

## 1. Tartalomjegyzék

<b>2. Bevezetés</b>	4
<b>3. Irodalmi áttekintés</b>	7
3.1. A vetésforgó és vetésváltás jelentősége	7
3.1.1. A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra jelentőségének összefüggése a piaci viszonyokkal és a növénytermesztés gazdaságosságával	10
3.1.2. A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra termésre gyakorolt hatása	12
3.1.3. A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra talajtermékenységre gyakorolt hatása	15
3.1.4. A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra összefüggése a talaj vízháztartásával	20
3.1.5. A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra növényvédelmi összefüggései	22
3.1.6. A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra összefüggése a gyomosodással	24
3.1.7. A kukorica és az őszi búza elővetemény igénye és értéke	26
3.2. A trágyázás érvényesülése vetésforgóban	30
3.3. A talaj biológiai aktivitásának jelentősége	36
3.3.1. A talaj biológiai aktivitását befolyásoló tényezők	41
3.4. A talaj agronómiai szerkezetének jelentősége	48
3.4.1. A talaj agronómiai szerkezetét befolyásoló tényezők	51
<b>4. Anyag és módszer</b>	60
4.1. Kísérleti körülmények	60

4.1.1. A kísérleti terület talaja	60
4.1.2. Éghajlati viszonyok	60
4.2. A kísérletek bemutatása	66
4.2.1. Vetésforgó tartamkísérlet	66
4.2.2. Kukorica monokultúra tartamkísérlet	71
4.2.3. A kísérletekben felhasznált anyagok, alkalmazott technológiák	74
4.3. A vizsgálatok során alkalmazott módszerek	76
4.3.1. A talaj kémiai vizsgálata során alkalmazott módszerek	76
4.3.1.1. A talaj összes nitrogéntartalmának meghatározása	76
4.3.1.2. A talaj szervesanyag (humusz) -tartalmának meghatározása	76
4.3.1.3. A talaj C/N arányának kiszámítása	77
4.3.1.4. A talaj könnyen oldható foszfor- és káliumtartalmának meghatározása	77
4.3.1.5. A talaj pH-jának meghatározása	77
4.3.2. A talaj biológiai aktivitásának vizsgálata	77
4.3.3. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálata	78
4.3.3.1. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálata száraz szitálással	78
4.3.3.2. A talajmorzsák vízállóságának meghatározása nedves szitálással	79
4.4. Az adatok biometriai elemzése	81
<b>5. Eredmények</b>	<b>82</b>
5.1. Terméseredmények	82
5.2. A talaj kémiai vizsgálatának eredményei	94

5.2.1. A talaj pH-vizsgálatának eredményei	94
5.2.2. A talaj foszfortartalmának vizsgálati eredményei	100
5.2.3. A talaj káliumtartalmának vizsgálati eredményei	103
5.2.4. A talaj szervesanyag-tartalmának vizsgálati eredményei	107
5.2.5. A talaj összesnitrogén-tartalmának vizsgálati eredményei	112
5.2.6. A talaj szén-nitrogén arány vizsgálatának eredményei	115
5.3. A talaj biológiai aktivitásának vizsgálati eredményei	119
5.4. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálati eredményei	127
5.4.1. A száraz szitálással végzett vizsgálat eredményei	127
5.4.2. A talajmorzsák vízállóságának vizsgálati eredményei	137
5.5. Új kutatási eredmények	142
<b>6. Következtetések, javaslatok</b>	146
<b>7. Összefoglalás</b>	149
7.1. Summary	153
<b>8. Köszönetnyilvánítás</b>	157
<b>9. Irodalomjegyzék</b>	158
<b>10. Mellékletek</b>	189

## 2. Bevezetés

A második világháború óta a világ mezőgazdaságában - beleértve hazánkat is - igen nagy technikai és technológiai fejlődés következett be. A mezőgazdaság kemizálása és gépesítése olyan mértékűvé vált, amilyenre azelőtt még soha nem volt példa. Az ipari eredetű inputok mezőgazdasági termelésben történő nagy mennyiségű felhasználása új - a termékek ugrásszerű növekedését eredményező - termesztéstechnológiák kidolgozását és alkalmazását tette lehetővé, illetve követelte meg.

A mezőgazdasági termelés korábbi évszázadaiban a különböző földművelési rendszerek (parlagos, ugaros, vetésváltó, füvesherés, stb.) fejlődésének mozgatója a természetes, megújuló, de egyben korlátozottan rendelkezésre álló erőforrások minél hatékonyabb hosszú távú hasznosíthatóságának szükségszerűsége volt.

A huszadik század második felében a mezőgazdasági termelést szolgáló olcsó nyersanyagokra alapuló ipari háttér és az új növényfajták genetikai potenciálja lehetővé tette, hogy a termékeket azelőtt soha nem tapasztalt mértékben növelni-, illetve a termelés biztonságát javítani lehessen. Ilyen termelési feltételek között a gazdálkodóknak - alkalmanként a piaci igények és a gazdasági lehetőségek szabta kényszernek köszönhetően is - lehetősége nyílt, illetve rákényszerültek arra, hogy gazdaságukban kevesebb növényfajt termesszenek, esetleg egy-egy területen monokultúrás termesztést folytassanak.

A különböző földművelési rendszerek alkalmazása mellett és ellen is számos érv és ellenérv szól. Nem vitás, hogy az egyes növények termesztése során a fokozottabb műtrágya, valamint növényvédőszer

felhasználás némileg ellensúlyozza a sorrend figyelmen kívül hagyásából előálló termés-csökkenést, de ez el nem hanyagolható többletkiadást is okoz. Számos növény-nél pedig még így sem ellensúlyozható a termés-csökkenés. A korszerű, új vetésforgós szemlélet ma már nem jelent olyan kötöttséget, mint ezelőtt. Nem jelenti azt, hogy minden táblán, minden évben más növényt kell termeszteni, hanem jelenti a tervszerű előrelátó gazdálkodást, az előre megtervezett és kiegyensúlyozott, korlátozottan változtatható növényi sorrendet, ami a talaj leromlását és a termések csökkenését megakadályozza (KÖNNECKE 1969).

Doktori értekezésem választott témájának célja a vetésforgós és a monokultúras gazdálkodás hosszútávú alkalmazásának agronómiai szempontból történő értékelése. Az értékeléshez a terméseredmények, valamint a talaj termékenységének zálogaiként értelmezhető egyes kémiai, biológiai és fizikai paraméterek vizsgálatát végeztem el. Vizsgáltam a talaj kémhatását, az összes-nitrogén-tartalmát, a felvehető foszfor és kálium-tartalmát, szervesanyag-tartalmát, cellulózbontó aktivitását, agronómiai szerkezetét és a talajmorzsák vízállóságát. A vizsgálat során a különböző vizsgálati paraméterek közötti esetleges összefüggések feltárására törekedtem.

Mivel a talaj termékenységének alapjául szolgáló egyes tényezők, mint pl. a szervesanyag tartalom, évről évre csak igen kis mértékben változnak, vizsgálatuk megbízhatóan tartamkísérletben végezhető. A szabadföldi tartamkísérletek eredményei napjaink növénytermesztési és környezetvédelmi kutatásaiban meghatározó szerepet játszanak. Az ezekből származó ismeretek értéke és a kísérletek kora között igen szoros összefüggés létezik (JOHNSTON 1988). Keszthelyen, a Veszprémi

Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Földműveléstani és Növénytermesztési Intézet Kísérleti Telepén több évtizede beállított számos szabadföldi agrotechnikai tartamkísérlet közül egy 1963-ban Kemenesy Ernő által beállított vetésforgós, illetve egy 1969-ben Kovács András által beállított kukorica monokultúra kísérletben végeztem vizsgálataimat.

Munkám célja az volt, hogy a vizsgálati eredmények és az azokból levonható következtetések komplex módon mutassák be az adott agroökológiai körzetben alkalmazott különböző földművelési és trágyázási rendszerek eredményességét, termésszínvonalra és talajra gyakorolt hatását, egyúttal lehetővé téve, hogy a térségben a mezőgazdaság által a téma iránt különösen napjainkban mutatkozó információigényt megalapozott ismeretanyaggal szolgálhassuk és az eredményeket - a mélyebb összefüggések megértése céljából - más tudományos kísérleti eredményekkel összehasonlíthassuk.

### 3. Irodalmi áttekintés

#### 3.1. A vetésforgó és vetésváltás jelentősége

A vetésforgó, vetésváltás és a biológiai diverzifikáció már régóta a sikeres növénytermesztés alapja, azonban az elmúlt évek (évtizedek) túlzott kemizációja mindezeket háttérbe szorította. A fenntartható fejlődés koncepciójának megvalósítása viszont nem nélkülözheti a vetésforgók használatát (FRANCIS et al. 1990, EDWARDS et al. 1990, LAL és PIERCE 1991). Általa tudjuk mobilizálni a természetes erőforrásokat a talaj termékenysége tekintetében és tudjuk megvalósítani az integrált növényvédelem feladatait (KISMÁNYOKY és TÓTH 1997).

A vetésváltás szükségességét már az ókori egyiptomiak, rómaiak, görögök is tapasztalták és tapasztalataikat leírták. Időszámításunk előtti és utáni első századokban Cato (i.e. 234-149), Varro, (i.e. 116-26), Vergilius (i.e. 70-19), Plinius (i. sz. 62-113), Columella (I. sz.) a talajminőséggel, talajtermékenységgel és a talajhasználattal kapcsolatosan értékes munkákat írtak. Európai vonatkozásban Arthur Young (1741-1820) munkássága emelhető ki, aki gazdag gyakorlati és kísérletező munkájára támaszkodva kidolgozta és propagálta a Norfolk-i négyes vetésforgót (NYÍRI, 1993), amely nemcsak agronómiai, de ökonómiai szempontból is tökéletes modellként működött korában és mai iskolapéldája a vetésforgós kutatásoknak. Magyarországon ebben az időszakban tevékenykedett Tessedik Sámuel (1742-1820), Nagyváthy János (1755-1819), Pethe Ferenc (1762-1832), akik a mezőgazdaság minden ágával foglalkoztak, de kiemelten említik a helyes növényi

sorrend fontosságát. Németországban A. D. Thaer (1752-1828) munkássága nyomán széles körben bevezették a vetésforgókat és javaslatára az egy- és kétszikű növényeket váltakozva termesztették. Thaer és követői a kultúrnövényeket két csoportra osztották: talajzsarolókra (humuszfogyasztókra) és talajgazdagítókra (humuszyarapítókra), amit a vetésforgó összeállításánál figyelembe vettek a talaj termékenységének szintentartása érdekében (DORNER, 1924). Theodor Roemer (1883-1951) alapos talajkémiai és talajbiológiai ismeretek birtokában hangsúlyozta a vetésforgók jelentőségét a talajtermékenység fenntartásában.

Franciaországban 1834-ben Boussingault (1802-1887) vezetésével megalakul az első növénytermelési kísérleti állomás, majd Angliában 1843-ban Lawes (1814-1900) és Gilbert (1817-1901) alapít hasonlót Rothamstedben, melynek megszületésében nem kis szerep jutott Liebig (1803-1873) gondolatainak (GYŐRI, 1984). Ezekben a kísérletekben a különböző trágyaszerek hatásának tanulmányozásán kívül nagy szerep jutott a vetésforgók növényösszetételének és a talajtermékenység közötti összefüggések vizsgálatának is.

CSERHÁTI (1905) a századelőn felhívja a magyar gazdák figyelmét a növények önmaguk utáni termesztésének káros voltára, s így ír könyvében a monokultúras talajhasználatról: "...a leg gondosabb művelés, a legbőségesebb trágyázás, daczára is jelentékeny apadás fog a termésben mutatkozni, ha egy és ugyanazon növényt több éven át termesztjük ugyanazon a talajon".

A monokultúra és a vetésforgó termesztési rendszer előnyeit TISDALE és NELSON (1966) a következőkben foglalta össze:



#### **a. a vetésforgó előnyei:**

- az egész területen időszakonként mélyen gyökerező pillangósok termesztetők;
- több a folytonos növényborítottság, így kisebb az erózió;
- a talaj fizikai állapota kedvezőbb lehet;
- a különböző gyökérszerű és tápanyagigényű növények váltakoznak (mélyen és sekélyen gyökerező növények; N-megkötő és nem pillangós növények váltakozhatnak);
- kedvezőnek tartják a betegségleküzdő-hatást. A növénymaradványok változása elősegíti a talaj szervezetei közötti versengést és így hozzájárulhat a patogének visszaszorításához;
- a vetésforgó révén a munkaigény időben széthúzható, és a bevételi források is változatosabbak.

#### **b. a monokultúra előnyei:**

- nagyobb lehet a haszon;
- a talajt valamely növény, pl. a kukorica sajátosságaihoz lehet alkalmazni;
- az éghajlat egy bizonyos növény számára a legalkalmasabb;
- a termelő egyetlen növényt helyezhet előtérbe és annak szakértőjévé válhat;
- a gépesítés és épületköltségek valószínűleg kisebbek;
- módot ad arra, hogy a termelő ne legyen kénytelen egész éven át a

gazdálkodással foglalkozni.

A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra előnyeivel és hátrányaival kapcsolatosan GYŐRFFY és BERZSENYI (1992) hangsúlyozzák, hogy a fentebb felsorolt tényezők súlya az ökológiai viszonyok, a növényfaj, a növényvédelem, a tápanyagellátás rendszerétől függően változik, s ezt megállapítani csak egzakt tartamkísérletek alapján lehet. Az elmúlt évtizedek növénytermesztési kutatásainak eredményeit, helyzetét jellemezve GYŐRFFY (1975/a) megállapítja, hogy a vetésforgó, vetésváltás elmélete és gyakorlata a második világháborút követően ugyanúgy, vagy talán még jobban vitatott mint a század elején. Két ellentétes felfogásra világít rá: az egyik szerint egyes növények vonatkozásában a vetésforgó elavult, a másik szerint talán sohasem volt olyan aktuális, mint napjainkban.

### **3.1.1. A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra jelentőségének összefüggése a piaci viszonyokkal és a növénytermesztés gazdaságosságával**

A vetésforgó a növénytermesztésnek olyan rendszere, melynek négy jellemző alapeleme van és ezek közül egyik sem hiányozhat. A négy alapelem: a növényi összetétel, a növények aránya, a növények sorrendje és a körforgás.

A változó piaci igények miatt lehetetlen a vetésforgóban termesztett növények összetételét, arányát, sorrendjét és körforgását évekre előre meghatározni, ezért ma a klasszikus vetésforgó fogalmát a

vetésváltás fogalma váltotta fel, melyben az agrotechnikailag különböző csoportba tartozó növények időben váltakoznak egy adott területen (SIPOS, 1978). Ésszerű vetésváltással, az elővetemény hatások figyelembe vételével kialakított növényi sorrenddel az energia, a kemikáliák és a peszticidek vonatkozásában egyaránt jelentősen csökkenthetjük a ráfordításokat (BOCZ et al. 1992).

A fentiekhez hasonlóan napjainkban a klasszikus vetésforgó gyakorlata KISMÁNYOKY (1991) véleménye szerint sem funkcionál és hozzáteszi, hogy a vetésváltás jelenleg is szükséges, mivel a lehetséges legjobb elővetemény után minden pótlólagos beruházás nélkül többletermés érhető el. Továbbá a növények váltás nélküli termesztése nem valósítható meg a legtöbb szántóföldi növénynél még akkor sem, ha ezt üzemszervezési okok indokolnák (KISMÁNYOKY 1986).

Amikor ugyanazt a növényt önmaga után megszakítás nélkül hosszú ideig termesztjük, vetésváltás nélküli termesztésről, azaz monokultúráról beszélünk. Egyes vélemények szerint a monokultúra a vetésforgónál helyesebb földhasználatot biztosít, mivel a monokultúrában azt a növényt termesztik, amely az adott természeti körülmények között a legtöbb termést hozza, így nagyobb lehet a haszon (TISDALE és NELSON 1966). KÖNNECKE (1969) ezzel szemben megállapítja, hogy monokultúrában a növényi sorrend hatása nem érvényesül, pedig a kedvező elővetemény-hatás olyan termésmenvelő tényező, ami pótlólagos pénzbeli befektetést nem kíván. Nem vitás, hogy a fokozottabb műtrágya, valamint növényvédőszer felhasználás némileg ellensúlyozza a sorrend figyelmen kívül hagyásából előálló termésnövekedést (FÖRGETEG és PAPP 1967), de ezzel egyben többletkiadást is okoz. Számos növénynél

pedig még így sem ellensúlyozható a termés csökkenés. KRISZTIÁN és KADLICKÓ (1990) károsnak tekintik nagyobb műtrágyaadagokkal mérsékelni a rossz elővetemény-hatást. PIERCE és RICE (1988) álláspontja szerint a takarékos talajművelési eljárások mellett a vetésforgók szerepe is nő, mivel növelik a termést, növelik a jövedelmezőséget változatosságuk révén és mérséklik a környezeti ártalmakat azáltal, hogy csökkentik a kemikáliák felhasználását.

A gazdaságban termesztett növényfajok számát és milyenségét, továbbá azt, hogy ezeket a növényeket vetésváltó vagy monokultúras rendszerben termesszük, természeti és gazdasági tényezők egyaránt befolyásolják. Az egyes tényezők súlyát a gazdálkodónak kell megítélni, de a pillanatnyi kedvező piaci konjunktúrák mellett nem szabad túlságosan háttérbe szorítani az egyes rendszereknek hosszú távú, elsősorban a környezetre gyakorolt és adott pillanatban nem "forintosítható" hatásait sem.

### **3.1.2. A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra termésre gyakorolt hatása**

A vetésforgó jelentőségének, megítélésében a termőhelyi és gazdasági körülményektől függően, számos egymástól különböző vélemény alakult ki (PETERSON és VARVEL 1989, BAIRD és ALDRICH 1961). Mindezek ellenére a legtöbb szerző egyetért abban, hogy a vetésforgó egy olyan jelentős termesztési tényező, amely kumulatív hatásánál fogva befolyásolja a talaj termékenységét, a növények termésének nagyságát és a termésbiztonságot (MOLNÁR

1999). Természetesen más termesztési tényezők - mint pl. a tápanyagellátás, talajművelés, növényvédelem és a gyomirtás - is jelentős hatással rendelkezhetnek ebből a szempontból, de ezek mellett a vetésforgók szerepe nem elhanyagolható (NYIRI et al. 1993).

GYŐRFFY (1975/a) a hazai kísérleti adatok alapján értékelve a vetésváltást megalapozó agronómiai elméleteket (szervesanyag-, tápanyag-, nitrogén-, szerkezet- és toxinelmélet) megállapítja, hogy a műtrágyázás mai szintjén talajerő-gazdálkodási szempontból a vetésváltás és a vetésforgó nem indokolható. Ugyanakkor GYŐRFFY (1975/b), valamint GYŐRFFY és BERZSENYI (1992) kísérleti adatai igazolják, hogy mind a búza, mind a kukorica termése monokultúrában kisebb, mint vetésforgóban. Martonvásáron 1960-ban mészlepedékes csernozjom talajon vetésforgó kísérleteket állítottak be, amelyben vizsgálták a kukorica és búza termését monokultúrában, és különböző vetésforgóban. A kísérlet termésadataiból megállapították, hogy a kukorica részarányának növekedésével lineárisan csökken a kukorica termése. Különösen vonatkozott ez a jelenség a trágyázás nélküli kezelésekre. A kukorica termése legnagyobb volt a norfolki típusú vetésforgóban. A búza termésadatak pedig azt szemléltették, hogy a búza részarányának csökkentésével annak termése nagyobb arányban növekszik, mint a kukoricáé. Monokultúras termesztés esetén tehát a terméscsökkenés mértéke a búza esetében nagyobb, a kukorica esetében kisebb. GYŐRFFY (1975/a, 1990/a, 1993) vizsgálataiból kitűnik, hogy a monokultúrákban tapasztalható termésdepresszió oka búza esetében elsősorban patogén tényezőkre vezethető vissza, míg kukoricában vízháztartásbeli problémákkal és a herbicidrezisztens gyomok

elterjedésével hozható összfüggésbe.

PETERSON és VARVEL (1989) USA-ban végzett kísérleteiben a kukorica szintén pozitívan reagált a vetésforgóra. A monokultúrában termesztett kukorica kevesebbet (5,5 t/ha/év) eredményezett, mint a vetésforgóban termő, amely 7,6 t/ha szemtermést adott. MOLNÁR (1998) Újvidéken mészlepedékes csernozjom talajon végzett kísérleteiben a kukorica 6,1%-al termett többet kukorica-szója bikultúrában, mint monokultúrában. RAIMBAULT és VYN (1991) vizsgálatai is az előző eredményeket erősítik meg. A különböző vetésforgóban termesztett kukoricánál a monokultúrával szemben átlagosan 10-17 %-kal magasabb terméshozamot regisztráltak, míg más szerzők (EDWARDS et al. 1988, BAIRD és ALDRICH 1961, SZÉLL és MAKHAJADA 2000) arról számolnak be, hogy kiváló termékenységű talajon a kukorica monokultúrában történő termesztése során hasonló, vagy nagyobb terméseket értek el, mint vetésforgóban.

A termésmennyiségre gyakorolt hatás mellett egyes szerzők - különösen az egyes évjáratok hatására érzékenyen reagáló kukorica esetében (VARGA-HASZONITS et al. 1994, NAGY 1995, SZALKA és SCHMIDT 1996, KÁDÁR 2000) - a vetésforgók termésbiztonságban betöltött szerepére hívják fel a figyelmet (CRAMER 1989, KISMÁNYOKY 1992/a). GYŐRFFY (1975/b) megállapítja, hogy a kukorica termése száraz évben kukorica monokultúrában számottevően kisebb, mint vetésváltásban. RUZSÁNYI (1992/a) megfigyelése szerint viszont, ha nincs vízhiány, a kukorica hasonló termésszinteket érhet el monokultúrában, mint vetésváltásban.

Az őszi búza nem termesztendő eredményesen monokultúrában és

vetésforgóban is igényes az előveteményeire, amelyeknek hatása az időjárási viszonyoktól és az agrotechnikai beavatkozásoktól függően változhat (BARABÁS 1987). KISMÁNYOKY et al. (1988) szerint az elővetemény-hatást a trágyázás jelentősen befolyásolja. A jó elővetemény kedvező hatása csak trágyázás nélkül, vagy kis trágyaadagok alkalmazása mellett érvényesül (RUZSÁNYI 1992/b).

GYÓRFFY et al. (1965) megállapítja, hogy a kukorica a búzával szemben eredményesen termeszthető mind vetésforgóban, mind monokultúrában. A természeti, technikai és üzemi adottságoktól függően tehát egyaránt helyes lehet dönteni a hosszabb vagy rövidebb ideig tartó monokultúra, illetve a vetésváltás elveinek alkalmazása mellett (SIPOS 1978, BOCZ 1992, KISMÁNYOKY 1991, KISMÁNYOKY 1986, LÁNG 1976, SURÁNYI 1957, LŐRINCZ et al. 1981). A szilárd vetésforgó és a teljes monokultúra közt számos átmeneti megoldás lehetséges, melyek szakszerű alkalmazása vezet rendszerint a legjobb eredményre.

### **3.1.3. A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra talajtermékenységre gyakorolt hatása**

A talajon élő növényzet nemcsak a talaj termékenységének kialakulásában, hanem annak fenntartásában, illetve változásában egyaránt jelentős szerepet játszik, ezért az alkalmazott földművelési rendszereknek fontos szerep tulajdonítható a gazdálkodás hosszú távú sikerességében.

A vetésváltás ésszerűségét támasztja alá az a felismerés, hogy a

különböző növények más-más arányban és mennyiségben igénylik az egyes tápanyagokat. A növények által felvett tápanyagok más-más formában és mennyiségben kerülnek vissza a talajba, továbbá a talajban található tápanyagok különböző formában és mélységben, különböző mértékben hozzáférhetők az egyes növények számára. Többféle növény termesztésével tehát optimálisan tudjuk használni talajaink tápanyagkészletét. Kétségtelen, hogy rendszeres nagyadagú műtrágyahasználattal csökken a vetésforgók és a vetésváltás tápanyag-gazdálkodási szempontból megítélt jelentősége, de alkalmazásuk előnyeit a mezőgazdaság nem nélkülözheti (PESEK et al 1989).

A növényi sorrend kialakításának, több növényfaj esetén a meghatározott, vagy bizonyos mértékben módosított sorrend ismétlődésének, a vetésforgó alkalmazásának a célja nemcsak a minél nagyobb termések elérése, hanem a talajerő állandó fokozása, vagy legalábbis fenntartása (KEMENESY, 1956). Vetésforgó által - összhangban más agrotechnikai eljárásokkal (trágyázás, talajművelés, öntözés) - fenntartható és fokozható a talaj termőképessége (NEMES 1971, TISDALE és NELSON 1966, FERTS 1955). A szervesanyag-gazdálkodás szempontjából KEMENESY (1961) humusz gyarapító illetve fogyasztó növényeket különböztetett meg, melyek vetésforgón belüli arányával szinten tartható vagy gyarapítható a talaj szervesanyag-készlete. Martonvásáron végzett kísérletekben kimutatták, hogy a talaj humusztartalmának alakulására elsősorban a talajművelés rendszerének, másodsorban a trágyázásnak, míg a vetésforgónak csak harmadsorban van jelentősége (GYÖRFFY 1975/b).

