of protease, urease, phosphatase and sulphatase in three soils under pasture. N.Z. J. Sci. 18, 231-237.p.

SRINIVAS, D.-SAROJA, R.S.-RAO, P.C.-RAMAN, S. (2000): Influence of plant cover on acid and alkaline phosphatase activity in two soils of Andhra Pradesh. Journal of Research Angau. 29:4, 40-47; 17. ref.

STEMMER, M.-GERZABEK, M.H.-KANDELER, E. (1999): Invertase and xylanase activity of bulk soil and particle size fractions during maize straw decomposition. Soil Biology and Biochemistry. 31:1, 9-18; 27. ref.

STEMMER, M.-ROTH, K.-KANDELER, E. (2000): Carbon mineralization and

microbial activity in a field site trial used for ^{14}C turnover experiments over a period of 30 years. Biol. And Fert. Of Soils. 31:3-4, 294-302; 29. ref.

- STRUZINA, A. (1991): Der Einfluss von Mulch auf Bodenphysicalische Wachstumsfactoren. Gemüse. München. 27.k. 5.sz. 257.p.
- SZABÓ, I. (1955): A talajenzimológia eredményeinek kritikai összefoglalása. Agrokémia és talajtan 4. 183-190.
- SZABÓ, I.M. (1974): Microbial communities in a forest-rendzina ecosystem. Akadémiai Kiadó, Budapest. 315.p.
- SZABÓ, I.M. (1986): Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 373.p.
- SZABÓ, I. M. (1989): A bioszféra mikrobiológiája, Akadémiai Kiadó. Budapest. 2476.p.
- SZEGI, J. (1962/a): A nedvesség hatása a cellulóz elbontására egyes hazai talajainkban. Agrokémia és talajtan. Tom.11.No.1. 105-114.p.
- SZEGI, J. (1962/b): A talajmikrobiológiai kutatások néhány időszerű problémája. MTA. Agrártudományok Osztályának Közleményei. 20.kötet. 3-4. sz. 279-290.p.
- SZEGI, J. (1962/c): A nedvesség hatása a cellulóz elbontására egyes hazai talajainkban. Agrokémia és Talajtan. Tom 11. No 1. 115-128.p.
- SZEGI, J. (1968/a): Cellulózbontó gombák N táplálkozása I. Agrokémia és talajtan. Tom 17. No. 3. 255-261.p.
- SZEGI, J. (1968/b): Adatok néhány cellulózbontó mikrogomba nitrogén táplálkozásához I. Nitrogénforrás minősége és C:N arány. Agrokémia és talajtan. Tom 17. No.1 18-22
- SZEGI, J. (1969): Mikroszkopikus gombák N táplálkozása. Agrokémia és talajtan. Tom 18. No. 1. 18-24.p.
- SZEGI, J. (1972): Effect of few herbicides on the decomposition of cellulose. In: Proc. Symposium Soil Microbiol. J. Szegi (ed.), Akadémiai Kiadó, Budapest, 349.p.
- SZEGI, J. (1974): A talajbiológia időszerű problémái, különös tekintettel a mezőgazdasági termelés kemizálására. MTA Agrártudományok Osztályának Közleményei. 33.kötet.1.sz. 7-15.p.
- SZEGI, J. (1975/a): A cellulóz elbontása és a talaj termékenysége. MTA. Agrártudományok Osztályának Közleményei. 34.kötet. 3.sz. 563-575.p.
- SZEGI, J. (1975/b): A környezetvédelem néhány talajmikrobiológiai problémája. MTA Agrártudományok Osztályának Közleményei. 34. kötet.

1-2.sz. 305-314.p.