Közismert a humusz-vegyületeknek a talaj fizikai tulajdonságaira



gyakorolt közvetlen hatása, ami a talaj víz- és levegő-gazdálkodásában nyilvánul meg (GYŐRI 1984). Mivel a talaj szervesanyag-tartalma bizonyos határok között befolyásolható vetésforgóval, ebből adódóan agronómiai szerkezete is változik, mindemellett a nagy szervesanyag-tartalmú talajokban élénkebb a talajélet (TATE 1987).

UHLEN (1991) szerint a szántóföldek talajának nitrogénegyensúlya lehet pozitív vagy negatív, s ebben a vetésforgónak és a talajművelés intenzitásának jelentős szerepe van. COLLINS et al. (1992) egy 58 éves tartamkísérlet vizsgálatának eredményeképpen megállapítja, hogy a vetésforgó egyéb mellett jelentősen befolyásolja a talaj összes C- és N-tartalmát, valamint a mikrobiális biomassza C- és N-tartalmának növekedését. HAVLIN et al. (1990) véleménye szerint, az a vetésforgó, amely nagy mennyiségű szervesanyag-maradványt hagy a talajban és szervesanyag-takarót a talajfelszínen, a szakszerű trágyázás, továbbá a talajművelés mérséklése elősegíti a talaj szerves C- és N-tartalmának növekedését, ami a talaj termékenységének fokozódásával jár.

CAMPBELL és ZENTNER (1993) 24 éves vetésforgóban végzett kísérleti eredményei alapján megállapítják, hogy a folyamatos gabonavetésforgó és a kielégítő műtrágyázás hatására a talaj szervesanyag-tartalma növekedett. A szerzők a szervesanyag jótékony és jelentős hatását abban látják, hogy a talaj fizikai tulajdonságai javulnak, s ezáltal a talaj termékenysége nő. CAMPBELL és ZENTNER (1993), valamint HAVLIN et al. (1990) megállapításai igazolják, hogy a helyesen alkalmazott vetésforgó és szakszerű trágyázás hozzájárulhat a hatékony növénytermesztéshez és emellett talajvédelmi szempontokat is

szolgálhat.

CSERHÁTI (1905) és VILJAMSZ (1950/b) a gyökérzet talajszerkezet-alakító hatásának jelentőségét hangsúlyozta és úgy vélekedett, hogy a vetésforgót a talaj fizikai állapotának, a talajszerkezet optimális kialakításának eszközeként kell elsősorban tekinteni. A talajtermékenység meghatározójának a magas szervesanyag-tartalommal szoros összefüggésben álló talajszerkezetet tartották. A vetésforgóknak ezért különösen rossz szerkezetű talajokon tulajdonítottak fokozott jelentőséget. Jó szerkezetű - az előzőek alapján tehát szervesanyagban gazdag, termékeny - talajokon a vetésforgóknak kisebb a jelentősége és a monokultúras gazdálkodás egyaránt sikeres lehet. BAIRD és ALDRICH (1961) is ezzel az elmélettel magyarázza az 1876-ban beállított *Morrow* parcellák (Illinois, USA) meglepő eredményeit. A vizsgálat évében már 85-éve termesztettek kukoricát ugyanazon a területen, aminek a termése felülmúlta a kukorica-zab-vöröshere vetésforgóban termesztett kukorica termését. A szerzők szerint a kísérletben a talaj fizikai tulajdonságai még nem kerültek minimumba, ami viszont nehéz, kötött talajokon elő szokott fordulni.

Az Amerikai Egyesült Államok egyes vidékein közismerten jelentős hagyományai vannak a monokultúras gazdálkodásnak. ROEMER és SCHEFFER (1959) közlése alapján az USA-ban a középnyugati búzatermesztés 60 éves eredményei azt mutatják, hogy a monokultúras termesztés hatására a talaj termékenysége csökken.

Több kutató tanulmányozta a monokultúras termesztés talajra gyakorolt hatását, s különféle biokémiai és talajbiológiai magyarázatokat adtak. GÜNTHER (1951) és SCHÖNBECK (1958) megállapítja, hogy

egy kalászosok gyökerei a következő évben vetett kalászos kezdeti vegetatív szakaszára kedvezőtlen gyökérváladékot termelnek, s ugyancsak toxikus hatást észleltek a kukoricánál is. A rotációs hatást BERZSENYI és GYÓRFFY (1996) véleménye szerint is gyakran annak tulajdonítják, hogy a növény saját reziduumának autoinhibitor hatása van monokultúrában, illetve egy másik növényfaj reziduumának stimulatív hatása lehet vetésforgóban. A szerzők viszont egyúttal felhívják a figyelmet arra, hogy laboratóriumi és üvegházi kísérletekben mások ugyan már kimutatták különböző növényfajok reziduumainak hatását a kukoricánövény növekedésére, de ezeket az eredményeket a szántóföldi kísérletek nem igazolták.

KARLEN és DORAN (1993) megállapítja, hogy azok a vetésforgó és talajművelési rendszerek, amelyek megőrzik, vagy növelik a növényi maradványok mennyiségét, hozzájárulnak a talajaggregátumok stabilitásához, a mikrobiális tevékenységhez és a talajnedvesség tárolásához. STALLINGS (1957) javasolja a talaj minél kevesebbszeri forgatását, s így a szervesanyag felhalmozódásának nagyobb mértékű elősegítését a kukorica monokultúrás termesztése esetén. A szerző célja ezzel az, hogy a talaj termékenysége a kedvezőtlen talajhasználat esetén is megőriztessék.

A monokultúrás gazdálkodásra jellemző egyoldalú talajhasználat tehát több szempontból is előnytelen lehet a talajtermékenység vonatkozásában, ezért a rendelkezésünkre álló minden lehetséges eszközt meg kell ragadni annak érdekében, hogy talajainkat védjük termőerejük leromlásától.

### **3.1.4. A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra összefüggése a talaj vízháztartásával**

Az édesvíz a szárazföldi élet korlátozott mennyiségben rendelkezésre álló nélkülözhetetlen eleme, így a növénytermesztésnek is olyan erőforrása amivel gondosan gazdálkodni kell, mivel térben és időben rendszerint nem egyenletes eloszlásban áll rendelkezésre (COOK és ELLIS 1987). Szántóföldi körülmények között a vetésforgót és a vetésváltást a vízgazdálkodás egyik hatékony eszközének tartják, bár erről még kevés kísérleti adat áll rendelkezésre (RUZSÁNYI 1991). BOCZ (1975) hangsúlyozza, hogy olyan előveteményre illetve olyan vetésváltás összeállítására van szükség, amely keretet ad a helyesebb vízgazdálkodásra, továbbá a talajművelési, trágyázási, növényvédelmi rendszerek optimalizálására. Véleménye szerint a jó előveteménynek és a vetésváltásnak a talaj vízkészletére gyakorolt befolyása kiemelkedően nagy a mi szárazságra hajló kontinentális éghajlatunk alatt.

A vetésforgó nagyobb rugalmasságot és különösen kedvezőtlen évben nagyobb termést biztosít, mint a monokultúra (CRAMER 1989). COPELAND et al. (1993) a vetésforgó terméshozamra gyakorolt pozitív hatását a monokultúrával szemben abban látja, hogy lehetővé teszi a rotációban szereplő növények gyökérzetének és gyökértevékenységének növekedését, s ezáltal segíti azok nagyobb mértékű vízfelvételét a talajból, így a talajnedvesség hatékonyabb felhasználása következik be. A talajnedvesség hatékonyabb felhasználása egyúttal a trágyahatást is kedvezően befolyásolja (NAGY 1995, PROKSZÁNÉ et al. 1995).

GYŐRFFY (1975/b) kísérleti adatai alapján megállapítja, hogy a

kukorica termése száraz évben monokultúrában számottevően kisebb, mint vetésváltásban őszi búza után. Álláspontja ezzel kapcsolatosan az, hogy a vetésváltás gyakran a talaj vízgazdálkodása, vagyis az egyenletes vízhasznosítás szempontjából lehet célszerű. A szerző kiemelten felhívja a figyelmet a vetésváltás, csapadékeloszlás és a talaj vízellátottságának összefüggésére. VARVEL (1994) a csapadék érvényesülését vizsgálva kimutatta, hogy a kukorica nagyobb hatásfokkal használja a csapadékot vetésváltásban, mint monokultúrában.

RUZSÁNYI (1992/a) arról számol be, ha nincs vízhiány, a kukorica monokultúra termése közel annyi, mint a vetésváltásban termesztetté. Nem öntözött termesztésben azonban a csapadéktól függően 3 - 5 t/ha-ral kevesebb a termés. Monokultúrában megnövekszik a kukorica aszályhajlama, s 60-70%-os terméseszkkenés is bekövetkezhet. Kísérleteinek eredményei azt is jelzik, hogy nem elegendő csak a közvetlen elővetemény hatást nézni. A tárgyév előtti 2 - 3 év vetésváltásának a hatását is figyelembe kell venni. A szerző véleménye szerint teljesen eltérő a vízellátási helyzet egy "nagyobb vízigényű" trikultúra (szója-búza-kukorica) és egy "kisebb vízigényű" bikultúra (búza-kukorica) esetében. Az ilyen trikultúrában a kukorica csaknem a monokultúrához hasonló helyzetbe kerül, ugyanakkor a bikultúra víztakarékos talajhasználatnak tekinthető. Ez utóbbi vonatkozásában a kukorica terméshingadozása kisebb, a gazdaságos termelés biztonsága nagyobb. EDWARDS et al. (1988) vizsgálatai szerint a kukorica termését kevésbé befolyásolja a vetésváltás a szójához viszonyítva. A kukorica szemtermés minden évben magas volt, különösen akkor amikor sok csapadék hullott július végén.

Az egyes növények vízfelhasználásának és vízigényének mértéke különböző, ami befolyásolja azok elővetemény értékét. Különösen szárazságra hajló éghajlatú tájakon fontos nagy jelentőséget tulajdonítani a növényi sorrend összeállításánál az úgynevezett "víztényezőnek", ami adott esetben kizárhatja, hogy egy adott - nagy vízfelhasználású - növényt több éven át önmaga után, azaz monokultúrában termesszünk.

### **3.1.5. A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra növényvédelmi összefüggései**

Ismert a vetésforgók növényvédelmi szempontból vett kedvező hatása. A növények évenkénti váltogatása jelentősen korlátozza a kórokozók és kártevők (gyökér- és szártőbetegségek, nematódák) elterjedését, csakúgy mint az egyes kultúrákban dominánsan jelenlevő gyomok elszaporodását (COOK és ELLIS 1987, FRANCIS és CLEGG 1990).

CSERHÁTI (1906), GRÁBNER (1956) és LÁNG (1957) szerint már részleges monokultúra esetén is a növényi betegségek iránti fogékonyság növekszik, a rovarkártevők nagymértékben elszaporodnak. HALÁSZ (1964) és MANNINGER (1963) hasonló véleményen van, s felhívják a figyelmet arra, hogy a monokultúrákban természetesen a betegségekkel és a kártevőkkel szemben kiegészítő védekezést kell eszközölni.

GYÓRFFY (1975/b, 1990/a, 1993) a martonvásári tartamkísérletek eredményei alapján megállapította, hogy a monokultúrában megfigyelt termésdepresszió mértéke a búza esetében

nagyobb, a kukorica esetében kisebb. A szerző véleménye szerint a búza terméscsökkenése az időjárás indukálta patogén tényezőkkel hozható leginkább összefüggésbe, mivel csapadékos években és a világ humid övezeteiben a búza termése mindig kisebb monokultúrában mint vetésváltásban, míg száraz esztendőkből és a világ arid búzaövezeteiben a búza termése monokultúrában rendszerint nem kisebb mint vetésforgóban.

EDWARDS et al. (1988) vizsgálatai szerint a kukorica monokultúrában történő termesztésének sikerességét patogén tényezők nem zárják ki, továbbá különböző növények vetésforgóban betöltött szerepét értékelve megállapítja, hogy a kukorica legkedvezőbb hatása a forgóban (kukorica-szója-búza) abban nyilvánult meg, hogy akadályozta a *Heterodera glycinis* felszaporodását.

A mai agrotechnikai színvonal, a genetikai bázis és a kemikáliák fejlődése számos növény esetében lehetővé teszi a monokultúrás termesztést, de az integrált növényvédelem még így sem nélkülözheti a vetésváltást, mint egyik leghatékonyabb eszközt (MOLNÁR 1999). Vetésváltással ugyanis megakadályozhatjuk, illetve lassíthatjuk a paraziták újabb virulens formáinak kialakulását, segíthetünk a növény genotípusoknak rezisztenciájuk hosszabb fennmaradásában, csökkenthetjük a talaj fertőzöttségét, ezzel együtt a vegyszeres védekezések számát, aminek következtében javul a növényvédelem hatékonysága, a termelés gazdaságossága, továbbá érvényesülnek a környezetvédelmi szempontok.

### **3.1.6. A vetésforgó, vetésváltás és monokultúra összefüggése a gyomosodással**

Mint minden élőlénynek, a gyomnövényeknek is megvannak a környezettel szemben támasztott sajátos ökológiai igényei. A szántóföldeken, mint mesterséges ökoszisztémákban, az ökológiai rendszerek attól függően változnak, hogy ott milyen növényeket milyen agrotechnikával termesztünk. Ugyanazon a területen vetésforgóban és vetésváltásban ezért teljesen eltérő lehet a gyomösszetétel és a gyomborítottság, mint monokultúrában, ahol egyes gyomfajoknak a hosszabb ideig állandósult és számukra kedvező ökológiai körülmények között lehetőségük van arra, hogy a növények közötti kompetíció eredményeként dominánsá válva veszélyes mértékben elterjedjenek.

GYÖRFFY (1990/a) vizsgálatai alapján megállapította, hogy kukorica esetében a monokultúrában megfigyelt termésdepresszió részben a talaj vízkészletével hozható összefüggésbe, a termelési gyakorlatban viszont rendszerint a herbicid-rezisztens gyomok elszaporodásának következménye. BIRKÁS et al. (1999) arról számol be, hogy az 1991-ben beállított talajművelési kísérletében a négy évig folyamatos kukorica monokultúrát a gyomosodás megelőzése miattai kényszerből búza-kukorica vetésváltásra volt kénytelen felcserélni. KOLTAY és BALLA (1989) szintén arra a megállapításra jut, hogy a kukorica kedvezőtlen utóhatásának elsődleges oka lehet az elgyomosodás. A szerzők véleménye szerint a hatalmas gyomtömeg víz- és tápanyagfelhasználásával, valamint ugyancsak nagy tömegű és kedvezőtlen összetételű szervesanyag talajba juttatásával rontja a



kukorica elővetemény értékét.

FÖRGETEG és PAPP (1967) kukorica és őszi búza monokultúra-  
vetésváltás kísérleteik eredményei alapján megállapítják, hogy a  
monokultúras termesztés fokozza az elgyomosodást mindkét kultúra  
esetében, de búza vonatkozásában a gyomosodás mértéke nagyobb.

A herbicid-rezisztens gyomok elleni védekezéssel kapcsolatosan  
BERZSENYI (1988) rámutat a vetésforgó gyomszabályozó szerepére. A  
szerző véleménye szerint a vetésforgóban bármely gyomfaj esélye, hogy  
dominánsá váljék, minimális, mivel az agrotechnika és a kultúrnövények  
kompetitív hatása változik, előnyt adva bizonyos fajoknak és  
visszaszorítva másokat. Minél jobban eltérnek a kultúrnövények és  
agrotechnikai eljárásaik a vetésforgóban, annál kisebb az egyes  
gyomfajok lehetősége ahhoz, hogy dominánsá váljanak. A növények  
rotációja lehetővé teszi a herbicidek rotációját is, így a vetésforgók mai  
értelmezésben magukba foglalják mind a kultúrnövényeknek, mind pedig  
a herbicidek váltását. A gyomszabályozás szempontjából legjobb  
vetésforgók erősen kompetitív kultúrnövényeket foglalnak magukba a  
rotáció minden szakaszában. A szerző rávilágít arra a tényre, hogy a búza  
és a kukorica váltása - amely hazánk növénytermesztésének meghatározó  
eleme - a herbicidek rotációjával együtt rendszerint hatékonyan  
szabályozza a gyomokat.

A kukorica monokultúrában fellépő gyomprobléma megoldására  
HARTMANN (1992) is a talajhasználati mód megváltoztatását ajánlja.  
Véleménye szerint kukorica esetében az 1-5 fajra leszűkült gyomflórától  
csak a monokultúra megszüntetésével lehet megszabadulni, s a védekezés  
leghatékonyabb módszere a vetésváltás. A szerző állítja, hogy az állandó

vetésforgóban a védekezésre alkalmas herbicidek kiválasztásának kockázata minimális, mert általában a gyomok fajszáma nagy, egy-egy faj gyakorisági százaléka kicsi.

VARVEL és PETERSON (1992) a fenti szerzők véleményével összhangban hangsúlyozzák, hogy a gyomirtás vetésforgóban előnyösebb, mint monokultúrában, mert a különböző talajművelési módszerek alkalmazásának ideje különböző lehet az eltérő biológiájú és agrotechnikai igényű növényeknél. Ezekben az esetekben a talajművelést gyomirtásra is lehet hasznosítani és így a vegyi anyagok használata csökkenthető.

Egyes veszélyesnek ítélt gyomnövények kiirtása tehát vetésváltás nélkül egyáltalán nem lehetséges (MOLNÁR 1999) és a kisebb veszélyt jelentő gyomok - gazdasági kárt okozó szint alá történő - visszaszorítása is jóval hatékonyabban oldható meg, mint monokultúrában, ami egyúttal a herbicidhasználat csökkenését is eredményezi. A gyomirtó szerek használatának csökkentésével pedig, amellet, hogy környezetvédelmi szempontból kívánatos, elkerülhető a gyomirtó szerek kultúrnövényekre egyes esetekben - különösen szakszerűtlen használat esetén - kifejtett termésdepressziót okozó hatása (JOLÁNKAI et al. 1998) is.

### **3.1.7. A kukorica és az őszi búza elővetemény igénye és értéke**

Az egyes szántóföldi kultúrnövények különböző biológiai, illetve termesztésük agrotechnikai sajátosságainak köszönhetően más és más állapotban hagyják vissza önmaguk után a termőföldet. Termesztett növényeink, a termőhellyel szemben általuk támasztott

követelményektől függően különböző érzékenységgel reagálnak előveteményeik hatására és önmaguk is a következő növény igényeitől függően számíthatnak adott esetben jó, illetve rossz előveteményeknek. LŐRINCZ (1978) elképzelése szerint ezért megfelelő növénytermesztési rendszert csakis úgy lehet kidolgozni és következetesen alkalmazni, ha a növények meghatározott sorrend szerint következnek egymás után, mivel csakis így teremthetjük meg a megfelelő feltételeket ahhoz, hogy adott körülmények között a legnagyobb produkciót érhessük el.

A kukorica beillesztése a vetésforgóba SURÁNYI (1957) véleménye szerint nem okoz különösebb gondot. Csupán arra kell figyelni, hogy az elővetemény lekerülte után legyen idő az őszi mélyszántásra és az istállótrágyázásra akkor, ha a kukoricát nem kifejezetten jó elővetemény után termesztjük. LÁNG (1976) szintén azon a véleményen van, hogy a kukoricát könnyű a vetésforgóban elhelyezni, mert előveteményével szemben nem igényes. A fontos csak az, hogy az elővetemény betakarulása után az őszi mélyszántást időben elvégezhessük. Több éven át önmaga után is vethető, ha a trágyázásról és a növényvédelemről gondoskodunk. A kukorica monokultúra akadályozza a többi növény helyes sorrendjének kialakítását, ezért a kukorica folyamatos termesztését 3 - 4 évenként meg kell szakítani.

RAIMBAULT és VYN (1991) a kukorica termését monokultúrában és különböző vetésforgókban vizsgálva azt tapasztalta, hogy amikor őszi árpa és őszi búza volt a kukoricát megelőző növény a hagyományos (őszi mélyszántás) művelés során, az első évi kukorica terméshozama jelentősen megnövekedett a monokultúrához képest.

SZALKA és SCHMIDT (1996) az OMTK hálózatban

Mosonmagyaróváron karbonátos humuszos öntéstalajon 3 kísérleti évben őszi búza, illetve kukorica elővetemények után vizsgálta a N-műtrágya adagok hatását a kukorica termésére. A szerzők azt tapasztalták, hogy - egy évet leszámítva - a kukorica elővetemény esetében magasabbak voltak a termésátlagok.

KÖNNECKE (1969) arra figyelmeztet, hogy sok esetben az elővetemény előveteményét is figyelembe kell venni a káros hatások elkerülése, vagy a kedvező hatások kihasználása céljából. RUZSÁNYI (1992/a) kísérleti eredményei alapján arra a következtetésre jut, hogy a kukorica termését nem csak a közvetlen elővetemény befolyásolja. A tárgyév előtti 2-3 év vetésváltásának a hatását is figyelembe kell venni, mivel ha a kukoricát megelőzően nagy vízfogyasztású növények is szerepeltek a vetésforgóban, akkor a kukorica csaknem a monokultúrához hasonló helyzetbe kerül.

LŐRINCZ et al. (1981) azt tapasztalta, hogy kukorica esetében a váltás nélküli termesztés 3. évétől az elérhető termésátlag csökken. A termésdepresszió a kedvezőtlen elővetemény-hatás számos következményének eredőjeként jön létre, és mértéke az első 5 évben átlagosan évente 0,376 t/ha. A legnagyobb átlagtermések búza elővetemény után 1-3 éves vetésváltás nélküli termesztésben érhetők el.

KRISZTIÁN és KADLICKÓ (1990) nem tartják megfelelőnek a nagyarányú gabona termesztését, mely elkerülhetetlenül időszakos gabona-monokultúrához vezet. Természeti és közgazdasági adottságaink között a búza és a kukorica vetésterületének arányát nagyon lényegesen nem módosíthatjuk. Ebből következik, hogy továbbra is számolni kell a kukorica több évig tartó önmaga utáni termesztésével, valamint a

kukorica-őszibúza növényi sorrenddel (SURÁNYI 1957). Az országos műtrágyázási tartamkísérletek alapján a kukorica elővetemény-értékét a következőképpen határozták meg: gyengébb előveteménye a búzának, mint pl. a borsó, mert gyökérzete rostos, tápanyagtartalma kevés, későn kerül le a tábláról, viszont a legtöbb szervesanyagot hagyja vissza (DEBRECZENI, 1991). KOLTAY és BALLA (1989) megállapítja, hogy a kukorica kedvezőtlen utóhatásának elsődleges oka lehet az elgyomosodás. A szerzők véleménye szerint, viszont hátrányai ellenére a kukorica-búza vetési sorrenddel számolni kell. Korábban érő hibridek termesztésével, gyors betakarítással, a tápanyaghiány megszüntetésével a kukorica egész jó előveteménnyé tehető.

Annak ellenére, hogy a gyakorlatban a kukorica-búza növényi sorrend a gyakoribb, a búza-kukorica sorrend kedvezőbb lenne, mivel a búza jó előveteménynek számít mind a nyárvégi, mind az olyan tavaszi vetésű növények esetében, ahol periódikus mélyművelésre, istállótrágyázásra, illetve megkülönböztetetten gondos - ősszel már elmunkált - talajművelésre van szükség (BOCZ 1992).

Az őszi búza nem termesztendő eredményesen monokultúrában és vetésforgóban is igényes az előveteményeire. A búza jó erőben lévő beérett, gyommentes talajt és elegendő vízkészletet visszahagyó, korán letakaruló elővetemény után díszlik jól. A jó elővetemény azt jelenti, hogy utána a leggazdaságosabban lehet jó termést elérni. Rossz - későn lekerülő, vagy kalászos gabona - elővetemények után szintén elérhetünk nagy búzaterméseket, de csak több trágya és vegyszer felhasználásával. (LÁNG 1976). BARABÁS (1987) véleménye szerint a búza különböző előveteményeinek hatása az időjárási viszonyoktól és az agrotechnikai

beavatkozásoktól függően változhat. A kukorica elővetemény akkor csökkenti a búza termését, ha későn takarítják be és ez a jó minőségű vetőágy előkészítését akadályozza.

Az őszi búza előveteményeinek hatását a trágyázás jelentősen befolyásolja (KISMÁNYOKY et al. 1988). RUZSÁNYI (1992/b) kísérleteiben azt tapasztalta, hogy a jó elővetemény kedvező hatása csak trágyázás nélkül, vagy kis trágyaadagok alkalmazása mellett érvényesült. LÁNG (1976) viszont az országos egységes trágyázási tartamkísérletek eredményei alapján arról számol be, hogy a búza után második évben vetett búza - bőségesen műtrágyázva is - ha-onként mintegy 0,5 t-val termett kevesebbet, mint borsó elővetemény után.

A kukorica tehát kevésbé érzékeny az előveteményeire, mint az őszi búza és előveteményként is kevésbé sorolható a legjobb elővetemény érékű növények közé. Fontos, hogy a növényi sorrend összeállítása során mind a kukoricát, mind pedig a búzát úgy helyezzük el a vetésváltásban, hogy azok a lehető legjobb előveteményeik után következzenek és önmaguk is a lehető legjobb előveteményeik legyenek az őket követő növényeknek. Különösen gyengébb termőképességű talajokon fontos ezeknek a szabályoknak a lehető legszigorúbb betartása, viszont minél jobb szerkezetű, minél termékenyebb a talaj és minél kevésbé szélsőséges az éghajlat, annál szabadabban határozhatjuk meg a növényi sorrendet (LÁNG 1976).

### **3.2. A trágyázás érvényesülése vetésforgóban**

Az intenzív műtrágyázás bevezetése óta egyre kevésbé vagyunk a

talaj természetes tápanyagellátó képességére utalva (KÁDÁR, 1979). A három fő tápelem országos mérlegét tekintve hazánkban a 60-as évek első felében a foszfor, majd a hetvenes évek elejére a nitrogén és a kálium mérlege is pozitívvá vált (NÉMETH 1996). A nagyadagú és rendszeres műtrágyázás hatására a terméshozamok örvedetesen növekedtek hazánkban. A mezőgazdaság kemizálásával egyre intenzívebbé váló nagyüzemi termelés egyúttal a vetésforgós szemlélet bizonyos mértékű háttérbeszorulását is eredményezte. A magyar mezőgazdaság 1990-es években bekövetkezett struktúraváltása egyúttal a növénytermesztésben felhasznált kemikáliák, mű- és szerves-trágyák felhasználásának drasztikus csökkenésével is együtt járt. Ilyen körülmények között a vetésforgó, illetve a vetésváltás jelentőségének szükségszerűen növekedni kellett, hiszen a vetésforgó a fenntartható és kis ráfordítással termelő mezőgazdaság klasszikus eleme. A vetésforgónak ez az ismét növekvő jelentősége abból adódik, hogy a termesztett növények arányának és sorrendjének megválasztásával a talaj víz- és tápanyagkészletét megőrizhetjük, esetleg gyarapíthatjuk, valamint egyben az ásványi és szerves trágyával kijuttatott tápanyagok hasznosulását is szabályozhatjuk (PUMMER et al. 1997).

BERZSENYI és GYÖRFFY (1996) Martonvásáron erdőmaradványos csernozjom talajon 1961-ben beállított vetésforgó tartamkísérletben vizsgálta hét különböző növényi sorrend és öt trágyázási kezelés hatását a kukorica termésére és termésstabilitására. Vizsgálataik során megállapították, hogy a trágyázás hatásának súlya a vetésforgó típusától függően változott a vetésforgó és az évjárat hatásához viszonyítva. A búza-kukorica dikultúra vs. kukorica

monokultúra és a lucerna-kukorica dikultúra vs. kukorica monokultúra esetében legfontosabb a trágyázás hatása volt, sorrendben az évjárat-hatás következett és legkisebb volt a vetésforgó hatása. A 3 év lucerna-3 év kukorica-2 év búza trikultúra vs. kukorica monokultúra esetében változatlanul a trágyázás hatása volt a legnagyobb, jelentősen nőtt azonban a vetésforgó-hatás és az évjáráthoz hasonló nagyságrendűvé vált. A norfolki típusú forgó és a kukorica monokultúra összehasonlításakor már a vetésforgó hatása volt a legfontosabb és sorrendben közel azonos nagyságrendben következett a trágyázás, valamint az évjárat hatása.

FÖRGETEG és PAPP (1967) közép-kötött csernozjom talajon folytatott tartamkísérleteik eredményei alapján megállapítják, hogy a kukorica - búza részleges monokultúrás termesztése termés-csökkenést idéz elő, amit trágyázással nagymértékben lehet ellensúlyozni. A szerzők úgy vélekednek, hogy még az említettek ellenére sem célszerű 3 évnél tovább termesztetni a kukoricát, de még inkább nem a búzát egyazon területen. Ehhez kapcsolódóan LŐRINCZ et al. (1981) szintén azon a véleményen van, hogy tartós váltás nélküli termesztés esetén a műtrágyák hasznosulása jelentősen csökken. Számításai szerint az 1 t kukorica szemtermés előállításához felhasznált NPK hatóanyag évente várhatóan 3-4 kg-mal növekszik.

KÁPOSZTA (1967) réti csernozjom talajon négy évig vizsgálta az őszi búza és kukorica vetésváltásának és monokultúrás termesztésének lehetőségét különböző trágyázási módokkal. A szerző összehasonlította egymással a talajhasználati módok termésmennyiségre vonatkozó összteljesítményeit. Megállapítja, hogy réti csernozjom talajon a kukorica-búza vetésváltás célszerűbb a monokultúrás termesztésnél az



összhozam alakulása szempontjából. A búza monokultúrás termesztésben a vetésváltásokhoz viszonyítva mintegy 4,4 - 13,5 %-os termésnövekedést mutatott. A trágyázás hatásait összehasonlítva vetésváltásonként és a monokultúrás termesztésben őszi búzánál az akkori fajták vonatkozásában a következő eredményeket kapta a négy év átlagában: kukorica-búza évenkénti váltásban az ásványi trágyák 12,7 %-os, az istállótrágya 14,6 %-os, a kukoricaszár + ásványi trágya pedig 13,4 %-os termésnövekedést eredményezett.

RUZSÁNYI (1992/b) vizsgálataiban kimutatta, hogy az őszi búza igényeli a műtrágyát és jó a trágyareakciója. A műtrágyázás mészlepedékes csernozjom talajon előveteménytől függően több év átlagában 1,6 - 1,8 t/ha-ral volt képes növelni a búza termését. Mindemellett a jó elővetemény kedvező hatása viszont, csak trágyázás nélkül, vagy kis trágyaadagok alkalmazása mellett érvényesült.

A trágyázás KISMÁNYOKY et al. (1988) szabadföldi kísérletekben végzett vizsgálataiban is jelentősen befolyásolta az elővetemény-hatást. Ramann-féle barna erdőtalajon a trágyázatlan és N-nel nem trágyázott parcellákon a búzának rosszabb előveteménye volt a kukorica, mint a búza, de N, illetve NPK alkalmazásakor a kukorica volt a jobb elővetemény. Az elővetemény-hatást a N műtrágyázás befolyásolta legnagyobb mértékben. KISMÁNYOKY (1991, 1992/a) szerint a termések nagyságáért elsősorban a műtrágyázás a felelős, ugyanakkor az egyes fajok váltása, a vetésforgó gyakorlata költségráfordítást nem igénylő fontos eszköz lehet a termések stabilizálásában. A szerző arról is beszámol, hogy kísérleti körülmények között Ramann-féle barna erdőtalajon vetésforgóban műtrágyázással búzánál 5 t/ha-os, míg

kukorica estében 8-8,5 t hektáronkénti szemtermés érhető el megbízhatóan, továbbá vetésforgóban műtrágyázás hatására a kukorica termése a kontrollhoz képest 40-50 %-kal emelkedett búza elővetemény után.

PETERSON és VARVEL (1989) USA-ban végzett kísérleteiben a monokultúrában termesztett kukorica szintén kevesebbet termelt (5,5 t/ha), mint vetésforgóban (7,6 t/ha). A vetésforgóban a pillangós növényt követő kukorica maximum-szemtermést 90 kg/ha N-adagnál eredményezett, míg a monokultúrában termesztett kukorica 80 kg/ha N-nél adta a legtöbb termést.

RUZSÁNYI (1992/b) a Debrecen melletti látóképi kísérletei alapján a műtrágyázás pótlólagos és fajlagos hatékonyság értékeit mészlepedékes csernozjom talajon - különböző nagyságrendű NPK adagok mellett - vizsgálva megállapítja, hogy a fajlagos trágyahatás monokultúrában lényegesen kedvezőbb a bikultúrához képest kukorica esetében.

PUMMER et al. (1997) Kompolton csernozjom barna erdőtalajon 1962-óta folyó tartamkísérletben vizsgálta a tápanyagellátás és a vetésforgó hatását kukorica jelzőnövény termésére. A tápanyag-termés függvény analízise alapján megállapította, hogy az adott termőhelyen az optimális tápanyagadag kukorica monokultúrában 218 kg/ha NPK, míg négyes vetésforgóban (kukorica-tavaszi árpa-borsó-őszi búza) csupán 30 kg/ha NPK volt. Az eredmények jelzik tehát, hogy a trágyázásnak monokultúrában nagyobb szerepe volt az optimális termésszint elérésében és - mindamellet, hogy minden tápanyag-ellátási színvonalon a vetésforgóban voltak nagyobbak a termések - monokultúrában a

kontrolhoz viszonyított terméstöbbletet tekintve jobb volt a trágyák hasznosulása, mint vetésforgóban. Az eredmények megerősítik HOLLÓ (1994/a) megfigyeléseit, aki szintén Kompolton 24 év átlagában vizsgálta az istállótrágya és műtrágya hatásának változását, illetve NPK tartalmuk hasznosulását. Eredményei arra mutatnak rá, hogy különböző tápanyag-ellátottsági szinten a hasznosulás mértéke a monokultúra, dikultúra, négyesforgó sorrendjében csökken mindkét trágyaféleség, illetve kombinált alkalmazásuk esetében egyaránt. PUMMER et al. (1997) vizsgálataiból kitűnik, hogy különböző tápanyagszinteken a növényi sorrend kukoricából 0,6-1,92 t/ha terméstöbbletet jelent. A növényi sorrend hatása legnagyobb a nem trágyázott kezelésnél és fordítva, legkisebb a legnagyobb tápanyagadaggal trágyázott kezelésnél. Ezért is érthető, hogy a vetésforgó alacsony műtrágyázási színvonalon újra renezánszát élheti, illetve az ipari ráfordításokkal (kifejezetten műtrágyával) bőven bányó termelési rendszereknél kisebb, vagy alig volt jelentősége.

Láthatjuk, hogy ugyanazt a termést különböző növényi sorrendek alkalmazásával, különböző mennyiségű tápanyag-adagolással is el lehet érni. Az előnytelen növényi sorrend "kompenzálására" kiadott tápanyagmennyiség azonban nem épül be a növénybe, a későbbi hasznosulás bizonytalan, ezért komoly a környezetszennyezés veszélye (HOLLÓ et al. 1986). Ésszerű vetésváltással és a vetésforgós szemlélet alkalmazásával tehát, amellet, hogy kisebb ráfordítással érhetünk el nagy terméseket, egyúttal csökkenthetjük a környezet terhelését, biztosítva ezzel talajaink termékenységének hosszútávú fenntarthatóságát.

### 3.3. A talaj biológiai aktivitásának jelentősége

A talaj biológiai aktivitása a növényi maradványok lebomlási folyamatain keresztül érvényesül az egyes tápelemek körforgalmában. Az ezzel kapcsolatos ismeretek jelentős szerepet töltenek be az agroökoszisztémák működésének tanulmányozásában, a növények tápanyag hasznosításának hatékonyabbá tételében és a környezeti terhelés csökkentésében (BUCHANAN 1993).

FEHÉR (1954) "Talajbiológia" c. könyvében írja: "A talajt joggal tekintjük élő szervezetnek: oxigént vesz fel, s a benne lévő mikroorganizmusok segítségével lassú égési folyamatokat idéz elő, amelynek végső termékeképpen a talaj pórusaiból állandóan széndioxid áramlik a környező levegőbe. A talaj tehát, mint élő szervezet lélegzik. Ezen felül asszimilál is: a mikroorganizmusok egy része felveszi a levegő nitrogénjét és szénét, ezeket megköti és tartalékolja. Ugyanakkor disszimilál is a talaj, mert a benne élő szervezetek lebontják, oxidálják az elhalt anyagot, eredeti, szerves vegyületekké változtatják és ezeket a talajt borító növényeknek adják át". VÁRALLYAY (1989) a talajt hatalmas természeti reaktornak tekinti, amely több természeti erőforrás (napenergia, légkör, felszíni és felszín alatti vízkészletek, biológiai erőforrások) hatását integrálva és transzformálva nyújt életteret a benne végbemenő mikroorganizmus tevékenységnek.

SZEGI (1979/a) véleménye szerint a fejlett mezőgazdasággal rendelkező országokban a növények táplálását illetően alapvető változások mentek vége. A mikroorganizmusoknak azt a szerepét, hogy biztosítják a növények számára a felvehető tápanyagokat, jórészt az

ember vállalta magára azáltal, hogy ásványi tápanyagokat juttat a talajba. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a mikroorganizmusok szerepe napjainkban csökkent volna. A mikroorganizmusok jelentős része a növényekhez hasonlóan műtrágya fogyasztóvá lépett elő és egymás konkurenséivé váltak. A mikrobák testébe beépült műtrágyák mennyiségi aránya elérheti az 50 %-ot is. A talaj mikroflórája azáltal, hogy időlegesen beépíti a növényi tápanyagokat, jelentős szerepet vállal a veszteségek csökkentésében és a környezetvédelemben.

A mezőgazdaság kemizálásával kapcsolatosan MÁNDY (1974) megjegyzi, hogy el kell vetni azt a szemléletet, amely a talajt valami holt anyagnak tekinti, helyette a biológiai szemléletet kell hangsúlyozni. A talajt élő tevékenységet mutató szervezetnek kell tekinteni, mindennapi életében a legfontosabb élővilágának működése. A talaj valamennyi élővilágának összessége az edafon, amely a szerző szerint átlagosan évente ha-onként 3000 kg humuszt, 10 000 kg széndioxidot, 800 kg nitrogénvegyületet, 300 kg kötött nitrogént, 50 kg foszforsavat és 50 kg káliumot mozgósít. STÖCKLI (in DI GLÉRIA 1959) adatai szerint 1 ha területre vonatkoztatva 1 éven át a talajban élő szervezetek az alábbi tevékenységet fejtik ki: termelt humusz 3000 kg, keletkezett CO<sub>2</sub> 10 000 kg, ammónia és nitrátképződés 800 kg, asszimilált légköri N 25 kg, a vándorló talaj N megkötése 50 kg, mozgósított foszforsav 50 kg, mozgósított kálium 50 kg.

A természetben a szén nagyszámú szerves vegyületei közül a cellulóz található a legnagyobb mennyiségben, mivel a magasabbrendű növények évről-évre nagy tömegben szintetizálják. FJODOROV (1954) és KRASZILNIKOV (1962) szerint a talajba kerülő növényi

maradványok (szerves anyag) 45-80 %-át cellulóz alkotja. Ha a mikroorganizmusok nem bontanák le ezt a szervesanyagot, néhány év alatt olyan tömegben halmozódna fel, hogy a földön lehetetlenné válna az élet. A cellulóz mineralizációjában a mikroszervezetek három alapvető csoportja a baktériumok, actinomyceták és mikroszkópikus gombák vesznek részt.

A talaj szervesanyag-tartalmának oxidációjával jelentős mennyiségű  $\text{CO}_2$  jut a légkörbe (RASMUSSEN és COLLINS 1991). KREYBIG (1951) szerint a levegőben lévő széndioxid mennyiségének túlnyomó része a talajból származik. I ha jól trágyázott és művelt talaj élőlényei légzése következtében évente 9000-10 000 kg széndioxid kerül a levegőbe. Minél több a talajélőlények által elbontható megfelelő minőségű szervesanyag a talajban és minél kedvezőbbek benne a hasznos talajélőlények részére az életkörülmények, annál nagyobb a talaj széndioxid és egyéb növényi táplálóanyag termelő képessége és így természetesen termékenysége is.

IMSENYECKIJ (1950) szerint a föld légkörében 110 billió kg  $\text{CO}_2$  található. A légkör széndioxidtartalmának 90 %-a talajból választódik ki és a talajból kiválasztódó széndioxid egynegyede a növényi gyökerek légzése folyamán képződik, háromnegyed része pedig a mikroorganizmusok életműködésének terméke. KREYBIG (1951) szintén azon a véleményen van, hogy a talajból kiáramló széndioxid mennyiségének csak egynegyede, legfeljebb egyharmad része származik a gyökérlégzésből, a többi a talajélőlények légzésének terméke, tehát a talajélőlények tevékenysége az ásványi tápanyagok oldásában sokkal fontosabb, mint a gyökereké.

KEMENESY (1964) részletesen foglalkozik a talajélet, vagy talajbiológia jelentőségével. Kiemeli, hogy a talajbaktériumok élettevékenységük során feltárják a talajban lévő nyers tápanyagokat, azokat növényi tápanyagokká alakítják át és így mintegy közvetve táplálják a növényt. A termőtalajt az élő szervezetek tárházának tekinti, ahol közepes viszonyok között a mikrobák tömege 3.5-7 t/ha. KREYBIG (1951) számításai szerint 1 g talaj 50 000-100 000 algát, több mint 10 000 penészgombát, és 100 000 000 vagy több baktériumot tartalmaz. A baktériumok tömege a földdel szemben súlyszázalékban 0,01-0,04 %. Számításai szerint 1 ha termőtalajban 700 kg baktérium és 700-1000 kg egyéb talajban élő szervezet van.

MÁNDY (1974) szerint 1 ha jó biológiai állapotban levő termőtalajban 30 cm-es mélységig 1 t mikroorganizmus található, melyek nagyrészen baktériumok, valamint gombák és ezek mennyisége megfelelő mennyiségű istállótrágyával növelhető. FEHÉR (1954) szerint az istállótrágyával nagyon sok baktériumot és gombát viszünk a talajba. A friss állati ürülék 100 g súlyt kitevő szárazanyagában 2-4 g N van, ennek 50 %-a esik a benne levő mikroorganizmusok N tartalmára, mivel a friss állati ürülék szárazanyagának 15-20 %-át a mikroorganizmusok szolgáltatják. Ennek a N tartalma 10 %, ezért 100 g-onként 1-2 g N-nek felel meg, ami az összes N-nek 50 %-a. Így 100 kg istállótrágyával 15-25 kg súlyú élő baktériumot és gombatömeget viszünk a talajba, ez 40 t/ha esetén 6000-10 000 kg mikroorganizmust jelent.

SEKERA (1941) a talaj mikroszervezeteinek jelentőségét a talaj beéredettségében betöltött szerepüknek tulajdonítja. Véleménye szerint a talaj akkor beéredett, ha a talajban élő mikroorganizmusok felépítették a

morzsalékos talajszerkezetet.

A talajban élő mikroorganizmusok tömege, fajgazdagsága és a talaj biológiai aktivitása az egyes növénybetegségek kialakulásával és az általuk okozott károk mértékével is összefüggésbe hozható. STURZ et al. (1997) különböző talajművelési rendszerekben végzett patológiai vizsgálataiban megemlíti, hogy a kedvezőtlen talajporozitási viszonyok rossz levegőgazdálkodású talajokban humid körülmények között kedveznek a növénybetegségek kialakulásának. Ellenben a viszonylag magas biológiai aktivitással rendelkező talajokban a magas mikróbaszám és a fajok sokfélesége kompetícióhoz vezet mely során a betegségeket okozó fajok visszaszorulnak. KÖNNECKE (1969) hasonló hatást tulajdonít a vetéscserének is.

Egyes növényvédelmi problémák megoldásakor, illetve azok megelőzése során, korunk technikai színvonalán a biogazdálkodás kivételével a peszticidhasználat nélkülözhetetlen eleme a növénytermesztési technológiáknak. Környezeti szempontból fontos, hogy a peszticidek ne halmozódjanak fel a talajban. KECSKÉS (1985) megállapítja, hogy bár a nagyszámú hatóanyag lebomlási mechanizmusairól csak keveset tudunk, az azonban bizonyos, hogy a talaj mikroorganizmusainak, biológiai aktivitásának kiemelkedő szerepe van ezeknek a vegyületeknek a lebontásában.

A talajéletnek, a talaj biológiai aktivitásának meghatározó szerepe van tehát a földfelszínen lejátszódó anyagcsere folyamatokban, így a növényi maradványok transzformációjában, az egyes növényi tápelemek körforgalmában, ezen keresztül a talaj termékenységének kialakulásában és fennmaradásában. Fontos szempont továbbá a talaj élőlényeknek a



kemikáliák lebontásán keresztül a környezetvédelmi problémák megoldásában betöltött szerepe, illetve az, hogy tevékenységükre alapozva lehetővé vált a peszticidek szakszerű használatával környezeti károk előidézése nélküli magasabb termelési színvonal elérése.

### **3.3.1. A talaj biológiai aktivitását befolyásoló tényezők**

A talajélet a talaj termékenységének egyik nélkülözhetetlen pillére, ezért fontos azoknak a tényezőknek az ismerete, amelyek működését, illetve annak intenzitását, azaz a talaj biológiai aktivitását befolyásolják.

A gyökerek felületén (rizoplán) és azok közvetlen közelében (rizoszféra), valamint a talaj tömegében a mikroorganizmusok mennyisége, összetétele jelentősen eltérhet. A mikrobák faji stuktúráját minden növény esetében számtalan tényező befolyásolja. A mikroflóra összetételére és tevékenységére hatással van a növény vegetatív fejlődési stádiuma, a növényi maradványok mennyisége és összetétele, a klíma, a talajok fizikai és kémiai tulajdonságainak változása, így a talaj hőmérséklete, nedvességtartalma, pH-ja, redox viszonyai, valamint a talaj adszorpciós kapacitása (SZEGLI 1962, VANCURA és KUNC 1988, KÁTAI 1999). A rizoszféra effektus a növény korával erősödik és maximumát a legerőteljesebb vegetatív növekedés idején éri el. A növény elhalásakor a gyökérhatás megszűnik és ilyenkor a gyökérfelületi mikroorganizmusok összetételében a holt növénymaradványok lebontását végző mikrobák közössége lesz uralkodó (SZABÓ 1989). A rizoszférában rendszerint nagyobb mikrobaszámot (VUURDE és DE

LANGE 1978) és erősebb enzimaktivitást (TALEVA 1977) állapítottak meg, mint magában a talajban. ZVYAGINTSEV és KURAKOV (1990) eredményei is azt bizonyították, hogy a talajban és a rizoszférában élő baktériumok, mikroszkopikus gombák - összetételükben és mennyiségükben - szignifikánsan különböztek egymástól. A rizoszféra gombaflórája fajgazdagabb.

A talajkörnyezetben bekövetkezett változások nemcsak közvetlen, hanem közvetett módosulásokat is előidézhetnek. Az agrotechnikai tényezők a növényekre gyakorolt hatásokon keresztül - a fiziológiai folyamatokon, a gyökereknek a környezetbe juttatott anyagok mennyisége és összetétele révén - szintén befolyásolják a rizoszféra mikroflóráját. Talajbiológiai szempontból nem közömbös tehát, hogy a kultúrnövényeket vetésváltásban vagy monokultúrában termesztjük.

A talajban élő mikroszervezetek túlnyomó része heterotrof, azaz széntáplálékukat a növényi maradványok, valamint a talaj humuszanyagai szolgáltatják. A kutatási eredmények arra utalnak, hogy a talajba vitt növényi anyagok fokozzák a mikrobiológiai tevékenységet (KRASZILNIKOV, 1962), ezáltal a talaj biológiai aktivitását.

A növényi részek kémiai összetétele - különösen azok lignintartalma (TÓTH et al. 1983) - jelentősen befolyásolhatja a növényi maradványok lebomlásának ütemét és mértékét egyaránt (COLLINS et al. 1990, HERMAN et al. 1977, JENKINSON 1965, LARSSON és STEEN 1988). GULYÁS (1967) vizsgálatai alapján arra a következtetésre jutott, hogy a lignin anyagok akadályozzák a növényi maradványokban a cellulóz és hemicellulóz elbontását. A búzaszalma elbontása során a lignin akkumulálódik, melynek lebontásában a gombák jelentős szerepet

vállalnak.

A témakörrel foglalkozó kutatók többsége (KÖNNECKE 1969, KHAN 1970, KREZEL 1977, MARTYNIUK és WAGNER 1978, KARLEN és DORAN 1993) azt találta, hogy a vetésváltás általában kedvezőbb a talajban lejátszódó mikrobiológiai folyamatok számára, mint a monokultúra. Monokultúrában jelentősen csökken nemcsak a mikrobák mennyisége, hanem a talaj mikrobiológiai aktivitása (CO<sub>2</sub>-termelés, cellulózbontó- és enzimaktivitás) is (GAWRONSKA et al. 1990).

A monokultúras termesztés a különféle eredetű, mikrobiológiailag aktív, fitotoxikus anyagok (kolin, nehezen hidrolizálható cellulóz, lignin és különböző fenolszármazékok) akkumulációját vonhatja maga után. Ennek következménye a talajuntság, az allelopátia, amely együtt jár a mikroflóra mennyiségében, aktivitásában és összetételében bekövetkezett változásokkal, valamint a talaj termékenységének csökkenésével (MOLNÁR 1999). BERZENYI és GYÖRFFY (1996) irodalmi adatok alapján szintén megállapítja, hogy sokan a növények saját reziduumaik által kifejtett autoinhibitor hatásnak tulajdonítják a monokultúras termésdepresszió okát kukoricában. A szerzők hozzátesszik azonban, hogy ugyan laboratóriumi és üvegházi kísérletekben már többen kimutatták különböző növényfajok reziduumaik hatását a kukoricánövény növekedésére, ezeket az eredményeket azonban a szabadföldi kísérletek nem igazolták.

A talaj tápanyagkészlete - a kiegyensúlyozott tápanyag-ellátottság (makro- és mikroelemek tekintetében egyaránt) - a növények fejlődéséhez hasonlóan a talaj-mikroorganizmusok aktivitását is befolyásolja,

kedvezően hat a talaj biodinamikájára, anyag- és energiaátalakító folyamataira (KEMENESY 1972, NYÉKI 1975, LÁSZTITY és GULYÁS 1978, LÁSZTITY et al. 1981, LÁSZTITY et al. 1989, SÜLYÖK és KÁDÁR 1988, ANSORGE 1996, HICKISCH és MÜLLER 1990, MÜLLER 1991). Az egyoldalú vagy túlzott műtrágyázás ugyanakkor csökkentheti bizonyos mikroba csoportok mennyiségét és aktivitását (ZVYAGINTSEV 1987), valamint a mikroflóra fajgazdagságát (KÁTAI et al. 1983). TIMÁR (1979) azt tapasztalta, hogy a tápanyag mennyiségével párhuzamosan változik az összes csiraszám a talajban.