- SZEGLI, J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 311.p.
- SZEGLI, J. (1988): Cellulose decomposition and soil fertility. Akad. Kiad. Bp. 187.p.
- TAMÁSI, E. (1990): Nyári takaró a gyümölcsösben. Kertészet és Szőlészet 30,(26) 17.p.
- SZWEDO, J.-MASZCZYK, M. (2001): Effect of straw-mulching of tree rows on some soil characteristics, mineral nutrient uptake and cropping of sour cherry trees. Journal of fruit and ornamental plant research Vol. IX. No. 1-4. Abstract.
- THORTON, H. (1948): Direct examination of organisms in soil. Rep. Rothamsted expr. Stat. 285.p.
- THUILLE, A.-BUCHMANN, N.-SCHULZE, E.D. (2000): Carbon stocks and soil respiration rates during deforestation, grassland use and subsequent Norway spruce afforestation in the Southern Alps, Italy. Tree Physiology. 30:13, 849-857; 43. ref.
- TIAN, L.W.-LOU, C.H.-HE, B. (1997): The effect of wide film mulching on the growth of cotton. China Cottons. 24:11, 14-16.p.
- TORNSTENSON, N.T.-ROSSWALL, T. (1977): The effect of 20 years applications of 2,4-D and MCPA on the soil flora. In: Interaction of soil Microflora and environmental Pollution. Int. Symp. Pulawy, 1. 170.p.
- TORSTENSON, L. (1975): Effects of Bentazon and Dinoseb on Soil microorganisms and Rhizobium-Leguminosae symbiosis. Swedish j. agric. Res. Stockholm 5.k. 4.sz. 177-183.p.
- TÓTH, B. (1978): A kukoricaszár mikrobiológiai lebontása különböző műtrágyázási körülmények között. Kand. ért. 133.p.
- TÓTH, B.-NÉMETH, I.-NÉMETH, Zs. (1989): 28 éve istállótrágyázott barna erdőtalaj cellulózbontó és invertáz aktivitásának vizsgálata. Agrokémia és talajtan. Tom 37. No. 1-2. 311-313.p.
- TSIMILLI, M.M.-EGGENBERG, P.-BÍRÓ, B.-KÖVES-PECHY, K.-VÖRÖS, I.-STRASSER, R.J. (2000): Synergistic and antagonistic effects of arbuscular mycorrhizal fungi and Azospirillum and Rhizobium nitrogen-fixers on the photosynthetic activity of alfalfa, probed by the polyphasic chlorophyll-a fluorescence transient OJIP. App. Soil Ecol. 15. 169-182.p.
- TU, C.M. (1995): Effect of five insecticides on microbial and enzymatic activity in sandy soil. Journal of Environmental Science and Health. 30:3, 289-306; 30. ref.

- UBRIZSY, G.-VÖRÖS, J. (1968): Mezőgazdasági mikológia. Akadémiai Kiadó Budapest. 576.p.
- UNGER, H. (1968):Über den Aussangewat der mit dem Gazebeuteltest erzielten Zelluloseabbau Ergebnisse. Tagungsberichte. DAL Berlin 96,16
- VAUGHAN, D.-MALCOLM, R.E. (1984): Influence of assay conditions on invertase activity in different Scottish soils. Plant and Soil. 80:2, 285-292; 24. ref.
- VERES, E. (1999): Composition of bacteris and microscopic fungi in the rhizosphere of grasslands. Grassland Management Days, Debrecen. 91-97.p.
- VERES, E.-KÁTAI, J. (2000): Microbial populations in the rhizosphere of grasslands 18th General meeting of EGF. Grassland Farming, Balacing environmental and economic demands. 60.p.
- VERES, E.-KÁTAI, J.(2003): Popoulations of microbes in rhizoplane of grasslands. General Management Day, Debrecen 18, 179-183.p.
- VINOGRADSKIJ, S. (1924): Sur l'étude microscopique du sol. C.R. hebd. Séanc. Akad. Sci. 179.
- VIRÁG, Á. (1981): A mezőgazdasági kemizálás környezetvédelmi összefüggései. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 55-57.p.
- VIVAS, A.-VÖRÖS, I.-BÍRÓ, B.-CAMPOS, E.-BAREA, J.M.-AZCON, R. (2003): Symbiotic efficiency of autochthomous arbuscular mycorrhizal fungus (*G. mosseae*) and *Brevibacillus* sp isolated from cadmium polluted soil under increasing cadmium levels. Env. Poll. 126, 179.-189.p.
- VOINOVA-RAIKOVA, Z.-RANKOV, V.-AMPOVA, G. (1983): Mikroorganizmi i plobopobie Zemizdat, Szófia. 127.p.
- WACHENDORF, C.-BEYER, L.-BALZER, F.M.-BALZER GRAF, U. (1992): Phosphorus availability as a measure of biological activity- an alternative method for comparing microbial biomass with enzyme activity? Vortrage zum Generalthema des 104. VDLUFA Kongress vom 14-19.9.1992. in gottingen. 306-309; 8. ref.
- WEIER, K.L.-ROLSTON, D.E.-THORNBURN, P.J.-HOGARTH, D.M. (1998): The potential for N losses via denitrification beneath green cane trash blanket. Proceedings of the 20th conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologist held at Ballina, NSW, Australia. 169-175; 30. ref.
- WEU, X.Z.-LI, Y.L.-DENG, Z.F. (1997): Study on mechanism of repforated plastic film mulch increasing early and total yield of tomato. China Vegetables No. 2, 9-11; 3. ref.

- WITKAMP, M.(1966): Decomposition of leaf litter in relation to environmental microflora and microbial respiration. *Ecology* 47, 194-201.p.
- YEATS, G.W.-ORCHARD, V.A.-SPEIR, T.W.-HUNT,J.L.-HERMANS, M.C.C. (1994): Reduction in the soil biological activity following pasture contamination by copper, chromium organic timber preservative. *Biol. Fert* 18. 200-208.p.
- YOU, M. P.- SIVASITHAMPARAM, K. (1995): Changes in microbial population of an avocado plantation mulch suppressive of *Phytophthora cinnamomi*. *Applied Soil Ecology* 2, 33-43.p.
- ZAMAN, M.-DI, H.J.-CAMERON, K.C.-FRAMPTON, C.M. (1999): Gross nitrogen mineralization and nitrification rates and their relationships to enzyme activities and the soil microbial biomass in soils treated with dairy shed effluent and ammonium fertilizer at different water potentials. *Biol. Fertil. Soils* 29:178-186.p.
- ZANTUA, M.I.-BREMNER, J.M. (1975): Preservation of soil samples for assay of urease activity. *Soil. Biol. Biochem.* 7, 297-299.p.
- ZANTUA, M.I.-BREMNER, J.M. (1976): Production and persistance of urease activity in soil. *Soil. Biol. Biochem.* 8, 369-374.p.
- ZANTUA, M.I.-BREMNER, J.M. (1977): Factors affecting urease activity in soils. *Acad. Press, London* 218.p.
- ZELLES, L.-BAHIG, M.E.-SCHAUNERT, I.-KLEIN, W.-KORTE, F. (1984): Measurement of bioactivity based on CO₂-release and ATP content in soils after different treatments. *Chemosphere*, 13:8, 899-913, 13. ref.
- ZGLIMBEA, G.R.-MIHAILA, V. (1996): Influence of nitrogen and phosphorus rates on acid phosphatase activity. *Romanian Agricultural Research*. No. 5-6, 77-82; 13. ref..
- ZHANG, C.B.-ZHANG, Z.H. (2000): A study of dynamic relationship between soil organic matter and enzymatic activity. *Soils and Fertilizers*. No, 5, 28-30; 6. ref.
- ZISKA, L. H. (1998): The influence of root zone temperature on photosynthetic acclination to elevated carbon dioxide concentrations. *Annulas of Botany* 81:6, 717-721, 22. ref.

**DEBRECENI EGYETEM
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI TUDOMÁNYOK DOKTORI
ISKOLA**

A doktori iskola vezetője:
Dr. Győri Zoltán DSc

Konzulens:
Dr. Helmeczi Balázs DSc.