VIRÁG (1981) véleménye szerint a műtrágyázás közvetlen és közvetett úton egyaránt hat a talajmikrobák mennyiségére és aktivitására. MÜLLER (1969) azon a véleményen van, hogy a műtrágyázás hatása a talaj mikroorganizmusainak mennyiségi alakulására elsősorban közvetett módon érvényesül. Az ásványi tápanyagok megnövelik a termést, ezáltal a tarló és gyökérmaradványokat, ez kedvezően hat a humuszanyagok szintézisére és a mikrobák szaporodására. Következésképpen megnő a szerves anyagok átalakításában résztvevő baktériumok és gombák száma, valamint a cellulózbontó aktivitás (SZEGI és GULYÁS 1985, SZEGI et al. 1985, MÜLLER 1991).

SÜLYÖK és KÁDÁR (1988) szerint, a cellulózbontó mikroszervezetek közel azonos tápelem-ellátottságot igényelnek, mint a növények, egy tápelem minimuma a talajbiológiai aktivitás csökkenését eredményezi. SZEGI és GULYÁS (1985), valamint SZEGI et al. (1985) megállapítja, hogy a megfelelő ásványi-N-ellátás gyorsíthatja a lebontó folyamatokat.

A nagy műtrágyaadag fokozza a növényi gyökérváladék képződését. A nagydagú N-dózis - és/vagy alacsony K-ellátottság mellett - a gyökerek sok aminosavat, cukrot és szerves savat termelnek, amelyek megfelelő szubsztrátként szolgálnak a baktériumok számára. Ez a folyamat a baktériumszám növekedését eredményezi a rizoszférában. Az alacsony N-ellátottság és/vagy a nagydagú K-trágya ellenkező hatást fejt ki, csökken a baktériumok mennyisége (TROLLDEINER 1973. cit. in: VIRÁG 1981). A rendszeres túltrágyázás (elsősorban a nitrogén túladagolása) ugyanakkor hozzájárulhat a talaj savanyodásához, aminek mikrobiológiai következménye lehet a mikroszkopikus gombák számának növekedése és a nitrifikáció mértékének csökkenése (HELMECZI et al. 1987, KHONJE et al. 1989).

SNAPP (1994) vizsgálataiban a gyökerek magas N-koncentrációja és minden olyan tényező ami ezzel összefüggésben volt (pl. sóstressz) növelte a gyökérmaradványok lebomlásának mértékét. A lebomlás sebessége pozitív korrelációt mutat a növényi részek N-tartalmával, míg a C:N aránnyal fordítottan arányos (AULAKH et al. 1991, BERG 1984, HERMAN et al. 1977, SMITH és SHARPLEY 1990).

COLLINS et al. (1990), REINERTSEN et al. (1984), és VIGIL et al. (1991) nagy N-tartalmú talajokon, ahol szűk a C:N arány, megfigyelte, hogy a lebomlási folyamatok mértéke függ a növényi részek oldható szénhidrát tartalmától. A gyökerek nagy N-koncentrációja pozitív korrelációt mutat az oldható C-tartalommal. Sós talajokon ozmótikus stresszhatásnak kitett növények gyökereiben felhalmozódnak az oldott anyagok, a növény így alkalmazkodik az ozmótikus viszonyokhoz, egyúttal megnövelve a gyökérmaradványok hozzáférhetőségét a

lebomlási folyamatok számára (SHARP et al. 1990, SHONE és FLOOD 1983). (SNAPP 1994) hozzáteszi azonban, hogy ez a folyamat fajonként, sőt fajtánként is eltérő lehet.

IBRAHIM (1976) a kukoricaszár és hereszéna lebontását vizsgálta és megállapította, hogy a kukoricaszár lebontása lassú volt az inkubáció kezdetén (C/N=83:1), a hereszéna (C/N 36:1) lebontása gyors volt. A kukoricaszárhoz ammóniumsulfátot adva (C/N=10:1) a lebontás intenzívebbé vált. A bomlás sebességének maximumát a 16 hetes inkubációs periódus végén mérte. A nitrogén immobilizáció és a mineralizáció szorosan összefüggött az elbomló kukoricaszár és hereszéna C/N arányával.

Az irodalmi adatokból arra következtethetünk, hogy a N trágyázás a különböző talajtípusokon különböző mértékben befolyásolja a növényi maradványok lebomlásának mértékét. NÉMETH et al. (1989) szántóföldi körülmények között Ramann-féle és pszeudoglejes barna erdőtalajon vizsgálta a különböző N-adagok (87, 174, 261, 348 kg/ha N) hatását a talaj cellulotikus aktivitására és azt tapasztalta, hogy magasabb N-adagok mellett a cellulózaktivitás különösen pszeudoglejes barna erdőtalajon volt kisebb mértékű. BREZOVCSIKNÉ et al. (1984) pedig megállapítja, hogy a különböző N műtrágyák a felvehető tápanyagokban szegény karbonátos homoktalajban sokkal jelentősebb mértékben növelte a búzaszalma és a kukoricaszár lebomlását, mint a felvehető ásványi tápanyagokkal jól ellátott Ramann-féle barna erdőtalajban. KISMÁNYOKY et al. (1993) Ramann-féle barna erdőtalajon végzett kísérletében a műtrágya, az istállótrágya, valamint a szalma és zöldtrágya cellulózbontó aktivitásra gyakorolt hatását vizsgálta. Azt tapasztalta, hogy a különböző

szervestrágyák hatása között számottevő különbség nem volt. Legkevesebb cellulóz a szervestrágyában nem részesített területen bomlott le.

A tápanyagellátás mellett a hőmérséklet és a nedvességtartalom is jelentősen befolyásolhatja a cellulóz elbomlásának dinamikáját a talajban (GULYÁS 1974). SZEGI (1962) csernozjom és barna erdőtalajokkal vézett laboratóriumi vizsgálataiban úgy találta, hogy a cellulóz lebomlása 80% nedvességtartalom mellett a legintenzívebb a talajok maximális vízkapacitásának %-ában kifejezve. A szerző hozzáteszi azonban, hogy természetes viszonyok között nem biztos hogy ez a nedvességtartalom a legmegfelelőbb a cellulóz aerob lebontásához és általában a talajban lejátszódó mikrobiológiai folyamatok szempontjából. IMSENYECKIJ (1950) szerint a cellulózbontó baktériumok akkor fejlődnek legintenzívebben, ha a talajnedvesség a maximális vízkapacitás 60-70 %-át teszi ki.

FEHÉR (1937) kiemeli, hogy Manninger már 1927-ben tudatosan kereste, kutatta a talajéletet szabályozó megfelelő talajművelés módszereit. Abból a feltevésből indult ki, hogy a nyári csapadékszegény időszakban a szántás a szántó föld anyagcsere-forgalmát jelentősen károsítja. Ezért a szántás helyett olyan felületi talajművelés bevezetését javasolta, amely a gyomokat távol tartja és megakadályozza a nyári szárazságban a víz elpárolgását, ennek következtében a talaj biológiai aktivitásának csökkenését.

GYÓRFFY (1990) megállapítja, hogy a talaj szervesanyagának fenntartására és feltételezett növelésére épülő, a biotikus tényezők jelentőségét erősen hangsúlyozó talajerő-gazdálkodás korlátai különösen

napjainkban, a mezőgazdasági termelés gépesítésének és kemizációjának időszakában mutatkoztak meg. SZABOLCS (1989) véleménye szerint a fokozottabb fizikai, kémiai és biológiai hatások sebezhetőbbé teszik a talajokat.

A talajéletet, ezen keresztül a szervesanyagok lebomlásának dinamikáját az alkalmazott talajművelési rendszerek is befolyásolják (UNGER 1997, REICOSKY 1997). CHRISTENSEN et al. (1994), BORIN et al. (1997) és BUCHANAN et al. (1993) megállapították, hogy a hagyományos szántásos talajművelési rendszer - ami a talajt legjobban levegőzteti - talajának szerves C-tartalmához viszonyítva a talajművelés nélküli rendszerek talajában nagyobb a szerves C-tartalom. A talajművelés lebontási folyamatokra gyakorolt hatását ugyanakkor a klíma, sőt szezonális hatás is befolyásolhatja. Jó például szolgálnak erre ANGERS et al. (1997) vizsgálatait, melyek során hideg kanadai klíma alatt nem talált különbséget a szántásos és a művelés nélküli talajművelési rendszerek talajainak szerves C-tartalmában.

A talajélet működését, a talaj biológiai aktivitását tehát számos tényező, így a földművelés, a trágyázás és a talajművelés rendszere egyaránt befolyásolja. Az említett tényezők talajéletet befolyásoló hatásának súlyát azonban ezek egymás, illetve a termőhelyi körülmények (talaj és klimatikus tényezők) közötti kölcsönhatása fogja meghatározni.

### **3.4. A talaj agronómiai szerkezetének jelentősége**

Az elemi talajszemcsék (mechanikai frakciók) a talajok jelentős hányadában természetes állapotban nem külön-külön, hanem szerves és



ásványi kolloidokkal összeragasztva, sajátos képződményeket, aggregátumokat, ún. szerkezeti elemeket alkotva találhatók a talajokban. A talaj szerkezeti állapota, a szerkezeti elemek nagysága, valamint vízzel és a művelőeszközökkel szembeni ellenállósága a talaj agronómiai értékének, termékenységének fontos jellemzője ("agronómiai talajszerkezet") (VÁRALLYAY 1993).

A talajszerkezet (az éghajlattal kölcsönhatásban) befolyásolja a termés nagyságát és biztonságát (HADAS et al. 1978), a talaj biológiai aktivitását (SIMS 1990), a víz és az oldatok közlekedését (JARVIS et al. 1991, GERKE és VAN GENUCHTEN 1993, PIKUL és ZUZEL 1994, CURMI et al. 1996), a nitrogén-oxid kibocsájtást (BALL et al. 1997), valamint az erózió kockázatát (BRESSON és BOFFIN 1990). LINQUIST et al. (1997) megállapítása szerint a fentieken túl a talajszerkezet befolyásolja még a növények tápanyagellátását is, különösen a foszforszolgáltató képességet. A talajszerkezet és a növények tápanyagfelvétele közötti kapcsolat vizsgálata során COOK (1964) arról számol be, hogy míg a nitrátfelvételt függetlennek találták a talajrészecskék méretszerinti eloszlásától, addig a foszfor felvétele az aggregátumok méretének növekedésével fokozatosan csökkent, aminek következtében a növények N:P aránya tágult, termése pedig csökkent.

A jó szerkezetű talajt a gyökérszövet sűrűn behálózza, könnyen megtalálja benne életfeltételeit. BAIRD és ALDRICH (1961) nagy jelentőséget tulajdonít a talaj jó szerkezeti állapotának, amikor közlik az 1876-ban beállított *Morrow* parcellák (Illinois, USA) meglepő eredményeit. A vizsgálat évében már 85-éve termesztettek kukoricát ugyanazon a területen, aminek a termése felülmúlta a kukorica-zab-

vöröshere vetésforgóban termesztett kukorica termését. A szerzők szerint a kukorica monokultúrában mért magasabb termésszint azzal magyarázható, hogy a kitűnő szerkezetű talajon beállított kísérletben a talaj fizikai tulajdonságai még nem kerültek minimumba, ami nehéz, kötött talajokon elő szokott fordulni.

Agronómiai szempontból kívánatos morzsás talajszerkezetről akkor beszélhetünk, ha a talajrészecskék méretszerinti eloszlásán belül a 0,25-10 mm-es tartományba tartozó morzsafrakció aránya dominál az ennél kisebb por, illetve az ennél nagyobb rögfrakció arányához viszonyítva (NYÍRI 1993). SIPOS (1978) szerint agronómiai szempontból legkedvezőbb az 1-3 mm átmérőjű morzsa és ideális szerkezetűnek az a talaj tekinthető, amelyben a morzsafrakció (0,25-10 mm átmérő tartomány) legalább 80%-ot képvisel. Hazai talajainkban a morzsák mennyisége 0-70 % között változik.

A talajaggregátumok méretszerinti eloszlása mellett a talajmorzsák tartóssága, a különböző fizikai behatásokkal szembeni ellenállósága is fontos jellemzője a talaj agronómiai értékének, termékenységének (VÁRALLYAY 1993). A talajszerkezet alapvetően meghatározza a talaj pórusrendszerét, ezen keresztül víz- és levegő gazdálkodását, mivel a szerkezeti elemek felépítésétől, illeszkedésétől függ a kisebb-nagyobb hézagok levegő- és vízaránya. A talajszerkezet leromlásának elsődleges következménye a talaj pórusainak térfogateloszlás szerinti megváltozása, pórusrendszerének funkcionális átalakulása, ami kedvezőtlenül hat a talaj vízgazdálkodására és biológiai aktivitására (VAN VEEN és KUIKMAN 1990, ELLIOT és CAMBARDELLA 1991, HASSINK et al. 1993). WHITBREAD et al.

(2000) vizsgálataiban kimutatta, hogy a talaj hidraulikus vezetőképessége szignifikáns kapcsolatban áll vízálló morzsatartalmával. BRYAN (1968), valamint DE PLOEY ÉS POESEN (1985) megállapítja, hogy az aggregátumok ellenállósága a talaj számos fizikai tulajdonságát befolyásolja, de különösen jelentős szerepet tölt be a vízbefogadó képesség és az erodálhatóság tekintetében.

SZABÓ-KOZÁR (1979) a talajszerkezet gyakorlati jelentőségét a következőkben foglalja össze: "A jó szerkezetű talajban élénk a talajélet, egyenletesebb, folyamatosabb a tápanyagfeltáródás. A növények gyökereinek fejlődése zavartalan, jobban érvényesülnek a műtrágyák. A talajművelés gyorsabb és olcsóbb, mivel kisebb vonóerőt igényel". A jó talajszerkezet amellet, hogy a nagy termések elérésének alapja, meghatározó fontosságú a növénytermesztés termelési színvonalának fenntarthatóságában is, mivel a jó szerkezetű talajok egyúttal jobban ellenállnak a talajpusztulást kiváltó tényezőknek, hosszútávon garantálva ezzel a termelés biztonságát.

#### **3.4.1. A talaj agronómiai szerkezetét befolyásoló tényezők**

A művelt talaj szerkezetének kialakulása külső tényezők által befolyásolt folyamat, amelyek lehetnek emberi (pl., művelőeszközök, taposás) és természeti (pl. éghajlat, fauna, gyökérszet) eredetűek (ROGER-ESTRADE 2000). Ezek a tényezők egyaránt okozhatják a talajrészecskék tömörödését, szétesését, valamint helyváltoztatását, továbbá összetett hatásuk eredményezi a talaj azon jellemzőit, amelyek szerkezetét meghatározzák (DEXTER 1988).

A talaj, a fizikai alkotórészek nézőpontjából vizsgálva, három fázisú rendszernek tekinthető (GLINSKI és LIPIEC 1990). KEMENESY (1959), DVORACSEK (1957), KACSINSZKIJ (1952), valamint GLINSKI és LIPIEC (1990) szerint ülepedett talajban a szilárd fázis valamint a víz és levegő által kitöltött póruster aránya közel 50:50 %. Művelés (szántás) hatására ez a viszony úgy módosul, hogy a szilárd fázis 40 %-nyi, míg a póruster 60 %-nyi helyet foglal el. Taposás (keréknyom) hatására ez az arány megfordul, tehát míg a szilárd fázis 60%-ot tesz ki, addig a póruster csak 40%-ot. A tömörítés hatására bekövetkező változással elsősorban a levegő szorul ki a talajból (GYŐRI 1984).

BIRKÁS et al. (1999) Gödöllőn beállított kísérletében azt tapasztalta, hogy a lazított talaj  $1,4 \text{ g/cm}^3$ -t el nem érő térfogattömege tárcsás talajművelés tömörítő hatására az ötödik évben a 20-22 cm-es rétegben meghaladta az  $1,5 \text{ g/cm}^3$  értéket. GYURICZA et al. (1998) vizsgálataiban kimutatta, hogy a gödöllői ülepedésre hajlamos talajon a sablonos, egysíkú talajművelési módszerek okozta kedvezőtlen fizikai és biológiai állapotváltozásokat a talajszerkezet- és -kondíciójavító talajlazítás is legfeljebb egy vegetáción keresztül mérsékli. A talajművelés, porozításra gyakorolt hatásán túl, az aggregátumok stabilitását is befolyásolja. WRIGHT et al. (1999) talajművelési kísérletében a no-till kezelés talajában ellenállóbbak voltak a talajmorzsák mint a szántásos művelésben, de a legjobb morzsastabilitást évelő füvek alatt mérte.

A talaj szerkezete tehát közvetlenül befolyásolható talajműveléssel (PERFECT et al. 1990/b). Hosszútávon azonban

szervesanyag-gazdálkodással javítható igazán hatékonyan, mivel a talaj szervesanyag-tartalmának sok fontos hatása mellett nagy jelentősége van a talajszerkezet kialakulásában és fenntartásában egyaránt (ALLISON 1973, TATE 1987), ugyanis az elsődleges aggregátumok és ásványi vázalkotók szerves ragasztóanyag segítségével állnak össze mikro-aggregátumokká (DVORACSEK 1957). YANG és WANDER (1998) vizsgálatai során úgy találta, hogy a talaj szervesanyag-tartalmának növekedésével párhuzamosan egyaránt növekedett a talajmorzsák mérete és vízállósága. MIGLIERINA et al. (2000) kísérleti eredményei alapján pedig megállapította, hogy a talajban a kapilláris pórustér aránya a talaj szervesanyag-tartalmával pozitív korrelációt mutat.

SEKERA (1951) és DVORACSEK (1957) szerint a talajszerkezet kialakításában résztvevő szerves ragasztóanyagok egyrészt már kialakult humuszanyagok, másrészt pedig a talajban élő aprószervezetek váladékai, baktériumok, mikroszkópikus gombák és actynomycetesek ragasztó és kötőanyagai. SEKERA (1951) a biológiai tevékenységek közvetlen hatására kialakuló kötéseket, amelyek a morzsák kialakulását és tartósságuk fokozását segítik elő, közös néven biológiai védőrétegnek nevezi. A talajélet talajszerkezetre gyakorolt hatásával kapcsolatosan COOK és ELLIS (1987) megállapítják, hogy a mikroorganizmusok váladéktermelésük útján tovább stabilizálják a már kialakult aggregátumokat. MILLER és JASTROW (1992), valamint WRIGHT és UPADHYAYA (1998) az arbuskuláris mikorrhiza gombák aggregátum képződésben és az aggregátumok stabilizálásában betöltött szerepét hangsúlyozza. WRIGHT et al. (1996), WRIGHT és UPADHYAYA (1996), valamint WRIGHT et al. (1998) az ezen szervezetek által termelt

számos oldhatatlan glikoprotein közül a glomalin szerepének jelentőségét emeli ki, ami számos talajon összefüggést mutat az aggregátumok stabilitásával. WRIGHT et al. (1999) erős lineáris korrelációt mért a glomalinkoncentráció és az aggregátum-stabilitás között. A mikroorganizmusoknak a talaj szerkezeti állapotára gyakorolt pozitív hatását bizonyító számos pozitív eredmény ellenére egyes szerzők arra az álláspontra helyezkednek, hogy nem szabad túlbecsülnünk a baktériumváladékoknak és a gombamicéliumoknak a morzsák tartósságára gyakorolt befolyását, mert a mikroorganizmusok, illetve váladékaik hatása csak rövid ideig tart és nem nevezhető állandónak (DVORACSEK 1957). SEKERA (1951) véleménye szerint a vízálló morzsák tartóssága csak akkor és addig biztosított, amíg a mikróbák életfeltételei biztosítottak.

A talajélet talajszerkezetre gyakorolt hatása mellett FERTS (1955), KEMENESY (1961), FEKETE (1958) és CARON et al. (1992) a gyökérzet szerepére hívja fel a figyelmet, ugyanis a gyökerek talajt behálózó tulajdonsága előnyösen hat a talaj szerkezetére. A gyökerek - elsősorban az élő gyökerei - teljesen körülfonják, ellenálló egységekké tömörítik a talajmorzsákat. A gyökérzet nagy része a morzsa felületén hal el, az elhalt gyökérzetből humuszanyagok keletkeznek. Ezek részben feloldódnak és átítatják az egész lyukacsos morzsát, részben pedig a morzsát kívülről vonják be és mintegy védőréteget alkotnak körülötte. Így még jobban elkülönülnek a morzsák egymástól és kitűnően morzsás talaj jön létre, melynek morzsái tartósak. SIPOS (1978), valamint TISDALE és NELSON (1966) megállapítja, hogy a nagyadagú, fokozottabb műtrágyázás is a növények gyökérzetén keresztül hat, mert

ezáltal nagyobb tömegű és tápanyagtartalmú növényi maradvány kerül, illetve marad vissza a talajban.

Az egyes növénykultúrák különbözően befolyásolják a talajmorzsák stabilitását, agronómiai szerkezetét. ARMBRUST et al. (1982), BATHKA és BLAKE (1984), valamint ELLSWORTH et al. (1991) azt tapasztalták, hogy szójaállományban a talaj agronómiai szerkezete (aggregátumok mérete és stabilitása) kedvezőtlenebb mint kukorica állományban. WHITBREAD et al. (2000) kísérletében nem talált jelentős különbséget a száraz szitálással szétválasztott talajrészecske-frakciók eloszlása között a referenciaként szolgáló műveletlen- és a különböző elővetemények (lucerna, csicseriborsó, *Medicago truncatula*, zöldugar) után termesztett búza talajában. Az ezt követő nedves szitálás során viszont jelentős eltérést tapasztalt. Míg az érintetlen referencia-talajban a vízálló aggregátumok mennyisége csupán 14 %-al maradt alul a száraz szitálás során mért eredményekhez viszonyítva, addig a művelt területek esetében ez az arány legkevesebb 39 % volt. A talajmorzsák mérete lucerna elővetemény után volt a legnagyobb, és ugyancsak lucerna után csökkent legnagyobb mértékben - mintegy 47 %-al - a száraz szitálás során mért eredményekhez viszonyítva a vízálló morzsák aránya (szemben a 40 %-os átlagos csökkenéssel). A kísérletben a növénymaradványok visszaforgatása nem minden esetben befolyásolta pozitívan a az aggregátumok stabilitását.

VILJAMSZ (1950/a) a biológiai talajtan atyja és a füves földművelési rendszer megalkotója a vetésforgó elsődleges feladatának a morzsafrakció és morzsastabilitás kialakítását tartotta. Ennek garanciáját az évelő füvek termesztésében látta, ami véleménye szerint szükségszerű

szakasza kell legyen az optimális forgónak. A vetésforgók talajszerkezetre gyakorolt kedvező hatásáról RAIMBAULT és VYN (1991) is beszámol, akik kukorica állományban végzett kísérleti eredményeik alapján megállapították, hogy a talaj porozitása és a vízálló morzsák aránya vetésforgóban kedvezőbb volt, mint monokultúrában. A gyökérzet talajszerkezet-alakító hatásáról VILJAMSZ (1950/b) előtt a századfordulón már CSERHÁTI (1905) is úgy vélekedett, hogy a vetésforgót a talaj fizikai állapotának, a talajszerkezet optimális kialakításának eszközeként kell elsősorban tekinteni. A különböző növények egymásutánjának jelentőségét a következőkben látja: "Véleményem szerint a vetésforgó elsősorban azért hat kedvezően a termésre, mert a talaj fizikai tulajdonságai nem öltenek a növényre kedvezőtlen alakot."

A vetésforgó és az ésszerű műtrágyázás mellett - közvetlen szervesanyag-gyarápító hatásának köszönhetően - természetesen a kielégítő mennyiségű és gyakoriságú szervestrágyázás is hatással lehet a talaj szerkezeti állapotára (KISMÁNYOKY 1993). COOK és ERICSON (1956) (cit. LICHTENEGGER 1985) agyagos talajon 20 év után azt tapasztalták, hogy kombinált zöld- és istállótrágyázás hatására a vízben stabil morzsaaggregátumok százalékos aránya a kezeletlenhez képest 37,5 %-ról 60,4 %-ra (0.5 mm feletti), illetve 65.3 %-ról 80,4 %-ra (0,1 mm feletti) emelkedett.

A talajmorzsák stabilitása, a talaj felszínét érő különböző behatásokkal szembeni ellenállósága, a talajpusztulás szempontjából rendkívül fontos tényező. Az aggregátumok degradációja, víz hatására történő szétesése számos fiziko- kémiai és fizikai mechanizmus



eredményeként következhet be, és ezen folyamatok által a szerkezeti elemek tág - egészen az agyagfrakciótól a makroszkópikus - mérettartományba tartozó, különböző átmérőjű talajrészecskék egyaránt érintettek lehetnek (LOCH 1994, TISDALL és OADES 1992, ELLIOT 1986, OADES és WATERS 1991).

A témát feldolgozó irodalmak az aggregátumok pusztulásának okaként négy jelentősebb mechanizmust emelnek ki:

1. A talajmorzsák átnedvesedése közben csapdába zárt levegő nyomásának növekedése szétrobbantja a morzsákat (PANABOKKE és QUIRK 1957).
2. A részecskék duzzadása során, a duzzadó agyagásványok belső nyomást hoznak létre (EMERSON és GREENLAND 1990).
3. A talajmorzsákat az esőcseppek kinetikus energiája szétrombolja (NEARING és BRADFORD 1985).
4. Az ozmotikus stressz hatására bekövetkező fiziko-kémiai mállás (EMERSON 1967, SHAINBERG 1992, SUMNER 1992), a kolloidok közötti összetartó erőt csökkenti (peptizáció).