Összefoglaló

**BIOLÓGIAI AKTIVITÁS VÁLTOZÁSA INTEGRÁLT
ALMAÜLTETVÉNY TALAJÁBAN**

Készítette:
Varga Csaba

DEBRECEN

2004

Az integrált gyümölcsstermesztésben alkalmazott talajtakarás (mulcsozás) régen ismert (már a herbicidek megjelenése előtt is elterjedt) talajművelési eljárás, de a módszer előnyös hatásai nálunk még nem eléggé ismertek, így alkalmazásuk is korlátozott. A fiatal gyümölcsösökben a talajtakarásnak fontos szerepe van főleg a talaj vízkészletének megőrzésében és a herbicidhasználat nélküli gyommentesség biztosításában. Így a gyümölcsfasorok gyommentesen tartására egyre gyakrabban használják (a hagyományos mechanikai vagy herbicides eljárás helyett) a fóliás vagy egyéb anyagokkal történő (istállótrágya, szalma, kéregzúzalék, stb.) talajtakarási módszereket.

A talajtakarás növényvédelmi vonatkozását sokan (pl: YOU és SIVASITHAMPARAM, 1995), azonban a talaj életére, a talaj mikroorganizmusaira gyakorolt hatását mindeddig kevesen vizsgálták. Ilyen adatokkal szinte csak BUBÁN és szerzőtársai (1996/a, 1996/b), illetve HELMECZI et al. (1997) közleményeiben találkozunk. Ezirányú próbálkozásainkat elsősorban ez a körülmény indokolta.

A dolgozatomban szereplő vizsgálataink célkitűzése röviden a következőkben foglalható össze:

- 1) Különböző talajtakaró anyagok hatására hogyan változik
 - a) a mikrobák cellulózbontó aktivitása természetes (tényleges cellulózbontó aktivitás) és mesterséges (potenciális cellulózbontó aktivitás) körülmények között,
 - b) a különböző fiziológiai csoportba tartozó baktérium- illetve összes baktériumszám és mikoszkopikus gombák száma,
 - c) a szén-dioxid termelés mennyisége,
 - d) a fontosabb talajenzimek (foszfatáz, szacharáz, ureáz, kataláz, dehidrogenáz) aktivitása,
 - f) a gyümölcsfák fejlődése, növekedése.
- 2) Összefüggések keresése a fenti paraméterek között.

A vizsgálat céljára szolgáló talajminták az Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Kht. területén gyengén savanyú, humuszos homok talajtipuson telepített kísérleti almaültetvény talajából származtak. A mintákat a talaj felső 20 cm-es rétegéből vettük.

Vizsgálataink során 1996-1997 között (első vizsgálati periódus) négy (szalma, feketefólia, istállótrágya, fenyőkéreg zúzalék), 2000-2001 (második vizsgálati periódus) között két (hagyományos fekete fólia, porózus agroszövet fólia) talajtakaró anyagot alkalmaztunk. Kontrollként valamennyi alkalommal kapával gyommentesített parcella szolgált.

1996-1997 között a talaj tényleges és potenciális cellulózbontó aktivitását, az összes baktérium, a mikroszkópikus gombák, a fehérje-, cellulózbontó, valamint a nitrogénköti mikroorganizmusok mennyiségét határoztuk meg. 2000-2001 között a fenti vizsgálatok kiegészültek a szén-dioxid termelés, a foszfatáz, szacharáz, ureáz, kataláz és dehidrogenáz enzimaktivitások mérésével.

A cellulózbontó aktivitás -és általában a mikrobiális tevékenység- szempontjából fontos nedvességtartalom a különböző anyagokkal takart talajokban nagyobb, mint a kontrollban.

A kísérleti terület talajának pH-ja a különböző kezelések alatt a kiindulási időponttól számítva kismértékű csökkenő tendenciát mutat.