A fent említett mechanizmusok lejátszódása függ a részecskék közötti határfelületek tulajdonságaitól és a folyamatban résztvevő energia nagyságától (KEMPER és ROSENAU 1984, TRUMAN et al. 1990), a diszaggregációhoz szükséges fizikai és kémiai feltételektől, a

talajpusztulási folyamat erőteljességétől és a folyamatot befolyásoló talajtulajdonságoktól, valamint a morzsák szétesése során képződött részecskék méreteloszlásától és természetétől (FARRES 1987, RÖMKENS et al. 1990, CHAN és MULLINS 1994).

Az aggregátumok stabilitását a talaj számos tulajdonsága befolyásolja, amelyek egymással többszörös kölcsönhatásban vannak. LE BISSONNAIS (1996) ezek közé sorolja a talaj ásványi összetételét, az agyagásvány összetételt, szervesanyag-tartalmat, a talaj kation-koncentrációját és összetételét, pH-ját, szeszkvioxid, valamint  $\text{CaCO}_3$  tartalmát. EMERSON és GREENLAND (1990) tanulmányában elemzi ezen tényezők hatását. A témával foglalkozó irodalom a következő hármat emeli ki közülük az aggregátumstabilitás szempontjából legfontosabb paraméterként:

a, a kicserélhető nátriumkoncentráció (EMERSON 1967, KAZMAN et al. 1983, FRENKEL et al. 1978, SHAINBERG 1992)

b, az aggregátumokat cementáló vas és alumínium oxidok, valamint oxihidrátok (különösen trópusi és lateritos talajoknál) (RÖMKENS et al. 1977, LE BISSONNAIS és SINGER 1993)

c, szervesanyag, ami összeragasztja a talaj ásványi vázalkotóit (TISDALL és OADES 1982, CHURCHMAN és TATE 1987, CHENU 1989, HAYNES és SWIFT, 1990), valamint védi a felszínt az esőcseppek romboló hatásától, javítja a vízelnyelő képességet, továbbá ami hidrofób karaktert kölcsönözhet az aggregátumoknak, csökkentve azok

átnedvesedési intenzitását, ezen keresztül a degradációt kiváltó egyes tényezők károsító hatásának lehetőségét (Mc GHIE és POSNER 1980, SULLIVAN 1990). AL-DURRAH és BRADFORD (1982), NEARING et al. (1987), BRADFORD és HUANG (1992), PERFECT et al. (1990/a), valamint CHAN et al. (1994) ezzel kapcsolatosan felhívják a figyelmet arra, hogy az átnedvesedett aggregátumok mindig gyengébbek, mint száraz állapotban, ezért a teljesen átnedvesedett talajfelszínen a fent felsorolt talajpusztulást kiváltó tényezők közül, noha azok egymással kölcsönhatásban fejtik hatásukat, az esőcseppek által kiváltott mechanikai pusztulás a legjelentősebb.

WHITBREAD et al. (2000) különböző növénytermesztési technológiák alkalmazásával a fenntartható búzatermesztés lehetséges útjait tanulmányozta, többek között a növényi szármaradványok talajra gyakorolt hatását vizsgálta. A vizsgálat során megállapította, hogy abban a kezelésben voltak legkedvezőbbek a talaj fizikai paraméterei (hidraulikus vezetőképesség, részecskék méretszerinti eloszlása, vízálló morzsatartalom) amelyben az aratás után a búzaszalmát mulcsként a felszínen hagyták. A mulcsozás nélküli kezelésben a talajfelszínen tömődött, bemosódott zóna és cserepedés alakult ki, ami nagymértékben csökkentette a vízelnyelő képességet.

EMERSON és GREENLAND (1990) megállapítja, hogy a talajmorzsák stabilitása és az adott talajtulajdonságok között ugyan gyakran található kapcsolat, de ezek az összefüggések nem minden esetben igazolhatóak az egyes talajtípusokon.

A talaj szerkezeti állapotának változása tehát számos tényező kölcsönhatásának eredményeként egyaránt lehet kedvező, vagy

kedvezőtlen. A rendelkezésünkre álló eszközökkel, a növénytermesztés, a talajművelés, a trágyázás és az alkalmazott agrotechnika rendszerével, kisebb nagyobb mértékben mi is befolyásolhatjuk a talaj szerkezeti állapotát, ezért a talaj termékenységének fenntartását, illetve fokozását szem előtt tartó gazdálkodás megköveteli, hogy az egyes agrotechnológiai elemek hatását ebből a szempontból súlyozottan vegyük figyelembe.

## **4. Anyag és módszer**

Az értekezésben tárgyalt paraméterek vizsgálata Keszthelyen, a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Földműveléstani és Növénytermesztési Intézetének Kísérleti Telepén, egy több évtizede beállított kukorica monokultúra és egy vetésforgós szabadföldi tartamkísérlet kukorica szakaszaiban 1996-ban, 1997-ben és 1998-ban, illetve őszi búza szakaszaiban 1993-ban történt az OTKA T016469, illetve az OTKA T030768 sz. programok támogatásával.

### **4.1. Kísérleti körülmények**

#### **4.1.1. A kísérleti terület talaja**

A kísérleti terület talajtípusa a II. termőhelyi kategóriába tartozó Ramann-féle barna erdőtalaj. Jellemzője, hogy humuszban szegény, felvehető foszforral gyengén, káliummal közepesen ellátott, mechanikai összetétele alapján homokos vályog ( $K_A$ : 36-37) fizikai féleségű talaj (1. táblázat).

#### **4.1.2. Éghajlati viszonyok**

A kísérleti hely a nyugat-magyarországi peremvidékhez tartozik. Területén a mérsékelt meleg és nedves klímaelemek keverednek. A lehullott csapadék mennyisége kielégítő (700 mm). 50-éves átlagban kedvező, hogy a vegetációs időszak a csapadékosabb (2. táblázat), ezen

belül azonban az eloszlása nem mindig felel meg a növények igényeinek.  
Az éves átlaghőmérséklet 10,8 °C, a napsütéses órák száma 1962.

1. táblázat. *A kísérletek talajának agrokémiai jellemzői*  
(NÉMETH 1982, KISMÁNYOKY és BALÁZS 1996)

Megnevezés	Mintavételi mélység (cm)				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Humusz (%)	1,70	1,37	1,14	0,99	0,90
Összes N (%)	0,12	0,08	0,07	0,05	0,05
Összes P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	60,40	45,40	54,50	45,90	46,30
Összes K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )	406,80	414,50	386,30	350,50	313,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (AL) (mg kg <sup>-1</sup> )	22,00	10,00	5,00	3,00	2,00
K <sub>2</sub> O(AL) (mg kg <sup>-1</sup> )	135,00	117,00	75,00	38,00	29,00
pH (H <sub>2</sub> O)	7,70	7,90	8,00	8,10	8,10
pH (KCl)	7,30	7,30	7,40	7,50	7,60
hy	1,18	1,16	1,09	0,90	0,73
CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )			73,80	252,00	304,00
y <sub>1</sub>	2,20	2,10			
Leiszapolható rész (%)	32,70	37,30	41,30	36,70	40,50
θ < 0,02 mm					
Térfogat tömeg (g/cm <sup>3</sup> )	1,45	1,50	1,43	1,50	1,50

A csapadékos napok száma 161, a legnagyobb intenzitású csapadékhullás nyáron a leggyakoribb. A középhőmérséklet a januári  $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tól a júliusi  $21,5^{\circ}\text{C}$  átlagértékek között ingadozik. A fagymentes napok száma 200 körül van, az első fagy határnapja október 25, az utolsó április 10-e körüli időpontra tehető.


2. táblázat. Keszthely 50 éves átlag csapadék és hőmérsékleti adatai

Hónap	Csapadék mm	Légned- vesség (%)	Hőmérsék- let ( $^{\circ}\text{C}$ )	Köz. napi hőmérs. ing. ( $^{\circ}\text{C}$ )	Napsütéses órák száma
I	38	88	-0,8	5,5	63
II	36	85	0,9	7,1	94
III	40	76	6,2	8,7	142
IV	55	71	11,2	9,8	178
V	74	72	16,3	10,0	242
VI	74	72	19,4	10,5	260
VII	71	70	21,5	10,8	281
VIII	77	73	20,6	10,8	265
IX	64	78	16,7	10,3	189
X	63	83	11,5	8,6	129
XI	59	86	5,5	6,0	71
XII	49	90	1,2	4,9	48
<b>Összes</b>	<b>700</b>				<b>1962</b>
<b>Átlag</b>		<b>79</b>	<b>10,8</b>	<b>8,6</b>	

A vizsgálati időszak (1996-98) során az 50 évi átlaghoz viszonyítva az 1996-os és az 1998-as évek csapadékosabbak voltak, míg az 1997-es év szárazabb volt (3. táblázat).

3. táblázat. *A vizsgált időszak és az 50 évi átlag csapadék adatai (mm)*  
(Keszthely)

Hónapok	1996	1997	1998	50 évi átlag
I	44,8	22	23,5	38
II	15,4	5,7	1,5	36
III	6,6	11,5	33,8	40
IV	84	10,9	60	55
V	79,1	75	49,3	74
VI	38,2	93,7	128	74
VII	56,8	111	81	71
VIII	82,6	27,2	53,6	77
IX	171,6	21,5	157,7	64
X	43,5	9	104,7	63
XI	44,8	79,8	73,2	59
XII	59,9	68,8	34,2	49
<b>Összes</b>	<b>727,3</b>	<b>536,1</b>	<b>800,5</b>	<b>700</b>

 : a kukorica tenyészideje



Az éves átlaghőmérséklet alapján az 1996-os és az 1997-es év hűvösebb, míg az 1998-as év melegebb volt, mint az 50 évi átlag (4. táblázat).

4. táblázat. *A vizsgált időszak és az 50 évi átlag középhőmérsékleti adatai*  
( $^{\circ}C$ )  
(Keszthely)

Hónapok	1996	1997	1998	50 évi átlag
I	-3	-1,8	1,6	-0,8
II	-3,6	2,7	4,4	0,9
III	1,4	5,5	4,3	6,2
IV	10,1	7,7	11,9	11,2
V	16,4	16,6	15,3	16,3
VI	19,7	19,3	19,7	19,4
VII	18,9	19,5	21,2	21,5
VIII	19,5	19,9	20,6	20,6
IX	12,3	14,8	14,9	16,7
X	11,1	7,9	11,3	11,5
XI	7,3	5,3	3	5,5
XII	-1,5	2,3	2,8	1,2
<b>Átlag</b>	<b>9,05</b>	<b>9,97</b>	<b>10,92</b>	<b>10,8</b>

 : a kukorica tenyésztése

A kukorica vegetációs ideje alatt 1996-ban 97,5 mm-el, 1998-ban pedig 114,6 mm-el hullott több, míg 1997-ben 75,7 mm-el hullott kevesebb csapadék az 50 évi átlaghoz viszonyítva (5. táblázat).

5. táblázat. *A kukorica vegetációs idejének (május 1. - szeptember 30.)*

*csapadék és hőmérsékleti adatai*

(Keszthely)

<b>Vizsgálati évek</b>	<b>Csapadék (mm)</b>	<b>Középhőmérséklet (°C)</b>
1996	512,3	17,4
1997	339,3	18
1998	529,6	18,3
<b>50 évi átlag</b>	<b>415</b>	<b>18,9</b>

Ennek ellenére 1997 sem volt rossz évjárat a kukoricatermesztés számára, mivel a kukorica vízellátása szempontjából kritikus időszak során májusban, júniusban és júliusban bőséges - az 50 évi átlagértékeket különösen júliusban meghaladó - volt a lehullott csapadék mennyisége. Ugyancsak az 50 évi átlaghoz viszonyítva a kukorica tenyészideje mindhárom vizsgálati évben hűvösebb volt. Különösen hűvös volt 1997-ben az április - az 50 éves átlaghoz viszonyítva  $-3,5\text{ °C}$  -, de a májusi hőmérséklet meghaladta az átlagot, így az április kedvezőtlen hatását mérsékelte.

## 4.2. A kísérletek bemutatása

### 4.2.1. Vetésforgó tartamkísérlet

A vetésforgós tartamkísérletet 1963-ban Kemenesy Ernő állította be, jelenleg Kismányoky Tamás irányítja. A kéttényezős kísérletben a tápanyagadagok ("A" tényező) - mű- és szervestrágyák - termésre és talajtermékenységre gyakorolt hatása tanulmányozható két különböző vetésforgóban ("B" tényező).

A tartamkísérlet két ötszakaszos vetésforgót foglal magában négy-négy ismétlésben, melyek közül az egyik évelő pillangóst tartalmaz (lucerna), a másik pedig egyéves növényekből áll. A vetésforgók növényösszetétele a következő:

<i>I. vetésforgó:</i>	<i>II. vetésforgó:</i>	
őszi búza	szudáni fű	
lucerna	őszi búza	
lucerna	zabosbükköny	
őszi búza	őszi búza	
kukorica*	kukorica*	* 1984-ig burgonya

A tápanyagellátás hatásának tanulmányozása mellett a kísérletnek tehát célja továbbá az évelő pillangósok termésre és talajtermékenységre gyakorolt hatásának vizsgálata is.

A kísérletben a forgók képezik a főparcellát véletlen blokk elrendezésben, az alparcellákat a tápanyagkezelések képezik sávos elrendezésben (1. ábra).

A parcellák bruttó alapterülete  $7,6 \text{ m} \times 17 \text{ m} = 129,2 \text{ m}^2$ .

1. ábra. A Kemenes Ernő által 1963-ban Keszthelyen beállított vetésforgó tartamkísérlet elrendezése

a <sub>4</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>
1. őszi búza			b <sub>1</sub> /r <sub>2</sub>	6. szudánifű			b <sub>2</sub> /r <sub>3</sub>	1. őszi búza			b <sub>1</sub> /r <sub>4</sub>
2. lucerna (1. év)				7. őszi búza				2. lucerna (1. év)			
3. lucerna (2. év)				8. zabosbükköny				3. lucerna (2. év)			
4. őszi búza				9. őszi búza				4. őszi búza			
5. kukorica				10. kukorica				5. kukorica			
6. szudánifű			b <sub>2</sub> /r <sub>1</sub>	1. őszi búza			b <sub>1</sub> /r <sub>3</sub>	6. szudánifű			b <sub>2</sub> /r <sub>4</sub>
7. őszi búza				2. lucerna (1. év)				7. őszi búza			
8. zabosbükköny				3. lucerna (2. év)				8. zabosbükköny			
9. őszi búza				4. őszi búza				9. őszi búza			
10. kukorica				5. kukorica				10. kukorica			
1. őszi búza			b <sub>1</sub> /r <sub>1</sub>	6. szudánifű			b <sub>2</sub> /r <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> -a <sub>4</sub> : tápanyagadagok			
2. lucerna (1. év)				7. őszi búza				b <sub>1</sub> -b <sub>2</sub> : vetésforgók			
3. lucerna (2. év)				8. zabosbükköny				r <sub>1</sub> -r <sub>4</sub> : ismétlések			
4. őszi búza				9. őszi búza				1-10: jelzőnövények			
5. kukorica				10. kukorica				számozása			

A tápanyagadagok négy különböző tápanyag ellátási szintet reprezentálnak, melyek évről-évre az éppen sorra kerülő növénytől függően változnak, de egy teljes rotáció során (öt év alatt) a két

vetésforgó azonos kezeléseiben kijuttatott tápanyagadagok megegyeznek egymással (6. a. és b. táblázat). Az  $a_4$  kezelésben külön tanulmányozható az  $a_3$  kezelésben kijuttatott műtrágyaadagon felül adott istállótrágya hatása. Az istállótrágyát mindkét forgóban ötévente a kukorica előtt egy adagban juttatják ki. 1984 előtt a kukorica szakaszok helyett burgonya szerepelt a vetésforgókban, ami a kukoricáéval megegyező tápanyagkezelésekben részesült.

6. a. táblázat. *A Kemenesy Ernő által 1963-ban Keszthelyen beállított vetésforgó tartamkísérlet I. vetésforgójának (b<sub>1</sub>) tápanyagkezelései*

A jelzőnövény		Alpar- cella	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	összes
megnevezése	száma					
őszi búza	1	a <sub>1</sub>	0	0	0	0
		a <sub>2</sub>	50	20	20	90
		a <sub>3</sub>	120	120	100	340
		a <sub>4</sub>	120	120	100	340
lucerna (1 éves)	2	a <sub>1</sub>	0	0	0	0
		a <sub>2</sub>	0	60	80	140
		a <sub>3</sub>	100	300	300	700
		a <sub>4</sub>	100	300	300	700
lucerna (2 éves)	3	a <sub>1</sub>	0	0	0	0
		a <sub>2</sub>	0	0	0	0
		a <sub>3</sub>	0	0	0	0
		a <sub>4</sub>	0	0	0	0
őszi búza	4	a <sub>1</sub>	0	0	0	0
		a <sub>2</sub>	60	30	30	120
		a <sub>3</sub>	120	150	130	400
		a <sub>4</sub>	120	150	130	400
kukorica	5	a <sub>1</sub>	0	0	0	0
		a <sub>2</sub>	50	50	70	170
		a <sub>3</sub>	140	210	290	640
		a <sub>4</sub> =a <sub>3</sub> +35 t/ha #	140	210	290	640

#: istállótrágya



6. b. táblázat. *A Kemenesy Ernő által 1963-ban Keszthelyen beállított vetésforgó tartamkísérlet II. vetésforgójának (b<sub>2</sub>) tápanyagkezelései*

A jelzőnövény megnevezése száma		Alpar- cella	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	összes
			kg/ha/év műtrágya hatóanyag			
szudánifű	6	a <sub>1</sub>	0	0	0	0
		a <sub>2</sub>	40	20	40	100
		a <sub>3</sub>	100	140	140	380
		a <sub>4</sub>	100	140	140	380
őszi búza	7	a <sub>1</sub>	0	0	0	0
		a <sub>2</sub>	40	30	40	110
		a <sub>3</sub>	100	130	130	360
		a <sub>4</sub>	100	130	130	360
zabos- bükköny	8	a <sub>1</sub>	0	0	0	0
		a <sub>2</sub>	30	30	30	90
		a <sub>3</sub>	60	170	130	360
		a <sub>4</sub>	60	170	130	360
őszi búza	9	a <sub>1</sub>	0	0	0	0
		a <sub>2</sub>	20	30	30	80
		a <sub>3</sub>	80	130	130	340
		a <sub>4</sub>	80	130	130	340
kukorica	10	a <sub>1</sub>	0	0	0	0
		a <sub>2</sub>	30	50	60	140
		a <sub>3</sub>	140	210	290	640
		a <sub>4</sub> =a <sub>3</sub> +35 t/ha #	140	210	290	640

#: istállótrágya



#### 4.2.2. Kukorica monokultúra tartamkísérlet

A kukorica monokultúra tartamkísérletet 1969-ben Kovács András állította be, jelenleg Kismányoky Tamás irányítja.

A kísérlet kéttényezős, osztott parcellás elrendezésű kísérlet négy ismétléssel (2. ábra). A szántóföldi kísérletben az ekvidisztánsan növekvő műtrágyaadagok ("A" tényező), valamint a N műtrágya kijuttatás időpontjának ("B" tényező) termésre és talajtermékenységre gyakorolt hatása tanulmányozható. A kísérlet kezeléseit a 7. táblázat mutatja be.

A kísérletben alkalmazott kezelések a trágyázatlan kontrolltól egészen a provokatívnak nevezhető hektáronkénti 900 kg vegyeshatóanyag-adagot meghaladó tápanyagellátási színvonal-skálát ölelnek fel. A későbbiekben a kísérletben alkalmazott műtrágyakezelésekre történő hivatkozásoknál néhány esetben a 7. táblázatban feltüntetett tizedkilogramm pontossággal megadott vegyeshatóanyag-adagok által reprezentált tápanyagellátási színvonalat - a táblázatban feltüntetett értékeknél - egyszerűbben szemléltető jelöléseket használok. Így a kísérlet a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> és a<sub>4</sub> kezeléseiben kijuttatott 0, 321,9 625,8 valamint 938,4 kg hektáronkénti vegyes műtrágyahatóanyagok által képviselt tápanyagellátási színvonalakra az előzőek sorrendjében NPK0, NPK300, NPK600 és NPK900 jelölésekkel hivatkozom.

2. ábra. A Kováts András által 1969-ben Keszthelyen beállított kukorica monokultúra tartamkísérlet elrendezése

r <sub>4</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>
b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>

r<sub>1</sub>-r<sub>4</sub>: ismétlések

"A"-tényező: az alkalmazott műtrágya mennyiség (a<sub>1</sub>-a<sub>4</sub> -lásd: 7. táblázat)

"B"-tényező: a N-trágyázás időpontja

b<sub>1</sub>: tavasszal egy adagban

b<sub>2</sub>: ősszel egy adagban

b<sub>3</sub>: tavasszal két adagban

A parcellák alapterülete: "A" parcella: 18,0 m x 14,3 m = 266,4 m<sup>2</sup>

"B" parcella: 14,8 m x 6,0 m = 88,8 m<sup>2</sup>

7. táblázat. A Kováts András által 1969-ben Keszthelyen beállított  
 kukorica monokultúra tartamkísérlet kezelései  
 (műtrágya hatóanyag kg/ha)

Kezelés	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	összes
	Ősz	tavaszi <sub>1</sub>	tavaszi <sub>2</sub>			
b <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	-
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
b <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-
b <sub>1</sub>	-	104,3	-	104,3	104,3	321,9
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	104,3	-	-	104,3	104,3	"
b <sub>3</sub>	-	69,5	34,8	104,3	104,3	"
b <sub>1</sub>	-	208,6	-	208,6	208,6	625,8
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	208,6	-	-	208,6	208,6	"
b <sub>3</sub>	-	139,0	69,6	208,6	208,6	"
b <sub>1</sub>	-	312,8	-	312,8	312,8	938,4
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	312,8	-	-	312,8	312,8	"
b <sub>3</sub>	-	208,6	104,2	312,8	312,8	"

### 4.2.3. A kísérletekben felhasznált anyagok, alkalmazott technológiák

A kísérletek műtrágyakezeléseiben az előírt műtrágya hatóanyag adagok kijuttatásához egységesen a következő műtrágyákat használtuk:

- nitrogén: pétisó (28% N)
- foszfor: szuperfoszfát (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)
- kálium: kálisó (60 % K<sub>2</sub>O)

A kukorica termesztése során a P és a K tápanyagok kezelésenként előírt teljes mennyiségét ősssel az alapművelés előtt szórják ki a területre. A vetésforgó kísérletben a nitrogén teljes mennyiségét tavasszal, a vetőágykészítés során juttatják a talajba. A monokultúra kísérletben az egyes kezelésekben előírt különböző időpontokban juttatják ki a N-t, így a b<sub>1</sub> kezelésben tavasszal egy adagban vetőágykészítés előtt, a b<sub>2</sub> kezelésben ősssel egy adagban az alapművelés előtt, a b<sub>3</sub> kezelésben pedig tavasszal két adagban megosztva: vetőágykészítés előtt, illetve május végén-június elején amikor a növényállomány az 50 cm-es magasságot elérte.

A vetésforgó kísérlet a<sub>4</sub> kezelésében az istállótrágyát öt évente a kukorica előtti őszi alapművelést megelőzően juttatják ki a területre.

Mindkét kísérlet esetében a kukorica hagyományos - őszi szántásos - alapművelésben részesül. Az őszi szántást tavasszal szükség szerinti művelőeszközzel (simító, tárcsa, kultivátor) elmunkálják, majd kombinátorral vetőágyat készítenek. A vetést az időjárási körülményektől függően április utolsó dekádjában végzik el. A kísérletekben a

Magyarországon legelterjedtebb kukoricahibrideket termesztik. A vizsgálati időszakban a termesztett hibrid a Clarica (FAO 310) volt. A vetés után a betakarításig az egyetlen gépi munka a preemergens gyomirtás. A gépi betakarítás után a lezúzott kukorica szármadarványt lehordják a területről.

A vetésforgó kísérletben mindkét vetésforgóban kétszer szerepel őszi búza szakasz. A lucernás vetésforgóban az 1-es számozással ellátott őszi búza szakasz előveteménye kukorica, a 4-es sorszámmal ellátott őszi búza szakaszé lucerna volt. A lucerna nélküli vetésforgóban pedig a 7-es számozással ellátott őszi búza szakasz előveteménye szudánifű, a 9-es sorszámmal ellátott őszi búza szakaszé zabosbükköny volt. A vizsgálati időszakban az MV-21 jelű őszi búza fajtát termesztették a kísérletben. Az őszi búza parcellákon a tápanyagkezelések egyes változataiban kijuttatandó műtrágya teljes mennyiségét - egy adagban - az őszi alpművelést megelőzően szórják ki.

Annak ellenére, hogy a négy őszi búza szakasz négy különböző előveteménnyel rendelkezik, mindegyik szakasz forgatásos alpművelésben részesül. A szükség szerinti szántáselmunkálás (gyűrűshenger, tárcsa) után kombinátorral készítenek vetőágyat, majd mind a négy szakaszon egy időpontban vetik el az őszi búzát október második felében. A vetést követően tavasszal a gyomirtás az egyetlen agrotechnikai művelet, ami után a júliusi betakarítás következik. A gépi betakarítás után tarlóhántás előtt, a talaj felszínén maradt búza szalmát lehordják a területről.

### **4.3. A vizsgálatok során alkalmazott módszerek**

#### **4.3.1. A talaj kémiai vizsgálata során alkalmazott módszerek**

A talaj kémiai vizsgálata során a tanszéki laboratóriumban a szervesanyag-tartalmat, összesnitrogén-tartalmat, felvehető foszfor- és káliumtartalmat, valamint a kémhatást elemeztük. A vizsgálathoz 1996 őszén közvetlenül betakarítás előtt a kukorica parcellák talajából 0-30 cm mélységből kézi talajfúróval vettem mintát.

##### **4.3.1.1. A talaj összes nitrogéntartalmának meghatározása**

A vizsgálatot a Tyurin-féle módszerrel végeztük, krómsavval roncsolva el a talaj szervesanyag-tartalmát, majd a semlegesített oldat ammónia-tartalmának meghatározásához vízgőzdesztillációt alkalmaztunk (BALLENEGGER és DI GLÉRIA 1962).

##### **4.3.1.2. A talaj szervesanyag (humusz) -tartalmának meghatározása**

A talaj összes szervesanyag (humusz) -tartalmának vizsgálata szintén Tyurin szerint történt (a talaj szervesanyag-tartalmának káliumbikromátos oxidációja kénsavas közegben), melynek során a szerveskötésű széntartalmat mérjük. Ebből 1,724-es faktorról való szorzással számítottuk ki a humusztartalmat.

#### **4.3.1.3. A talaj C/N arányának kiszámítása**

A 4.3.1.1. és a 4.3.1.2. szerint mért és azonos mértékegységben (g/kg) kifejezett szén- és nitrogéntartalmak hányadosaként számoltuk ki a talajminták C/N arányát.

#### **4.3.1.4. A talaj könnyen oldható foszfor- és káliumtartalmának meghatározása**

Az AL-módszert (0,1 N ammónium-acetát + 0,4 N ecetsav, pH = 3,7, talaj/oldószer arány = 1:20, rázatási idő: 2 óra) alkalmaztuk (EGNER et al. 1960) a talaj könnyen oldható P- és K-tartalmának meghatározásához. A fenti talajkivonatból a P-tartalmat spektrofotometriásan, a K-tartalmat pedig lángfotometriásan mértük.

#### **4.3.1.5. A talaj pH-jának meghatározása**

A talajminták pH-értékeinek meghatározása (vizes és 1 N KCl-os, talaj/oldószerarány = 2,5) potenciometriásan történt.

#### **4.3.2. A talaj biológiai aktivitásának vizsgálata**

A talaj biológiai aktivitását a kukorica monokultúra kísérletben és a vetésfogó kísérlet kukorica szakaszaiban 1996-, 1997-, és 1998-ban az Unger-féle cellulózteszt módszerrel vizsgáltuk (SZEGI 1979/b). A módszer lényege, hogy a talajba helyezett szervesanyag (cellulóz)

lebontásának mértékéből következtetni lehet a talaj biológiai aktivitására.

Nylon hálóból varrt 8×16 cm-es zacskókba 5 g súlyállandóságig szárított gyapotvattát helyeztünk. Az így elkészített tesztzacskókat május elején - amikor a kukorica már sorolt - 10-15 cm mélyen ásó segítségével helyeztük a talajba. A talajba helyezés során a zacskók fölött képződött laza talajkupacot taposással visszatömörítettük, megakadályozva ezzel azt, hogy a zacskók közvetlen közelében nagy légüregek maradhassanak, mivel az egymástól eltérő aerob körülmények befolyásolták volna a vizsgálat eredményét. A zacskók helyét pálcikákkal megjelöltük. A tesztzacskókat október elején szedtük fel, így azok öt hónapon keresztül voltak a talajban.

Minden parcellába 2-2 db tesztzacskót raktunk le a kukorica sorközeibe. Mivel mindkét kísérletben a két-két tényező kombinációi négy-négy ismétlésben szerepelnek, a parcellánkénti 2 db tesztzacskó 8 ismétlést eredményez. Meg kell jegyezni, hogy az eredmények értékelése során nagy volt az adatok szórása, így a nyolc ismétlés ebben az esetben nem jelent nagy ismétlésszámot.

#### **4.3.3. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálata**

##### **4.3.3.1. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálata száraz szitalással**

A talaj agronómiai szerkezetét a kukorica monokultúra és a vetésforgó kísérlet kukorica szakaszaiban 1997-ben a Fejér Megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás Talajvédelmi Laboratóriumában Velencén, míg a vetésforgó kísérlet őszi búza



szakaszaiban 1993-ban a Vas Megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás Talajvédelmi Laboratóriumában Tanakajdon száraz szitálással határoztattuk meg.

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

A vizsgálathoz a talajmintákat a kukorica monokultúra kísérlet és a vetésforgó kísérlet kukorica szakaszainak talajából 1997 októberében a kukorica betakarítása előtt, míg a vetésforgó őszi búza szakaszainak talajából 1993 májusának végén vettem 0-30 cm-es mélységből.

#### **4.3.3.2. A talajmorzsák vízállóságának meghatározása nedves szitálással**

A talajmorzsák vízállóságán adott időtartamú és intenzitású vizes kezelés hatásának kitett talajmorzsák stabilitását értjük.

A vizsgálat csak morzsás szerkezettel rendelkező talajokból végezhető el. A módszer nehéz mechanikai összetételű és szikes talajok

vizsgálatára nem használható. Ezeknél a talajoknál ugyanis a vizes szitálás a talaj álaggregátumainak felaprózására nem alkalmas, jóllehet azok agronómiai szempontból kedvezőtlen szerkezeti elemek.

A módszer lényege, hogy a vizsgálandó talajmintát vízben áztatjuk, majd víz alatt végzett szitálással meghatározzuk a vízálló morzsák mennyiségét. A meghatározás Kazó módszerével történt (HEGEDÜS 1980). A Kazó-féle morzsavízállóság mérő berendezés sorozatvizsgálatokban előnyösen alkalmazható, a megfelelő öblítésszám és rázatás intenzitás beállítása ellenőrizhető.

Az eljárás során a talajminta 3-5 mm-es frakciójából meghatározott mennyiséget víz alatt 2, 1, valamint 0,5 és 0,25 mm-es lyukbőségű szitán meghatározott számú öblítés mellett átszitáljuk. A szitákon fennmaradt frakciókat megszáritjuk és mennyiségüket a bemért légszáraz talajmorzsa tömegének százalékában fejezzük ki. Az egyes rostákon fennmaradt frakciók százalékos arányait összeadva megkapjuk az összes (0,25 mm-nél nagyobb) vízálló morzsa mennyiségét.

A talajmorzsák vízállóságának meghatározását 1997-ben az agronómiai szerkezet meghatározásával együtt - és az ahhoz vett talajmintákból - végeztettük a Fejér Megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás Talajvédelmi Laboratóriumában Velencén. A vizsgálatot a kukorica monokultúra és a vetésforgó kísérlet kukorica szakaszaiban végeztük el.

#### 4.4. Az adatok biometriai elemzése

A kísérleti eredmények statisztikai értékelését kéttényezős varianciaanalízissel végeztük (SVÁB 1973). A varianciaanalízisek variancia- illetve eredménytáblázatait a Mellékletek fejezetben közlöm.

A vetésforgó kísérletben az "A" tényező a tápanyagadagok, a "B" tényező pedig a vetésforgók típusai. A vetésforgó kísérlet "A" és "B" tényezőinek változatait ( $a_1$ - $a_4$ , ill.  $b_1$ - $b_2$ ) a 4.2.1. fejezet részletezi.

Az őszi búza szemtermésének négy különböző elővetemény szerinti értékelése során a "B" tényező a különböző előveteményeket jelenti. A "B" tényező a különböző változatai ebben az esetben a következők:

- $b_1$ : őszi búza *kukorica* elővetemény után
- $b_2$ : őszi búza *lucerna* elővetemény után
- $b_3$ : őszi búza *szudánifű* elővetemény után
- $b_4$ : őszi búza *zabosbükköny* elővetemény után.

A kukorica monokultúra kísérletben az "A" tényező a műtrágyaadagok, a "B" tényező pedig a N kijuttatásának időpontja. A kísérlet "A" és "B" tényezőinek változatait ( $a_1$ - $a_4$ , ill.  $b_1$ - $b_2$ - $b_3$ ) a 4.2.2. fejezet részletezi.

## 5. Eredmények

### 5.1. Terméseredmények

#### *Kukorica szemtermés eredmények*

A tápanyagadagok növekedésével szignifikánsan növekedtek a szemtermés eredmények a kukorica monokultúrában és a vetésforgókban egyaránt. A trágyázatlan kontroll kezelésben, ahol a monokultúra és a vetésforgók tartamhatása önmagában érvényesül, átlagosan közel 1 t-val haladta meg a kukorica vetésforgókban mért hektáronkénti szemtermés eredménye a monokultúrában regisztráltakat (3. ábra). Ez a különbség tovább növekedett a tápanyagadagok növekedésével (8. táblázat), ami rámutat a tápanyagok vetésforgókban megfigyelt jóval hatékonyabb érvényesülésére.

8. táblázat. *A vetésforgókban és a monokultúrában különböző tápanyagellátási szinteken mért átlagos kukorica szemtermések és különbségeik (t/ha)*

	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>2</sub></b>	<b>a<sub>3</sub></b>	<b>a<sub>4</sub></b>	
<i>Vetésforgók</i>	3,65	6,24	8,24	8,88	SzD <sub>5%</sub> =0,32
<i>Monokultúra</i>	2,75	4,80	5,04	5,05	SzD <sub>5%</sub> =0,53
<b><i>Különbség</i></b>	<b>0,90</b>	<b>1,44</b>	<b>3,20</b>	<b>3,83</b>	



Több szerző (PETERSON és VARVEL 1989, LŐRINCZ ET AL. 1981) szintén hasonló eredményre jutott kísérleteik alapján, míg mások kukorica monokultúrában a tápanyagok hatékonyabb érvényesülését figyelték meg vetésforgóhoz viszonyítva (RUZSÁNYI 1992/B, HOLLÓ 1994/a).

RUZSÁNYI (1992/a) véleménye szerint ha nincs vízhiány, a kukorica monokultúra termése közel annyi, mint a vetésváltásban termesztetté. Nem öntözött termesztésben azonban a csapadéktól függően 3 - 5 t/ha-ral kevesebb a termés.

Nem szabad figyelmen kívül hagyni továbbá, hogy a kísérletben a monokultúra és a vetésforgó között mért növekvő terméstöbbletet a vetésforgókban a monokultúrához viszonyítva kisebb tápanyag adaggal (a<sub>2</sub> kezelés) is sikerült elérni, ami tovább hangsúlyozza a vetésforgók jelentőségét.

A kísérletben mért terméseredmények hasonlóak a Kismányoky (1991) által megfigyeltekkel, aki leírja, hogy vetésforgóban műtrágyázással kísérleti körülmények között 8-8,5 t/ha kukoricatermés biztonsággal elérhető.

A kukorica szemtermés-átlagokat összevetve megállapítható, hogy a vetésforgóban mért termés a trágyázatlan kontroll-kezelésekben több mint 30%-kal, a legmagasabb tápanyagellátási szinteken pedig több mint 70%-al haladta meg a monokultúrában mért eredményeket, közel 4 t többlettermést eredményezve hektáronként. Tekintettel arra, hogy ez a jelentős terméstöbblet semmilyen pótlólagos ráfordítást nem igényel, mindamellettt hogy a monokultúras termesztést a jelenlegi termőterület arányok szabta kényszer és az esetleges üzemi-közgazdasági feltételek

indokolttá tehetik, a vetésforgók - de legalább az ésszerű vetésváltás - alkalmazása feltétlenül ajánlott.

Kukorica monokultúrában az évenkénti 300 kg NPK adag ( $a_2$  kezelés) a kontrollhoz viszonyítva szignifikáns szemtermés növekedést eredményezett. A tápanyagadagok további emelése viszont szignifikánsan nem növelte a termést (Melléklet 1. táblázat).

A tápanyagadagok mellett a monokultúra kísérletben tanulmányozható másik tényező, a N-kijuttatás idejének mindhárom változata között nem, de ezek közül kettő hatása között található szignifikáns különbség a tápanyagadagok átlagában. Abban az esetben, amikor a nitrogén műtrágyát tavasszal két adagban megosztva juttatták ki, szignifikánsan - hektáronként mintegy 0,5 tonnával - nagyobb volt a kukorica szemtermése az őszi egy adagban történő nitrogénműtrágya kijuttatás eredményéhez viszonyítva. A nitrogénműtrágya tavasszal egy adagban történő kijuttatásának szemtermésre gyakorolt hatása szignifikánsan nem különbözik a másik két változat eredményétől, átlagértéke azok átlagértékei közé esik. Magyarázatul vélhetően a N-kimosódása szolgál, ami a tavaszi egyadagú kijuttatás esetében még nem, de az őszi kijuttatás esetében már olyan méreteket ölthet, hogy szignifikáns terméseszkökenést eredményez. Ennek ismeretében mindenképpen a tavaszi N-kijuttatás ajánlható a kukorica tápanyagellátása során (összel csakis annyit amennyit az elővetemény gyökér és szármaradványainak lebomlásához szükséges) és a nitrogén műtrágya tavasszal több adagban történő kijuttatásának jelentőségét az általa eredményezett hektáronkénti néhány mázsás kukorica szemtermés többlet egyes esetekben gazdaságilag is igazolhatja.

A vetésforgókban, a monokultúra kísérletben megfigyelt eredményekkel szemben eltérő módon, a tápanyagadagok növekedése minden tápanyagellátási szinten szignifikánsan növelte a kukorica szemtermését (Melléklet 2. táblázat). Meg kell azonban jegyezni azt is, hogy ez a folyamatos szignifikáns termésnövekedés a monokultúra kísérletben alkalmazott kezelésekkel (NPK: 0-, 300-, 600-, 900 kg/ha) nem megegyező mennyiségű tápanyagadagok hatására következett be. A vetésforgókban minden rotáció alatt (5 év) 0-, 520-, 2080-, illetve 2552,5 kg (2080 kg + 35 t/ha istállótrágyában lévő NPK; a 35 t istállótrágya N:P:K tartalma 0,5:0,25:0,6%-al számítva: 472,5 kg;  $2080+472,5=2552,5$  kg) NPK hatóanyagot juttatnak ki az egyes kezelésekben, ami éves átlagban 0-, 104-, 416-, illetve 510,5 kg NPK adagot jelent. Ezeknek a számoknak a tükrében felvetődik az a probléma, hogy a két kísérlet közül a monokultúra kísérletben kijuttatott tápanyagadagok jóval szélesebb tápanyagellátási intervallumot képviselnek és a vetésforgó kísérletben - a kísérletben alkalmazott tápanyagkezelések szabta korlátok miatt - nincs lehetősége a kukoricának arra, hogy maximális termésszintet érjen el, így a két kísérlet terméseredményei csak fenntartásokkal hasonlíthatók össze. Ha viszont kiszámoljuk, hogy a vetésforgókban a kukorica szakasz előtt az adott évben konkrétan hány kg NPK hatóanyagot juttatnak ki ( $a_1$  kezelés: 0 kg,  $a_2$  kezelés: 170 kg,  $a_3$  kezelés: 640 kg,  $a_4$  kezelés: 640 kg + 35 t/ha istállótrágya) akkor azt az eredményt kapjuk, hogy a két kísérletben a kukorica előtt kijuttatott tápanyagadagok - különösen maximum értékeik - nagyságrendileg már jóval közelebb állnak egymáshoz. A maximális tápanyagellátási szinten 640 kg/ha NPK hatóanyagban plusz 35 t/ha istállótrágya adagban részesül a kukorica. A



MÉM NAK műtrágyázási irányelvei szerint (BUZÁS és FEKETE 1979) a közepes minőségű almostrágya tápanyagszolgáltató képességét figyelembe véve a 35 t istállótrágya az első évben 245 kg NPK hatóanyagot szolgáltat, tehát a maximális tápanyagellátási szinten  $640+245=885$  kg NPK hatóanyag ellátásban részesül a kukorica hektáronként. A 885 kg hektáronkénti NPK adag a monokultúrában kijuttatott legnagyobb tápanyag adaggal (900 kg NPK) gyakorlatilag azonos tápanyagellátási szintet reprezentál, így az ezekben a kezeléseken mért szemtermések fenntartás nélkül összehasonlíthatók. Így bizonyítottnak tekinthető, hogy vetésforgókban a kukorica monokultúrában mért eredményektől különbözően még a legmagasabb tápanyagellátási szint is szignifikáns termésnövekedést eredményezett, ismételten bizonyítva a tápanyagok monokultúrához viszonyított jobb érvényesülését.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a kukorica szemtermésére a tápanyagellátás mellett a vetésforgó összetétele is hatással volt, ami egybevág HOLLÓ (1994/a) megállapításával, melyszerint a vetésforgó típusa is befolyásolja a trágya NPK tartalmának hasznosulását a rotáción belül. A lucernás vetésforgóban mért terméseredmények a tápanyagkezelések átlagában szignifikánsan felülmúlták a lucerna nélküli vetésforgóban mért terméseredményeket. Az istállótrágya termésnövelő hatása ( $a_4$  kezelés) a lucerna nélküli vetésforgóban bizonyult jelentősebbnek.

A kapott eredmények több szerző véleményéhez hasonlóan (PETERSON és VARVEL 1989, LŐRINCZ ET AL. 1981, RAIMBAULT és VYN 1991, KRISZTIÁN és KADLICKÓ 1990, stb.)

egyértelműen a kukorica vetésforgóban történő termesztésének előnyeit igazolják, míg más szerzők (EDWARDS et al. 1988, BAIRD és ALDRICH 1961, SZÉLL és MAKHAJADA 2000) vizsgálataik alapján ezzel szemben arra a megállapításra jutottak, hogy a kukorica monokultúras termesztése során a vetésforgóhoz viszonyítva azonos, vagy nagyobb termések érhetők el. Meg kell azonban jegyezni a kísérleti körülményekkel kapcsolatban, hogy az utóbbi szerzők eredményeiket kiváló termékenyséű talajokon beállított kísérletekben kapták, ezzel is igazolva a vetésforgók gyengébb termékenyséű talajokon betöltött fokozottabb jelentőségét.

#### *Búza szemtermés eredmények*

A vetésforgóknak a kukorica esetében megfigyelt szemtermés-befolyásoló hatása nem érvényesül az őszi búza esetében (Melléklet 3. táblázat). A vizsgálatok azt mutatják, hogy az őszi búza szemtermésére a közvetlen elővetemény jóval nagyobb hatást gyakorol mint a vetésforgó növényösszetétele (Melléklet 4. táblázat). A két vetésforgóban különböző elővetemények után következő két-két őszi búza szakasz (búza-lucerna-lucerna-búza-kukorica, illetve szudánifű-búza-zabosbükköny-búza-kukorica) közül a legmagasabb és a legalacsonyabb termésszintek egyaránt a lucerna nélküli vetésforgóban születtek (9. táblázat).

Az őszi búza szemtermése zabosbükköny után volt a legnagyobb, ami vélhetően nem kizárólag a zabosbükköny N fixációjának köszönhető kedvező tápanyaghatással magyarázható csupán, hanem feltehetően más agrotechnikai tényezők előnyös hatása is szerepet játszott (talaj

víz tartalma, talaj kultúr állapota, talajművelésre rendelkezésre álló idő, stb.) a nagyobb termések kialakításában.

9. táblázat. *A vetésforgók őszi búza szakaszainak szemtermés eredményei különböző elővetemények után a tápanyagellátás átlagában*

Vetésforgók	Elővetemények	Szemtermés (t/ha)	Átlag (t/ha)
lucernás	kukorica	3,91	
vetésforgó	lucerna	3,87	3,89
lucerna nélküli	szudánifű	3,05	
vetésforgó	zabosbükköny	4,7	3,87
	<b>SzD<sub>5%</sub></b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>

A tápanyagellátás színvonalának növekedésére a kísérletben vizsgált szinteken természetesen az őszi búza szemtermése is növekedéssel reagált. A trágyázatlan kontroll kezelés eredményéhez viszonyítva a kisadagú műtrágyakezelés (a<sub>2</sub> kezelés) szignifikáns termésnövekedést eredményezett az elővetemény-hatások átlagában (4. ábra). A tápanyagadagok további növelése a lucerna-, a szudánifű- és a zabosbükköny elővetemények után kismértékben tovább növelte-, a kukorica elővetemény után kismértékben csökkentette az őszi búza szemtermését, de ez a növekedés és csökkenés már nem volt szignifikáns.

A különböző elővetemények után következő őszi búza szakaszokban mért szemtermés eredményeket vizsgálva - KISMÁNYOKY (1988) és BARABÁS (1987) megfigyelésével megegyezően - megállapítható, hogy a növekvő színvonalú

tápanyagellátás befolyásolta az elővetemények hatását.



RUZSÁNYI (1992/b) véleménye szerint a jó elővetemény kedvező hatása csak trágyázás nélkül, vagy kis trágyaadagok alkalmazása mellett érvényesül. A kísérletben az őszi búza legjobb előveteményének a zabosbükköny, míg a legrosszabb előveteménynek a szudánifű bizonyult. A zabosbükköny kedvező elővetemény hatása minden tápanyagellátási szinten fölülmúlta a másik három növény elővetemény hatását. A trágyázatlan kontroll kezelésben ( $a_1$  kezelés), ahol az elővetemények hatása önmagában érvényesül, a szudánifű másik három növényhez viszonyított jelentősen rosszabb elővetemény hatása a tápanyagellátás színvonalának növekedésével fokozatosan csökken, és a legnagyobb tápanyagadagok hatására - különösen a kukorica és lucerna elővetemények hatásához viszonyítva - már nem is kimutatható. Trágyázás hatására a kísérletben tehát csökkent az egyes kedvezőtlen őszi búza elővetemények szemtermésre gyakorolt negatív hatása, de a legjobb elővetemények után képződött termésszint még magas tápanyagellátási színvonalon is jelentősen felülmúlta a kevésbé jó elővetemények után betakarítható termés mennyiségét. A legnagyobb termésszintek tehát, ahogy azt már KÖNNECKE (1969) is megállapította, csupán a tápanyagadagok növelésével - az elővetemények plusz anyagi ráfordításba nem kerülő kedvező hatásának kihasználása nélkül - nem érhetőek el, ezért a vetésforgók és az ésszerű vetésváltás a jövőben is nélkülözhetetlen eleme kell hogy legyen nem csak a "low input", hanem az intenzív mezőgazdasági termelésnek egyaránt.

A terméseredményekkel kapcsolatos főbb megállapításokat az alábbiakban foglalom össze:

- Az adott termőhelyi körülmények között a kukorica termesztése szempontjából kedvező évjáratokban a vetésforgóban termesztett kukorica szemtermése még magas tápanyagellátási színvonalon is jelentősen meghaladta a monokultúrában termesztett kukorica szemtermését.

- A tápanyagellátási színvonal emelkedésével a monokultúrához viszonyítva vetésforgóban nagyobb mértékben nőtt a kukorica szemtermése, ami azt bizonyítja, hogy az adott termőhelyi körülmények között a vetésforgókban hatékonyabban érvényesültek a kijuttatott tápanyagok.

- Monokultúrában az évenkénti 300 kg/ha NPK hatóanyagadagot meghaladó tápanyagellátási szintek nem növelték tovább a kukorica szemtermését, míg vetésforgóban még a 885 kg/ha NPK hatóanyag adag is szignifikánsan növelte a kukorica szemtermését a kísérletben alkalmazott kisebb tápanyagadagok hatásához viszonyítva.

- A N-műtrágya tavasszal két külön adagban és két különböző időpontban történő kijuttatása monokultúrában szignifikánsan, mintegy 0,5 t/ha-al növelte a kukorica szemtermését a N ősszel egy adagban történő kijuttatásának hatásához viszonyítva.

- A lucernás vetésforgóban a kukorica szemtermése szignifikánsan meghaladta a lucerna nélküli vetésforgóban képződött termésmennyiséget.
  
- Az istállótrágya kukorica szemtermésére gyakorolt növelő hatása a vetésforgók változatai közül, lucerna nélküli vetésforgóban bizonyult jelentősebbnek.
  
- Az őszi búza szemtermésére a közvetlen elővetemény gyakorolt jelentős hatást, míg a vetésforgó összetételének hatása - a kukoricától eltérő módon - nem volt szignifikáns.
  
- A legnagyobb és a legkisebb őszi búza termések egyaránt a lucerna nélküli vetésforgóban képződtek. Az őszi búza legjobb előveteményének a zabosbükköny, legrosszabb előveteményének a szudánifű bizonyult.
  
- Az őszi búza szemtermése a tápanyagellátás hatására a kontrollhoz viszonyítva az 520 kg/ha/5 év NPK hatóanyag-ellátási szinten szignifikánsan nagyobb volt. A tápanyagadagok további növekedése nem növelte tovább az őszi búza szemtermését vetésforgóban.
  
- Növekvő tápanyagellátás hatására csökken az egyes kedvezőtlen őszi búza elővetemények szemtermésre gyakorolt negatív hatása, de a legjobb elővetemények kedvező hatása még magas tápanyagellátási színvonalon is kimutatható.



## 5.2. A talaj kémiai vizsgálatának eredményei

### 5.2.1. A talaj pH-vizsgálatának eredményei

A kísérletek talajainak kémhatását kálium-klorid oldatban és vízben egyaránt vizsgáltuk. A kétféle vizsgálati módszer eredményei a különböző kezelésekben azonos tendenciát mutatva változnak (5. és 6. ábra), viszont a szignifikáns különbségek terén nem minden esetben vonhatók le azonos következtetések.