A szerves takaróanyagokat is tartalmazó kezelésekben a tényleges cellulózbontó aktivitás a különböző talajtakaró anyagok alatti talajokban a kontrollhoz képest kisebb nagyobb mértékben növekedett. Az aktivitás mértéke feketefólia, szalma, fenyőkéreg zúzalék, istállótrágya sorrendben nőtt. Az istállótrágya és a fenyőkéreg zúzalék kedvező hatása a kontrollal szemben minden esetben szignifikáns volt. Ugyanakkor előfordult, hogy az istállótrágya alatt mért érték csak nem szignifikánsan múlta felül a fenyőkéreg zúzalék alatt mért értéket.

A két különböző fóliával végzett takarós kísérlet azt igazolta, hogy a takaróanyagok kedvezően hatnak a talaj tényleges cellulózbontó aktivitására. A legmagasabb és a kontrolltól szignifikánsan különböző értéket az agroszövet fólia alatt mértük. Ezt követte a feketefólia, majd a kontroll. A fekete fólia csak néhány alkalommal volt kedvezőbb

hatású, mint az agroszövet, de a kontrolltól többségében szignifikánsan jobb volt. Összességében az aktivitás az agroszövet, fekete fólia, kontroll sorrendben csökkent.

A rendelkezésünkre álló adatok szerint a talaj nedvességtartalma és tényleges cellulózbontó aktivitása között közepes pozitív korrelációt figyeltünk meg.

A potenciális (laboratóriumi körülmények között mért) cellulózbontó aktivitás az ősszel vett mintában és inkább a második mérés alkalmával volt nagyobb. Az első vizsgálati periódusban mindig a fenyőkéreg zúzalék esetében kaptuk a szignifikánsan legmagasabb értéket. Bár a többi takaróanyag is felülmúlta a kontroll értékét, de hatásuk nem minden esetben volt egyértelmű.

A második vizsgálati periódusban legtöbbször az agroszövet alatt mértük a szignifikánsan legmagasabb aktivitást, igaz előfordult a kontroll kedvezőbb hatása is. Mégis a takart talaj kedvezőbbnek ítéltető a potenciális cellulózbontó aktivitásra gyakorolt hatása révén, mint a takaratlan kontroll.

A talaj szén-dioxid termelése a két vizsgálati évben havonta és összességében is a fekete fólia takarás alatt mutatta a szignifikánsan magasabb értéket. Az agroszövetnek a kontrollhoz képest kedvező vagy néha kedvezőtlen hatása szintén szignifikáns volt.

A talaj nedvességtartalma és szén-dioxid termelése között csak gyenge pozitív kapcsolatot találtunk.

Valamennyi enzimaktivitás tekintetében az agroszövettel való takarás eredményezte a szignifikánsan magasabb értéket. A fekete fóliával takart talajnak csak a szacharáz, a kataláz és dehidrogenáz aktivitása volt magasabb, mint a kontrollé, de szignifikanciát itt sem mindig találtunk.

Az enzimaktivitás kapcsán is vizsgáltuk annak a talajnedvességgel összefüggő voltát, melynek során a foszfátáz, szacharáz és ureáz esetében gyenge, a kataláz és a dehidrogenáz esetében közepes pozitív korrelációt tapasztaltunk a két tényező között.

Megvizsgáltuk, hogy az egyes enzimek aktivitása van-e hatással valamely más enzim aktivitására és azt figyeltük meg, hogy ebben a tekintetben a kataláz-dehidrogenáz, és a szacharáz-dehidrogenáz aktivitások között közepes, az ureáz-szacharáz, ureáz-kataláz, szacharáz-kataláz és ureáz-dehidrogenáz aktivitások között szoros pozitív a kapcsolat.

Az összes baktérium, a mikroszkópikus gombák és az aerob cellulózbontók száma az első vizsgálati periódusban istállótrágyával takart talajokban volt szignifikánsan a legnagyobb, de számuk minden takaróanyag alatti talajban meghaladta a kapált kontrollban mért mennyiséget. Így a fenyőkéreg zúzalék a mikroszkópikus gombák és az aerob cellulózbontók, a szalma takarás a mikroszkópikus gombák számának tekintetében szignifikánsan kedvezőbbnek bizonyult mint a kontroll.