BUZÁS (1988) megállapítása szerint a KCl-os pH mérés előnye a vizes pH méréssel szemben, hogy a KCl oldatos szuszpenzióban mért értékek állandóbbak, jobban reprodukálhatók és hozzáteszi, hogy általában 0,5 pH értékkel kisebb az így mért pH. A vizsgálatok során több szignifikáns eredményt a KCl-os módszer szolgáltatott és a főátlagok között a vetésforgó kísérletben 0,29 pH értékkel, míg a kukorica monokultúra kísérletben 0,28 pH értékkel volt kisebb a KCl-os pH a vizes pH-hoz viszonyítva.

A vetésforgó változatai között a lucernás vetésforgóban KCl-os szuszpenzióban mérve a tápanyagkezelések átlagában szignifikánsan magasabb a talaj pH-ja (Melléklet 5. táblázat). Vízben mérve is hasonló, de nem szignifikáns különbség regisztrálható (Melléklet 6. táblázat).

A tápanyagkezelések sem a vetésforgók átlagában, sem pedig a vetésforgók egyes változataiban nem eredményeztek szignifikáns pH változást egyik vizsgálati módszer esetében sem.





Egyes szerzők véleménye szerint a rendszeres műtrágyázás - elsősorban a N műtrágyák (KÁTAI 1999) - a talaj savanyodásához vezet (KOVÁTS és ANTAL 1994, DEBRECZENI 1994/b). BLASKÓ et al. (1998) az OMTK kísérlethálózat adatai alapján megállapítja, hogy a műtrágyázás talajsavanyító hatása talajtípusonként jelentősen eltérhet. A savanyító hatás különösen a kolloidban szegény kis pufferkapacitású talajonkon érvényesül (LOCH és NOSTICZIUS 1983).

Kukorica monokultúrában a nitrogén kijuttatásának változatai nem befolyásolják szignifikánsan sem a KCl-os, sem a vizes pH értékeket. A kijuttatott legnagyobb műtrágyaadag (900 kg NPK/év) hatására viszont szignifikánsan csökkent a talaj pH-ja. A trágyázatlan kontroll, az NPK 300 és az NPK 600-as kezelések ( $a_1$ ,  $a_2$  és  $a_3$  kezelések) eredményei szignifikánsan nem különböznek egymástól. A KCl-os szuszpenzióban mért pH értékek az NPK 900-as kezelésben szignifikánsan alacsonyabbak a trágyázatlan kontroll és az NPK 600-as kezelés eredményeihez viszonyítva (Melléklet 7. táblázat). Vizes szuszpenzióban mérve az NPK 900-as kezelés az NPK 600-as kezeléshez viszonyítva csökkentette szignifikánsan a talaj pH-ját (Melléklet 8. táblázat).

Az eredményekből megállapítható tehát, hogy a lucerna - a lucernát nem tartalmazó vetésforgóhoz és a kukorica monokultúrához viszonyítva - a keszthelyi Ramann-féle barna erdőtalajon pozitív irányban befolyásolja a talaj pH-ját. A lucernának ez a hatása feltételezhetően annak köszönhető, hogy - mészigényes növény lévén - rendkívül mélyre hatoló gyökérzetén keresztül az alsóbb talajrétegekből jelentős mennyiségű kalciumot szállít a felszínen- és a felszín közelében található

növényi részekbe, így a talaj felső termőrétegében a növényi maradványok bomlása során felszabaduló kalcium a talaj pH-jának emelése irányába hat.

Az eredményeket összevetve a talajvizsgálati adatokkal (1. táblázat), magyarázatot adnak a kapott értékek vonatkozásában. A talaj  $\text{CaCO}_3$ -ot 0-40 cm mélységig kimutatható mennyiségben nem tartalmaz, de 40 cm-nél mélyebb rétegben jelentős mennyiségben található és az ebből adódó nagy pufferkapacitásnak köszönhetően még a nagy műtrágyaadagok (300-600 kg NPK/ha) sem idéznek elő talajsavanyodást. Talajsavanyodáshoz egyedül a provokatív mennyiségűnek tekinthető 900 kg NPK/ha műtrágyahatóanyag adag kijuttatás vezetett, ami a hazai szántóföldi növénytermesztésben nem jellemző gyakorlat. Következésképpen a keszthelyi termőhelyen a gyakorlatban kijuttatott műtrágyaadagok - a több évtizedes tartamhatás alapján - nem savanyítják a talajt. A kapott eredmény összhangban van NÉMETH és KÁDÁR (1999) kísérleti eredményeik alapján tett megállapításával, melyszerint a termesztett növények igényéhez igazodó, a környezeti feltételeknek és a termőhely adottságainak megfelelő tápanyagellátás nem terheli az elviselhetőnél nagyobb mértékben a környezetet, mert így a túltrágyázás elkerülhető.

A talaj pH-vizsgálatával kapcsolatos főbb megállapításokat az alábbiakban foglalom össze:

- A talaj pH vizsgálata során a KCl-os módszer átlagosan 0,28 - 0,29-al adott kisebb értékeket a vizes pH értékekhez viszonyítva.

- A KCl-os és a vizes szuszpenzióban mért pH értékek a kísérletekben alkalmazott kezelések hatására azonos tendenciák szerint változnak, de a KCl-os módszerrel az egyes kezelések hatása között jelentősebb különbségek mutathatók ki, mint a vizes módszer alkalmazása során.
- A vetésforgó változatai között a lucernás vetésforgóban a tápanyagkezelések átlagában a talaj KCl-os pH-ja szignifikánsan magasabb volt, mint a lucerna nélküli vetésforgóban.
- Vetésforgóban a kísérletben alkalmazott tápanyagkezelések hatására sem a KCl-os, sem pedig a vizes módszerrel nem volt kimutatható szignifikáns változás a talaj pH-jában.
- Kukorica monokultúrában a N-kijuttatásának időpontja nem befolyásolta szignifikánsan a talaj pH-ját.
- Talajsavanyodáshoz a kísérleti kezelések közül egyedül a kukorica monokultúrában alkalmazott provokatív mennyiségűnek tekinthető 900 kg NPK/ha műtrágyahatóanyag adag kijuttatás vezetett. A gyakorlatban kijuttatott műtrágyaadagok által képviselt tápanyagellátási színvonalat lefedő tápanyagadagok (0-600 kg NPK/ha műtrágya hatóanyag) - több évtizedes tartamhatás alapján - Keszthelyen nem befolyásolták a talaj kémhatását.

### 5.2.2. A talaj foszfortartalmának vizsgálati eredményei

A tápanyagellátás színvonalának emelkedésével növekedett a talaj felvehető foszfortartalma (AL-oldható  $P_2O_5$ ) a vetésforgókban és a kukorica monokultúrában egyaránt (7. ábra).

A tápanyagkezelések átlagában a talaj felvehető foszfortartalmában a vetésforgók két változata között nem mérhető szignifikáns különbség (Melléklet 9. táblázat). A monokultúrában a nitrogén kijuttatásának változatai szintén nem okoztak szignifikáns különbséget (Melléklet 10. táblázat).

A trágyázatlan kontrollhoz ( $a_1$  kezelés) és az alacsony tápanyagellátási színvonal ( $a_2$  kezelés) hatásához viszonyítva vetésforgóban a nagyadagú műtrágyakezelés ( $a_3$  kezelés) szignifikáns foszfortartalom növekedést eredményezett, így a felvehető foszfortartalom igengyenge-gyenge ( $a_1$  kezelés), illetve közepes ( $a_2$  kezelés) ellátottsági szintje igen jó-túlzott ellátottsági szintre emelkedett. A tápanyagellátás további növelésével (a pluszban adott istállótrágya hatására -  $a_4$  kezelés) további szignifikáns növekedés figyelhető meg, ami más irodalmi adatokkal is összhangban áll (LÁNG 1979, NÉMETH 1985, KÁDÁR 1992, DEBRECZENI et al. 1994/a, HOLLÓ 1994/b, HARMATI 1995, BAUDER et al. 1997). A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva ( $a_1$  kezelés) a kis műtrágyaadag kezelés ( $a_2$  kezelés) átlagosan mintegy 40 mg/kg-al növelte a talaj AL- $P_2O_5$  tartalmát, de ez a növekedés nem volt szignifikáns. Feltehetően a kontrollhoz viszonyított szignifikáns termésnövekedés jelentősebb foszforfelvételével magyarázható az, hogy ebben a kezelésben nem növekedett

szignifikánsan

a

felvehető

P-tartalom.





Meg kell azonban jegyezni azt, hogy DEBRECZENI et al. (1994/a) az OMTK hálózat talajain azt tapasztalta, hogy karbonátmentes és savanyú talajokon egységnyi foszforhatóanyag kisebb mértékben növelte a talaj felvehető foszfortartalmát mint meszes talajok esetében és a talaj felvehető P-tartalmában bekövetkezett változásokat a termésekkel kivont foszfor csak kevéssé befolyásolta.

A kukorica monokultúrában a nitrogénkijuttatás változatainak átlagában minden egyes tápanyagadag szignifikáns felvehető foszfortartalom növekedést eredményezett a kisebb adagú kezelések hatásához viszonyítva.

A vetésforgók és a monokultúra eredményeit összehasonlítva megfigyelhető, hogy a trágyázatlan kontroll kezelésekben a vetésforgókban kisebb-, míg a legnagyobb tápanyagellátási szinten nagyobb a talaj felvehető foszfortartalma. A nagyadagú tápanyagkezelések hatására ( $a_4$  kezelés) a vetésforgóban mérhető nagyobb felvehető foszfortartalom, a monokultúra legnagyobb adagú tápanyagkezelésében kijuttatott foszforhatóanyag mennyiségénél ( $300 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{év}$ ) kisebb - évente átlagosan kb. annak fele - mennyiségű foszfor tápanyag ( $780 \text{ kg műtrágya P}_2\text{O}_5/5 \text{ év} + 35 \text{ t istállótrágyában lévő } 87,5 \text{ kg P}_2\text{O}_5 = 867,5 \text{ kg P}_2\text{O}_5/5\text{év}$ ) hatásának az eredménye. A tápanyagvisszapótlás során kijuttatott foszfor tápanyag így bizonyítottan jobban hasznosítható a növények számára vetésforgóban mint kukorica monokultúrában. Felvehető foszforral gyengén ellátott talajokon tehát a kukorica monokultúrában történő termesztése helyett vetésforgós gazdálkodást célszerű folytatni. Amennyiben ez mégsem megoldható, akkor is feltétlenül a termesztett növények ésszerű váltogatása tanácsolt.

A talaj foszfortartalmával kapcsolatos főbb megállapításokat az alábbiakban foglalom össze:

- Vetésforgóban a nagy P műtrágyaadagon (780 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/5 év) felül ötévente pluszban kijuttatott istállótrágya (35 t/ha) szignifikánsan tovább növelte a talaj felvehető foszfortartalmát.
- A vetésforgók típusai- és kukorica monokultúrában a N-kijuttatás időpontjának változatai nem befolyásolták a talaj felvehető foszfortartalmát.

### **5.2.3. A talaj káliumtartalmának vizsgálati eredményei**

A tápanyagellátás színvonalának emelkedésével növekedett a talaj felvehető káliumtartalma (AL-oldható K<sub>2</sub>O) a vetésforgókban és a monokultúrában egyaránt (8. ábra).

A vetésforgók növényösszetétele nem befolyásolta szignifikánsan a talaj ammóniumlaktát oldható káliumtartalmát (Melléklet 11. táblázat). A trágyázatlan kontroll- és a kisadagú műtrágyakezelésben mért eredményekhez viszonyítva (a<sub>1</sub> ill. a<sub>2</sub> kezelések) - a foszfor esetében megfigyelt tendenciákhoz hasonlóan - a vetésforgó változatainak átlagában a nagyadagú műtrágyakezelés (a<sub>3</sub> kezelés) szignifikánsan növelte a talaj felvehető káliumtartalmát, ami szignifikánsan tovább nőtt a pluszban adott - hektáronkénti 35 t - istállótrágya hatására (a<sub>4</sub> kezelés). A kontrollban mért közepes felvehető káliumellátottsági szint ennek

eredményeképpen jó-igen jó ellátottsági szintre emelkedett.



A kontroll és a kis műtrágyaadag kezelés ( $a_2$  kezelés) talajának AL- $K_2O$  tartalma között a foszfornál megfigyeltekhez hasonlóan és feltehetően hasonló okok miatt nincs szignifikáns különbség.

Kukorica monokultúrában minden egyes tápanyagadag szignifikánsan növelte a talaj felvehető káliumtartalmát (Melléklet 12. táblázat), így ebben az esetben is jelentős volt az irodalomból ismert feltöltő hatás (FÜLEKY et al. 1994, DEBRECZENI et al. 1994/b), amelyre FÜLEKY et al. (1994) szerint évi 100 és az ezt meghaladó  $K_2O/ha$  adagnál számíthatunk.

A két kísérlet átlageredményeit összevetve kitűnik, hogy a felvehető foszfortartalom eredményeinek alakulásától eltérően a monokultúrában kijuttatott nagyobb tápanyagadagok hatására a talaj felvehető káliumtartalma meghaladja a vetésforgók talajában mért eredményeket. A legnagyobb tápanyagellátási szinten ( $a_4$  kezelés) a vetésforgókhoz viszonyítva a monokultúra minden kombinációjában nagyobb a talaj regisztrált felvehető káliumtartalma. A talaj felvehető káliumtartalmának alakulása során tehát nem érvényesül olyan markánsan a vetésforgók monokultúrához viszonyított pozitív hatása mint a felvehető foszfortartalom esetében. Valószínűleg ennek az is oka lehet, hogy a talaj összes és felvehető káliumtartalma jelentősen nagyobb, mint foszfortartalma (1. táblázat).

A monokultúra kísérletben - a foszfortól szintén eltérő módon - a nitrogén kijuttatásának változatai is befolyásolták a talaj felvehető káliumtartalmát. A tápanyagkezelések átlagában az őszi egyadagú nitrogén kijuttatás hatására szignifikánsan nagyobb a talaj felvehető káliumtartalma a tavaszi kétadagú nitrogénkijuttatás hatásához

viszonyítva. A megfigyelt különbségek magyarázatául a terméseredmények alakulása szolgál. Mivel a tavaszi két adagú nitrogénkijuttatás hatására szignifikánsan nagyobb a kukorica szemtermése az őszi egyadagú N kijuttatás hatásához viszonyítva, érthető, hogy a nagyobb termés általi nagyobb mennyiségű kálium kivonás a talaj felvehető káliumtartalmának csökkenéséhez vezet, annál is inkább, mivel DEBRECZENI et al. (1994/b) megállapítása szerint a KCl-os műtrágyából származó, AL-oldattal kivonható és visszanyerhető K mindössze 6-19% között változik.

A kálium feltöltő hatásának köszönhetően a kontroll parcellák talajában mért közepes ellátottsági szint a nagy tápanyagadagok hatására (a<sub>3</sub> ill. a<sub>4</sub> kezelések) igen jó ellátottsági szintre emelkedett mind a vetésforgók, mind pedig a kukorica monokultúra esetében.

A talaj káliumtartalmával kapcsolatos főbb megállapításokat az alábbiakban foglalom össze:

- A vetésforgók növényösszetétele nem befolyásolta a talaj felvehető káliumtartalmát.
- A tápanyagellátás színvonalának emelkedésével vetésforgóban és kukorica monokultúrában egyaránt szignifikánsan növekedett a talaj felvehető káliumtartalma, de a két különböző földművelési rendszerben regisztrált eredmények alapján nem mutatható ki a vetésforgónak a káliumtrágyázás hatékonyságában betöltött - és a foszfortrágyázás esetében megfigyeltekhez hasonló mértékű - pozitív szerepe.

- Vetésforgóban a nagy K-műtrágyaadagon (820 kg K<sub>2</sub>O/5 év) felül ötévente pluszban kijuttatott istállótrágya (35 t/ha) szignifikánsan tovább növelte a talaj felvehető kálium tartalmát.
- Kukorica monokultúrában a N-kijuttatás időpontjának változatai szignifikánsan befolyásolták a talaj felvehető kálium tartalmát.

#### **5.2.4. A talaj szervesanyag (humusz) -tartalmának vizsgálati eredményei**

A tápanyagadagok növekedésével párhuzamosan növekedett a talaj szervesanyag-tartalma a kukorica monokultúrában és a vetésforgókban egyaránt (9. ábra).

A trágyázatlan kontrollkezeléshez viszonyítva monokultúrában csak a 600- illetve a 900kg NPK/ha műtrágyakezelés eredményezett szignifikáns növekedést (Melléklet 13. táblázat). Az NPK600 és NPK900 kezelések eredményei között szignifikáns különbség nem figyelhető meg, viszont mindkét kezelésben szignifikánsan nagyobb a szervesanyag-tartalom mint az NPK300 kezelésben. Kukorica monokultúrában tehát kizárólag műtrágyázással is növelhető a talaj szervesanyag-tartalma, ami vélhetően a nagyobb tápanyagadagok hatására képződött és a talajban visszamaradt nagyobb mennyiségű biomassza tömeggel (gyökér és tarlómaradványok) magyarázható.

A két különböző vetésforgóban - amellet hogy mindkét változatban növekedett a talaj szervesanyag-tartalma -, az egyes kezelések hatása némileg eltér egymástól (Melléklet 14. táblázat).





A műtrágyához pluszban adott istállótrágya humuszgyarapító hatása a lucerna nélküli vetésforgó "a<sub>4</sub>" kezelésében figyelhető meg, míg ugyanez nem érvényesül ilyen markánsan a lucernás vetésforgóban. Míg a lucerna nélküli vetésforgóban a szervesanyag-tartalom a tápanyagadagok növekedésével fokozatosan növekszik, addig a lucernát tartalmazó vetésforgóban a kisadagú műtrágyakezelés eredményezi a legjelentősebb növekedést. A tápanyagadag további növelése nem-, és a pluszban adott istállótrágya is csak kis mértékben növeli a szervesanyag-tartalmat. A lucernás vetésforgó összes szervesanyag produkciója felülmúlja a lucerna nélküli forgóét, így érthető, hogy már kisebb tápanyag adagok hatására is akkora a nagyobb mértékű szervesanyag produkció során talajban visszamaradt szervesanyag tömeg mennyisége, ami már biztosítani tudja hosszútávon az adott talajtípuson a talaj szervesanyag-tartalmának szintentartását, illetve növelését. Ezzel magyarázható az is, hogy a lucernás vetésforgóban - ami maga felér egy istállótrágyázással (VARGA 1992) - az istállótrágya hatása nem olyan jelentős mint a lucerna nélküli vetésforgóban, ami természetesen nem azt jelenti hogy ezen a tápanyag ellátási szinten a kukorica szemtermésének nagyságára gyakorolt kedvező hatása elhanyagolható lenne. A tápanyagellátás hatására bekövetkező talajszervesanyag-tartalom növekedés számos szerző véleményével összhangban áll (HAVLIN et al. 1990, CAMPBELL és ZENTNER 1993, SIPOS 1978, KEMENESY 1961, MÜLLER 1969, TISDLE és NELSON 1966, stb.), mások viszont ellentétes tendenciák megfigyeléséről számolnak be (KOVÁCS és FÜLEKI 1994).

A kukorica monokultúra kísérlet talajában megfigyelt szervesanyag-tartalom növekedés a vetésforgók talajában mért

növekedéshez viszonyítva jóval szerényebb mértékű volt és a tápanyagadagok vetésforgó kísérlethez viszonyított jóval drasztikusabb növelésének hatására következett be. Az eredményekből kitűnik, hogy a kukorica monokultúra talajának szervesanyag-tartalma mindegyik kezelésben jelentősen alulmaradt a vetésforgókhoz viszonyítva.

A kukorica monokultúra kísérletben vizsgált másik tényező - a N megosztásának - változatai között szignifikáns különbséget nem találtunk.

A vetésforgók közül a tápanyagkezelések átlagában a lucernát tartalmazó változat eredményezett szignifikánsan nagyobb szervesanyag-tartalmat (lucernás: 22,24 g/kg, lucerna nélküli: 20,29 g/kg, SZD<sub>5%</sub> átlagok között: 1,32 g/kg). Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy az a legkisebb szervesanyag-tartalom, ami mindkét vetésforgó trágyázatlan kontroll kezeléseiben (a<sub>1</sub>kezelés) mérhető (18,35 g/kg a lucerna nélküli, illetve 19,85 g/kg a lucernás forgóban) jelentősen meghaladják a kukorica monokultúrában 900 kg/ha NPK tápanyagellátási szinten (a<sub>4</sub> kezelés) mért maximális szervesanyag-tartalmat (16,3 g/kg). Az eredmények tehát több szerzővel összhangban (UHLEN 1991, COLLINS 1992, HAVLIN et al. 1990) tényszerűen alátámasztják a vetésforgók jelentős szerepét a talaj termékenységének fenntartásában, illetve növelésében. Meg kell azonban jegyezni azt, hogy a kukorica monokultúrában is fenntartható, sőt növelhető a talaj szervesanyag-tartalma kizárólag műtrágya használatával, de a vetésforgókhoz viszonyítva jóval alacsonyabb színvonalon valósítható meg, ami tükröződik a vetésforgókban és a monokultúrában mért kukorica szemtermések közötti különbségben is.

Más megközelítésben az eredményekkel kapcsolatosan

felvetődhet a kérdés, hogy vajon fogalmazhatunk-e úgy, hogy a vetésforgó hatásához viszonyítva a kukorica monokultúrában csökken a talaj szervesanyag-tartalma és a nagyadagú műtrágyázás csak a csökkenés mértékét ellensúlyozza némileg. A kérdés megválaszolásához ismerni kellene a talaj szervesanyag-tartalmát a kísérlet beállításának időpontjában. Ilyen adatok hiányában ezt a feltevést majd a sokéves adatsorok elemzésekor lehet igazolni, vagy cáfolni. Ettől függetlenül a jelenleg rendelkezésre álló adatok alapján a monokultúrával és a vetésforgóval kapcsolatosan levont következtetések hitelesen igazolják a vetésforgóknak és a tápanyagellátásnak a talaj szervesanyag-gazdálkodásában betöltött pozitív szerepét.

A talaj szervesanyag-tartalmával kapcsolatos főbb megállapításokat az alábbiakban foglalom össze:

- A kísérletekben alkalmazott kezelések hatására a tápanyagellátás színvonalának emelkedésével növekedett a talaj szervesanyag-tartalma vetésforgókban és kukorica monokultúrában egyaránt, de ez a növekedés a kukorica monokultúra talajában jóval szerényebb mértékű volt.
- A N kijuttatásának időpontja nem befolyásolta szignifikánsan a talaj szervesanyag-tartalmát kukorica monokultúrában.
- A talaj szervesanyag-tartalma kukorica monokultúrában volt a legkisebb (átlagosan 1,5%), lucernás vetésforgóban pedig a legnagyobb (átlagosan 2,2%).

### 5.2.5. A talaj összesnitrogén-tartalmának vizsgálati eredményei

A talaj összesnitrogén-tartalmának változásait vizsgálva, a szervesanyag-tartalom változásához hasonló tendenciák figyelhetők meg, ami nem meglepő hiszen a szakirodalomból ismert, hogy a talaj nitrogén tartalmának legnagyobb része - több mint 95%-a - szerves kötésben található (GYÓRI 1984, NAGY 1993, DEBRECZENI 1994/a). A statisztikailag igazolható különbségeket azonban nem minden esetben ugyanazok a tápanyagkezelések okozták, mint a szervesanyag-tartalom változása esetében.

A vetésfokok talajának a monokultúrához viszonyítva nagyobb az összesnitrogén-tartalma (10. ábra). A vetésforgók változatai közül a tápanyagkezelések átlagában a lucernát tartalmazó vetésforgóban mérhető szignifikánsan nagyobb összesnitrogén-tartalom (Melléklet 15. táblázat).

A lucernás vetésforgóban a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva a kisadagú műtrágya kezelés ( $a_2$  kezelés) szignifikánsan növelte a talaj összesnitrogén-tartalmát. A tápanyagadagok további növelésével az összesnitrogén-tartalom is tovább növekedett, de ez a további növekedés csak a legmagasabb tápanyagellátási szinten ( $a_4$  kezelés) volt szignifikáns.

A lucerna nélküli vetésforgóban a növekvő tápanyagadagok szintén növelték a talaj összesnitrogén-tartalmát. A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva a két nagyadagú tápanyag kezelés ( $a_3$  és  $a_4$  kezelések) eredményezett szignifikáns növekedést és a két kezelés eredményét összevetve megállapítható a pluszban adott istállótrágya szignifikánsan pozitív hatása is.



A vetésforgók változatai közül a lucernás vetésforgóban mérhető a legnagyobb (1,48 g/kg), míg a lucerna nélküli vetésforgóban mérhető a legkisebb (1,05 g/kg) összesnitrogén-tartalom, ami még így is meghaladja a kukorica monokultúrában mért legmagasabb értéket (1,02 g/kg).

A kukorica monokultúrában a nitrogén kijuttatás változatai a tápanyagadagok átlagában nem eredményeztek szignifikáns különbséget a talaj összesnitrogén-tartalmában (Melléklet 16. táblázat). Meg kell azonban jegyezni, hogy a mintavétel októberben, közvetlenül a kukorica betakarítása előtt történt és olyan mozgékony elem esetében mint a N a tenyészidőszak során esetleg más eredményt is kaphattunk volna. Erre az a tény is engedhet következtetni, hogy a szemtermések esetében szignifikáns különbséget regisztráltunk a nitrogén kijuttatásának változatai között. Mivel a vizsgálat célja az volt, hogy összehasonlítható átfogó képet kapjunk a vetésforgók és a kukorica monokultúra talajának tápanyag ellátottságáról, a nitrogén dinamikája külön nem képezte a vizsgálat tárgyát.