A két fóliát összehasonlítva az agroszövetet ítéltük jobbnak a sejtszámok alapján, mivel szignifikánsan mindig ez a takaróanyag volt a legkedvezőbb. Bár a fekete fólia hatása kedvezőbb volt mint a kontrollé, ez csak az összes baktériumszámban nyilvánult meg szignifikánsan. A fehérjebontó és nitrogénkötiók száma között közepes, a fehérjebontók száma és az ureáz aktivitás, valamint a tényleges cellulózbontó aktivitás és a cellulózbontók száma között szoros pozitív korrelációt figyeltünk meg.

A fák növekedési jellemzői közül például a törzskörméret (cm) a különböző takaróanyagokkal történt kezelések fáinál 5,7-22,8%-kal, az átlagos hajtáshosszúság (cm) pedig maximálisan 28,2%-kal haladták meg a kapás kontroll fáinál mért értékeket.

Azonban a vizsgált talajbiológiai paraméterek és a fák növekedését, fejlődését mutató paraméterek között szoros összefüggést nem tapasztaltunk.

Vizsgálataink szerint a különböző talajtakaró anyagok alkalmazása környezetgazdálkodási szempontból is előnyös lehet, hiszen segítségükkel a herbicidek alkalmazása kiváltható. Az általunk vizsgált talajbiológiai paraméterek alapján az alkalmazott takaróanyagok a gyakorlat számára istállótrágya, fenyőkéreg zúzalék, szalma, feketefólia sorrendben javasolhatók, azonban ha csak mesterséges takaróanyag használatára van lehetőségünk, akkor az agroszövetet érdemes előnyben részesíteni a fekete fóliával szemben.

**UNIVERSITY OF DEBRECEN
CENTRE OF AGRICULTURAL SCIENCES
FACULTY OF AGRONOMY
Department of Soil Science**

**DOCTORAL SCHOOL OF SCIENCES OF PLANT PRODUCTION AND
HORTICULTURE**

The leader of doctoral school:
Dr Zoltán Győri DSc

Instructor:
Dr. Balázs Helmeczi DSc

Summary

**CHANGES OF BIOLOGICAL ACTIVITY IN SOIL OF AN
INTEGRATED APPLE PLANTATION**

By:
Csaba Varga

DEBRECEN

2004

Application of mulching systems has been known for many years (spread before appearance of herbicides), but its advantageous effects are not really studied therefore its adoption is limited. It is well-known that the use of soil coverings has an important role mainly in the conservation of soil moisture content and realizes weed control without herbicides. We are also familiar with soil protecting (drying, erosion, deflation) and microclimate changing effect of mulching. So in case of integrated production this solution, which reduces the pesticide application, takes care of environment and meet the demand of the integrated production that has been applied in Hungary, too.

Plant protectional regards of mulching are examined by many researcher (e.g. YOU and SIVASITHAMPARAM, 1995), but its effect on soil-life and soil microbes has been examined only by a few researchers till this time. Data regarding this could be found almost exclusively in papers of BUBÁN et al. (1996/a; 1996/b; 1997) and HELMECZI (1997). These circumstances gave us the reason to deal with the above mentioned examinations.

The effect of mulching on live and biological activity of the soil is summarized in the dissertation. During the examinations of biological activity the actual and potential cellulose decomposition activity, CO₂ production, phosphatase, saccharase, urease, catalase and dehydrogenase activity of the soil, the number of total bacteria, microscopic fungi, aerob cellulolytic, proteolytic and nitrogen fixing bacteria were determined. We also examined the effect of mulching on development of young trees and the connection between the soil biological parameters by variation and regression analysis.

Samples were taken from the soil of a test apple field planted in weakly acid, humous sand soil owned by Újfehértói Gyümölcstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Kht. Samples were taken from the top 20 cm layer of soil.

In our experiments between 1996 and 1997 (first period) four (manure, crushed pine bark, straw, black polyethylene), between 2000 and 2001 (second period) two (conventional and porous black polyethylene, called 'agroszövet') different soil cover matters were applied. As control, hoe-cultivated plots were established.

In 1996-1997 the actual and potential cellulose decomposition activity of the soil, the number of total bacteria, microscopic fungi and aerob cellulolytic bacteria were determined. These examinations were completed with the measure of CO₂ production, phosphatase, saccharase, urease, catalase and dehydrogenase activity, and the number of proteolytic and nitrogen fixing bacteria of the soil in 2000 and 2001.

Moisture content is important, as cellulose decomposition activity was higher in the covered soil than in the uncovered control one.

The pH of the soil in the experimental area showed a neglegent downward tendency.

The actual cellulose decomposition activity increased to a smaller or greater extent in the soil covered by organic mulches than in the control soil. The activity increased in order of black polyethylene, straw, crushed pine bark, manure. The effect of manure and crushed pine bark was always significant. However, in some cases the activity measured under manure differed only non-significantly from the activity measured under crushed pine bark blanket. The experiment carried out with two different plastic films proved the favourable effect of them on actual cellulose decomposition activity of the soil. The highest value was measured under agroszövet which was significantly different from the control. The effect of black polyethylene was more favourable than of agroszövet only in few cases, but it was in general significantly better than the effect of the control. The activity decreased in order of agroszövet, black polyethylene and control.

According to our data there was a medium strong positive connection between soil moisture content and the actual cellulose decomposition activity.

The potential cellulose decomposition activity was higher in the samples taken in autumn. During the first period always the crushed pine bark gave the significantly highest value. However the effect of other cover matter was better than of the control, their effect were not always unambiguous.

During the second test period a significantly highest activity was measured under agroszövet in most cases, but sometimes favourable effect of control occurred. In spite of the latest, the effect of covered soil on potential cellulose decomposition activity could be considered more favourable than the effect of uncovered control.

The CO₂ production of the soil showed the significantly highest figures under the black polyethylene blanket either monthly or yearly. Favourable or unfavourable effect of agroszövet compared to control was also significant. Between the soil moisture content and soil CO₂ production only a weak correlation was detected.

In case of every enzyme activity the agroszövet blanket resulted the significantly highest value. Only the sacharase, catalase and dehydrogenase activity of the soil covered by black polyethylene was higher than of the control soil, but significance was not found in all cases. During the examinations of the connection between soil moisture content and the enzyme activity a weak correlation was found between the phosphatase, saccharase, urease activity and soil moisture content, and a medim one between the catalase, dehydrogenase activity and soil moisture content. Also a medium strong correlation was observed between catalase and dehydrogenase activity, saccharase and dehydrogenase activity. Strong

correlation was found between urease and catalase, saccharase and catalase, urease and dehydrogenase activity.

The number of total bacteria, microscopic fungi, aerob cellulolytic, proteolytic and the nitrogen fixing bacteria was higher in covered soil significant or significantly than in the control soil depending on the cover matter. There was a positive medium strong correlation observed between the number of proteolytic and nitrogen fixing bacteria, and a strong one between the number of proteolytic bacteria and urease activity as well as between the actual cellulose decomposition activity and number of cellulolytic bacteria.

The application of mulching system had a favourable effect on the growth and progress of trees (sprout length, trunk diameter). Trunk diameter with 5,7-22,8%, the sprout length averagely with 28,2% was higher in case of trees whose soil was covered than of control soil. Although there was not found significant connection between these parameters and the application of soil cover matters.

According to our experiments herbicides could be replaced with different mulches which means environmental protection. Based upon our soil biological examinations the applied soil cover matters could be suggested to put into practice in order manure, crushed pine bark, straw, black polyethylene, but if only the use of artificial origin matter is possible it is worth preferring agroszövet to black polyethylene.