A tápanyagadagok növekedése a monokultúrában is növelte a talaj összesnitrogén-tartalmát. A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva az NPK 300 kezelés eredményezett szignifikáns növekedést. A tápanyagadagok további növelése (NPK600 ill. NPK900) nem növelte tovább szignifikánsan a talajban az összesnitrogén-tartalmat.

A talaj összesnitrogén-tartalmával kapcsolatos főbb megállapításokat az alábbiakban foglalom össze:

- A talaj összesnitrogén-tartalma lucernás vetésforgóban volt a legnagyobb (átlagosan 1,38 g/kg), míg kukorica monokultúrában a legkisebb (átlagosan 0,96 g/kg).
- Kukorica monokultúrában a N-kijuttatásának időpontja nem befolyásolta szignifikánsan a talaj összesnitrogén-tartalmát.
- A kontrollhoz viszonyítva a műtrágyázás szignifikánsan növelte a talaj összesnitrogén-tartalmát vetésforgóban és kukorica monokultúrában egyaránt.
- A nagy műtrágyaadagon felül adott istállótrágya a vetésforgók változatai közül a lucerna nélküli vetésforgóban növelte jelentősen a talaj összesnitrogén-tartalmát.

#### **5.2.6. A talaj szén-nitrogén arány vizsgálatának eredményei**

A kísérletek talajának szén-nitrogén arányai a g/kg dimenziójú szervesszén tartalom és a szintén g/kg dimenziójú összesnitrogén-tartalom hányadosaként számolható ki. A szervesszéntartalom értékek a talaj szervesanyag (humusz) -tartalmának 1,724-el történő osztásának az eredményei (HARGITAI 1988, GYŐRI et al. 1998).

A talaj szén-nitrogén arányának kiszámítására azért van szükség,



mivel az köztudottan befolyásolja a talajban lejátszódó mikrobiológiai folyamatokat (NYÉKI 1975, IBRAHIM 1976, HARGITAI 1988), így hasznos háttér információt szolgáltat a kísérletekben elvégzett Unger-féle cellulózteszt (SZEGI 1979/b) eredményeinek értékeléséhez.

HARGITAI (1988) szerint hazai talajainkban a C/N arány 11-nek vehető, de ettől némileg el is térhet és a természeti tényezők által kialakított egyensúlyi értéket mutat (HARGITAI 1983). Kísérletünkben a C/N aránya 8,13-10,19 között váltakozott.

A kukorica monokultúra kísérlet különböző kezeléseinek talajában sem az emelkedő színvonalú tápanyagellátás, sem pedig a nitrogén kijuttatásának változatai nem befolyásolják szignifikánsan a szén-nitrogén arányokat (Melléklet 17. táblázat). Szignifikáns különbségeket azért nem kapunk ennek a számított értéknek az esetében a két tényező változatai között, mivel a tápanyag adagok növekedésével egyaránt nő a talaj szervesanyag- és összesnitrogén-tartalma is (HAVLIN et al. 1990). Az a kismértékű - nem szignifikáns - növekedés (tágulás), ami a növekvő tápanyagadagok hatására mérhető annak köszönhető, hogy a talaj szervesanyag tartalmának növekedése nagyobb mértékű volt mint az összesnitrogén-tartalom növekedése (feltehetően a kukorica gyökér és szármaradványainak tág C/N arányának köszönhetően). A nitrogén kijuttatásának változatai pedig sem a szervesanyag sem pedig az összesnitrogén-tartalmat nem befolyásolták szignifikánsan (11. ábra).

A tápanyagellátás színvonalának emelkedése a monokultúra kísérlet eredményéhez hasonlóan a vetésforgó kísérletben sem befolyásolta szignifikánsan a talajban mért szén-nitrogén arányt (Melléklet 18. táblázat) vélhetően a kukorica monokultúra estében már

említett

okok



miatt.

COLLINS et al. (1992) megállapítja, hogy a vetésforgó egyebek mellett jelentősen befolyásolja a talaj összes C- és N-tartalmát. Kísérletünkben a vetésforgó két változatának talajában, a tápanyagkezelések átlagában egymáshoz viszonyítva szignifikáns különbség mérhető. A lucerna nélküli vetésforgóban a lucernás vetésforgóhoz viszonyítva szignifikánsan nagyobb (tágabb) a talaj szén-nitrogén aránya. A lucerna nélküli vetésforgó talajának szén-nitrogén arányai a kukorica monokultúra talajában mért szén-nitrogén arányoknál is tágabbak, mivel az ebben a vetésforgóban mért nagyobb szervesanyag-tartalom nem párosul arányosan nagyobb összesnitrogén-tartalommal.

A talaj szén-nitrogén arány vizsgálatával kapcsolatos főbb megállapításokat az alábbiakban foglalom össze:

- A tápanyagellátás színvonalának emelkedése sem vetésforgóban, sem pedig kukorica monokultúrában nem befolyásolta szignifikánsan a talaj C/N arányát.
- A N-kijuttatásának időpontja kukorica monokultúrában nem befolyásolta szignifikánsan a talaj C/N arányát.
- A lucerna nélküli vetésforgóban tágabb volt a talaj C/N aránya a lucernás vetésforgó és a kukorica monokultúra talajához viszonyítva.

### 5.3. A talaj biológiai aktivitásának vizsgálati eredményei

A talaj biológiai aktivitását a 4.3.2. fejezetben ismertetett Unger-féle cellulózteszt módszerrel vizsgáltuk.

A vizsgálat három évében a kukorica vegetációs ideje alatt nem minden vizsgálati évben egyformák a kísérletek egyes tényezőinek a talaj cellulózbontó aktivitására gyakorolt statisztikailag kimutatható hatásai.

A tápanyagellátás 1996-ban mindkét vetésforgóban és a lucernás vetésforgóban 1997-ben is szignifikánsan befolyásolta a lebontott cellulóz mennyiségét, míg 1998-ban és a lucerna nélküli vetésforgó talajában 1997-ben nem gyakorolt szignifikáns hatást a cellulóz lebomlására (Melléklet 19., 20. és 21. táblázat). A vetésforgó növényösszetétele ezzel szemben minden vizsgálati évben szignifikánsan hatott a talaj cellulózbontó aktivitására.

A kukorica monokultúra kísérletben a műtrágyázás 1996-ban, 1998-ban, valamint a nitrogén őszi és tavaszi egy adagban történő kijuttatása esetén ( $b_2$  és  $b_1$  kezelések) 1997-ben is szignifikánsan befolyásolta a talaj cellulózbontó aktivitását (Melléklet 22., 23. és 24. táblázat). A kísérletben vizsgálható másik tényező – a nitrogén kijuttatásának változatai – 1996-ban nem gyakorolt szignifikáns hatást a cellulóz lebomlásra, 1997-ben és 1998-ban viszont szignifikánsan befolyásolta a talajban lebomlott cellulóz mennyiségét.

A három év eredményeit összevontan értékelve – és így az egyes évjáratok befolyásoló hatását és a viszonylag nagy szórásból eredő kísérleti hibát az ismétlések számának háromszorosára emelésével ( $8 \times 3 = 24$ ) csökkentve – az eredmények alapján megállapítható, hogy a

tápanyagellátás színvonalának emelkedésével vetésforgóban és monokultúrában egyaránt nő a talajban lebomlott cellulóz mennyisége (Melléklet 25. és 26. táblázat). A kapott eredmény igazolja azon szerzők állítását melyek véleménye szerint a talaj tápanyagkészlete - a kiegyensúlyozott tápanyag-ellátottság - a növények fejlődéséhez hasonlóan a talaj-mikroorganizmusok aktivitását is befolyásolja (VIRÁG 1981), kedvezően hat a talaj biodinamikájára, anyag- és energiaátalakító folyamataira (KEMENESY 1972, SÜLYÖK és KÁDÁR 1988, ANSORGE 1996, HICKISCH és MÜLLER 1990, MÜLLER 1991, MÜLLER 1969, SZEGI és GULYÁS 1985, SZEGI et al. 1985). ZVYAGINTSEV (1987) ugyanakkor felhívja a figyelmet arra, hogy az egyoldalú vagy túlzott műtrágyázás ugyanakkor csökkentheti bizonyos mikroba csoportok mennyiségét és aktivitását. NÉMETH et al. (1989) szántóföldi körülmények közt Ramann-féle és pszeudoglejes barna erdőtalajon vizsgálta a különböző N-adagok (87, 174, 261, 348 kg/ha N) hatását a talaj cellulotikus aktivitására és azt tapasztalta, hogy magasabb N-adagok mellett a cellulózaktivitás - különösen pszeudoglejes barna erdőtalajon - kisebb mértékű volt.

A vetésforgó kísérletben a vetésforgók átlagában a kisadagú műtrágyakezelés ( $a_2$  kezelés) a kontrollparcellák talajában lebomlott cellulóz mennyiségéhez viszonyítva szignifikánsan növelte a cellulóz lebomlását (12. ábra). A kisadagú műtrágyakezelés talajában mért eredményekhez viszonyítva sem a nagyadagú műtrágyakezelés ( $a_3$  kezelés), sem pedig a nagy műtrágyaadagon felül – közvetlenül a kukorica előtt – kijuttatott 35 t/ha dózisú istállótrágyázás nem növelte tovább szignifikánsan a cellulózlebomlást.



A tápanyagkezelések átlagában a lucernás vetésforgó talajában mért értékekhez viszonyítva a lucerna nélküli vetésforgó talajában szignifikánsan – mintegy 30 %-kal – kisebb volt a cellulóz lebomlásának mértéke, ami a kukorica monokultúra talajában mért értékekhez viszonyítva is jelentősen alulmaradt. A kísérletek talajában mért C/N arány eredmények ismeretében ez az eredmény a várakozásoknak megfelelően alakult, mivel a lucerna nélküli vetésforgó talajában a lucernás vetésforgó és a kukorica monokultúra talajához viszonyítva tágabb a C/N arány, ami a talaj biológiai aktivitását negatív irányban befolyásolja. A C/N arány és a biológiai aktivitás közötti kapcsolatot vizsgálva több szerző is hasonlóan vélekedik. IBRAHIM (1976) AULAKH et al. (1991), BERG (1984), HERMAN et al. (1977), valamint SMITH és SHARPLEY (1990) megállapítja, hogy a szervesanyagok lebomlásának sebessége a C/N aránnyal fordítottan arányos.

A vetésforgók és a kukorica monokultúra talajában mért biológiai aktivitásbeli különbségek tehát elsősorban a talaj C/N arányával - annak következményeként - hozhatók összefüggésbe. A kísérleteinkben kapott eredmények tehát nem erősítik meg - legalábbis a cellulózbontó aktivitást tekintve - azoknak a szerzőknek a véleményét akik azt találták (KHAN 1970, KREZEL 1977, MARTYNIUK és WAGNER 1978), hogy a vetésváltás általában kedvezőbb a talajban lejátszódó mikrobiológiai folyamatok számára, mint a monokultúra, és monokultúrában jelentősen csökken nemcsak a mikrobák mennyisége, hanem a talaj mikrobiológiai aktivitása (CO<sub>2</sub>-termelés, cellulózbontó- és enzimaktivitás) is (GAWRONSKA et al. 1990).

Az eredmények alapján az is feltételezhető hogy a talaj biológiai



aktivitása közvetlenül nem befolyásolja egyértelműen a kukorica szemtermését, hiszen míg a talaj biológiai aktivitása a lucerna nélküli vetésforgóban volt a legkisebb, addig a legkisebb szemterméseket nem ott, hanem a kukorica monokultúrában mértük.

A kukorica monokultúra kísérlet talajában a legnagyobb – provokatív – adagú műtrágyakezelés (900 kg NPK/ha) a nitrogénkijuttatás változatainak átlagában szignifikánsan növelte a talaj cellulózbontó aktivitását a kontroll-, a 300 kg NPK/ha- és a 600 kg NPK/ha dózisú műtrágyakezelések talajában mért értékekhez viszonyítva. A kontroll-, a 300 kg NPK/ha- és a 600 kg NPK/ha dózisú műtrágyakezelések hatásai egymáshoz viszonyítva nem eredményeztek szignifikáns különbséget a parcellák talajában lebomlott cellulóz mennyiségében. Hasonló eredményekről számol be KÁTAI (1999) is, aki két talajtípuson vizsgálta a trágyázás illetve a vetésforgó és monokultúra hatását több talajmikrobiológiai jellemző - köztük a cellulózbontó aktivitás - változására. Azt tapasztalta, hogy a cellulózbontó aktivitás a két talajtípuson egyaránt emelkedett a műtrágyaadagok növekedésével, monokultúrában azonban csak a nagyobb trágyadózisok bizonyultak serkentőnek.

A nitrogén kijuttatás változatai közül a tavasszal két adagban történő kijuttatás hatására a tápanyagadagok átlagában szignifikánsan nagyobb a talajban lebomlott cellulóz mennyisége a nitrogén tavasszal egy adagban történő kijuttatásának hatásához viszonyítva. A nitrogén fejtrágyázás tehát növeli a talaj biológiai aktivitását kukorica monokultúrában.

Az egyes vizsgálati években mért cellulózlebomlási eredményeket

összehasonlítva megállapítható hogy az évjárat statisztikailag igazolhatóan befolyásolta a talaj biológiai aktivitását (10. táblázat). ANGERS et al. (1997) a környezeti elemek hatásával kapcsolatosan arról számol be, hogy míg például a talajművelés számos szerző szerint befolyásolja a talajban végbemenő lebontófolyamatok intenzitását (UNGER 1997, REICOSKY 1997, CHRISTENSEN et al. 1994, BORIN et al. 1997, BUCHANAN et al. 1993), addig a hideg kanadai klíma alatt ilyen különbséget nem tudott kimutatni.

Az egymást követő vizsgálati években mind a vetésforgók-, mind pedig a kukorica monokultúra talajában évről évre nő a talajban lebomlott cellulóz mennyisége. A kísérleti eredményekből egyértelműen levonható következtetés, hogy a cellulóz lebomlása illetve a talaj biológiai aktivitása abban az esetben volt a legnagyobb, amikor a lehullott csapadék mennyisége és a középhőmérséklet egyaránt a legnagyobb volt (1998) a három vizsgálati év során. Az egyes évjáratoknak a talaj cellulózbontó aktivitására gyakorolt befolyásoló hatása a kukorica monokultúrában volt a legnagyobb (52%), míg lucernás vetésforgóban a legkisebb (39%). A talaj biológiai aktivitásának növekedése az időjárási tényezők közül a hőmérsékleti értékeknek az egymást követő években mért fokozatos növekedéséhez mutat hasonló tendenciát, míg az egyes vizsgálati években lehullott csapadékmennyiségek változásának tendenciájával nem mutat hasonlóságot. A víznek, mint a talaj cellulózbontó aktivitását befolyásoló, limitáló tényezőnek feltételezhetően csak szélsőségesen száraz, aszályos körülmények között lehet kimutatható hatása.

10. táblázat. *A kukorica vegetációs idejének (május 1. - szeptember 30.) csapadék és hőmérsékleti adatai, valamint a talajban lebomlott cellulóz mennyisége a kezelések átlagában az egyes vizsgálati években*  
(Keszthely)

Vizsgálati évek	Csapa- -dék (mm)	Középhő- mérséklet (°C)	Cellulóz lebomlás (g)					
			Vetésforgók			Monokultúra		
			Lucernás		Lucerna nélküli			
1996	512,3	17,4	2,01	100%	1,40	100%	2,00	100%
1997	339,3	18,0	2,30	114%	1,46	104%	2,10	105%
1998	529,6	18,3	2,79	139%	2,01	144%	3,04	152%
SzD <sub>5%</sub>			0,56		0,49		0,35	

A talaj biológiai aktivitásának vizsgálatával kapcsolatos főbb megállapításokat az alábbiakban foglalom össze:

- Az egyes évjáratok hatása szignifikánsan befolyásolta a talaj biológiai aktivitását vetésforgóban és kukorica monokultúrában egyaránt.

- A talaj biológiai aktivitása az időjárási elemek közül elsősorban a tenyészidőszak hőmérsékletével mutatott összefüggést a vizsgált időszakban. A hőmérséklet emelkedésével növekedett a talaj biológiai aktivitása. A víznek, mint a talaj biológiai aktivitását befolyásoló, limitáló tényezőnek feltételezhetően csak szélsőségesen száraz, aszályos körülmények között lehet kimutatható hatása.

- A talaj biológiai aktivitása a három vizsgálati év során abban az esetben volt a legnagyobb, amikor a lehullott csapadék mennyisége és a középhőmérséklet egyaránt a legnagyobb volt.
  
- Unger-féle cellulózteszt módszerrel vizsgálva, a talaj biológiai aktivitása szántóföldi körülmények között meglehetősen nagy inhomogenitást mutat egy-egy kísérleti parcellán belül is, ezért a kísérleti kezelések hatásának vizsgálata során - a kísérleti hiba csökkentésének érdekében - nagy ismétlésszám alkalmazása ajánlott.
  
- A kísérletekben alkalmazott tápanyagkezelések hatására a tápanyagellátás színvonalának emelkedésével vetésforgóban és kukorica monokultúrában egyaránt nőtt a talaj biológiai aktivitása.
  
- Vetésforgóban a nagyadagú műtrágyakezelésen (2080 kg NPK/5 év) felül - ötévente közvetlenül a kukorica előtt - kijuttatott 35 t/ha dózisú istállótrágya kezelés nem növelte tovább szignifikánsan a talaj biológiai aktivitását.
  
- Lucerna nélküli vetésforgóban - ahol a talaj C/N aránya a legtágabb volt - kisebb volt a talaj biológiai aktivitása mint lucernás vetésforgóban és kukorica monokultúrában.
  
- A talaj cellulózbontó aktivitásának különböző földművelési rendszerekben mért értékei alapján megállapítható, hogy a talaj biológiai aktivitása nem befolyásolta közvetlenül a kukorica szemtermését.

- Kukorica monokultúrában a N kijuttatás időpontjának változatai közül a tavasszal két adagban történő kijuttatás hatására szignifikánsan nagyobb volt a talaj biológiai aktivitása a N tavasszal egy adagban történő kijuttatásának hatásához viszonyítva.

#### **5.4. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálati eredményei**

##### **5.4.1. A száraz szitálással végzett vizsgálat eredményei**

###### *Kukorica monokultúra kísérlet*

A kukorica monokultúra kísérlet talajának agronómiai szerkezetére a nitrogén kijuttatásának változatai nem gyakoroltak statisztikailag kimutatható hatást sem a rögz-, sem a morzsa-, sem pedig a porfrakció arányának változását tekintve (Melléklet 27., 28. és 29. táblázat).

Az irodalmi források alapján ismeretes, hogy számos olyan tényező - köztük a műtrágyázás is -, ami a talaj szervesanyag-tartalmát növeli, közvetve ezen keresztül kedvezően hat a talaj szerkezetére (TISDALE és NELSON 1966, SIPOS 1978, ALLISON 1973, TATE 1987, YANG és WANDER 1998). Egyes szerzők viszont felhívják a figyelmet arra, hogy a szakszerűtlen műtrágyázással árthatunk is (KOVÁTS és ANTAL 1992, DEBRECZENI B. 1994/b).

A műtrágyaadagok növekedésével az agronómiai szerkezet vonatkozásában viszont kedvező folyamatok figyelhetők meg (13. ábra). A nitrogén kijuttatás változatainak átlagában a tápanyagadagok fokozatos

növelésének hatására folyamatosan csökken a talajban a nemkívánatos



rögfrakció (10 mm <) aránya. A trágyázatlan kontroll kezelés talajában regisztrált rögfrakció eredményekhez viszonyítva az NPK 600 és az NPK 900 kezelések eredményeztek szignifikáns csökkenést. Az NPK 600 és az NPK 900 kezelések talajában mért rögfrakció arányok között nem volt szignifikáns különbség.

A rögfrakció arányának csökkenésével ellentétben a műtrágyaadagok növekedésével párhuzamosan, fokozatosan növekedett az agronómiai szempontból kívánatos morzsafrakció (0,25 - 10 mm) aránya a talajban. A trágyázatlan kontrollkezelés talajában mért értékekhez viszonyítva - a rögfrakció arányának változásával ellentétes tendenciát mutatva - az NPK 600 és NPK 900 kezelések talajában szignifikánsan nagyobb volt a morzsafrakció aránya. Az NPK 600 és NPK 900 kezelések talajában a morzsafrakció aránya szignifikánsan nem különbözött egymástól.

A talaj agronómiai szempontból nem kívánatos porfrakció (< 0,25 mm) tartalma nem változott szignifikánsan a tápanyagellátási színvonal emelkedésének hatására kukorica monokultúrában és a rög-, illetve a morzsafrakció tartalomhoz viszonyítva nagyságrendileg kisebb arányt képviselt.

#### *Vetésforgó kísérlet*

A tápanyagadagok növelésének hatására a vetésforgó kísérletben szereplő mindkét vetésforgó kukorica szakaszának talajában az agronómiai szerkezet változásának tendenciája a kukorica monokultúra kísérlet talajában megfigyelt változásokhoz hasonlít, ami szintén a



szervesanyag-tartalom növekedésével magyarázható.

A tápanyagellátás színvonalának emelkedésével párhuzamosan a vetésforgók kukorica szakaszaiban is csökkent a nemkívánatos rögfrakció, illetve nőtt az agronómiailag kívánatos morzsafrakció aránya a talajban, de sem a rögfrakció arányának a csökkenése, sem pedig a morzsafrakció arányának növekedése nem volt szignifikáns (Melléklet 30. és 31. táblázat). A monokultúra talajában mért eredményekhez hasonlóan a tápanyagadagok növekedése a vetésforgók kukorica szakaszainak talajában mért porfrakció arány változására sem hatott szignifikánsan és a porfrakció aránya ebben az esetben is nagyságrenddel kisebb volt a rög-, illetve a morzsafrakció arányához viszonyítva (Melléklet 32. táblázat).

Mivel az egyes növények gyökérzetük jellegétől és a területen visszahagyott szervesanyag minőségétől függően különbözően befolyásolhatják a talaj szerkezetét (FERTS 1955, KEMENESI 1961, FEKETE 1958, CARON et al. 1992, ARMBRUST et al. 1982, ELLSWORTH et al. 1991, BATHKA és BLAKE 1984), ebből adódóan a különböző földművelési rendszerek is egymástól eltérő hatást gyakorolhatnak arra (VILJAMSZ 1950/a, CSERHÁTI 1905).

A vetésforgó kísérlet kukorica szakaszainak és a kukorica monokultúra kísérlet talajának agronómiai szerkezetét összehasonlítva megállapítható, hogy a trágyázatlan kontrollparcellák talajának a vetésforgókban kedvezőbb volt az agronómiai szerkezete a kisebb rög- és a nagyobb morzsafrakció tartalom miatt. A tápanyagellátás színvonalának növelésével azonban ezek a különbségek csökkentek és a legnagyobb tápanyagadagok ( $a_3$  és  $a_4$  kezelések) hatására gyakorlatilag megszűntek.

A két vetésforgó talajának kukorica szakaszokban mért agronómiai szerkezetét összehasonlítva megfigyelhető, hogy a lucernás vetésforgó trágyázatlan kontrollkezelésének talajában nagyobb volt a rögg- és kisebb a morzsafrakció aránya a lucerna nélküli vetésforgó kontrollkezelésében mért értékekhez viszonyítva. A tápanyagadagok növekedésével viszont ebben az esetben is jelentős mértékben csökkentek ezek a különbségek. A tápanyagadagok átlagában a lucernás- és a lucerna nélküli vetésforgók kukorica szakaszainak talajában mért eredményeket összehasonlítva azt az eredményt kaptuk, hogy a vetésforgó növényösszetétele nem befolyásolta szignifikánsan a talaj agronómiai szerkezetét. Ha viszont a kukorica monokultúra- és a vetésforgó kísérletben mért eredményeket összehasonlítjuk, megfigyelhető, hogy - különösen trágyázás nélkül, vagy kis tápanyagadagok alkalmazása során - a vetésforgók talajában mért jelentősen nagyobb szervesanyag-tartalom egyúttal kedvezőbb agronómiai szerkezettel is párosult. A földművelési rendszerek megválasztása során tehát hosszútávon mindenképpen érdemes figyelembe venni a talajra gyakorolt hatásukat.

A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálatát a vetésforgók búza szakaszainak talajában is elvégezve, a kukorica szakaszok talajában mért eredményekhez- és az azok alapján tett megállapításokhoz viszonyítva némileg eltérő eredményeket kaptunk (Melléklet 33., 34. és 35. táblázat). Az eredményekből több szerző véleményével egyezően (BIRKÁS 1993, PERFECT et al. 1990/b, KEMENESY 1972, stb.) arra következtethetünk, hogy a vetésforgó növényösszetételén és az általa befolyásolt talajszervesanyag-tartalmon túl a termesztett növények egymástól különböző gyökérzete, valamint termesztésük egymástól eltérő

agrotechnikája, talajművelési rendszere is jelentősen hatott a talaj agronómiai szerkezetének alakulására (14. ábra).

A vetésforgók búza szakaszainak talajában a tápanyagellátás színvonalának emelkedésével szignifikánsan - a kukorica szakaszok talajában mért értékekhez viszonyítva jóval nagyobb mértékben - csökkent a rögfrakció aránya. A nagyadagú műtrágyakezelés hatására ( $a_3$  kezelés) szignifikánsan kisebb volt a talaj rögfrakció aránya a trágyázatlan kontroll ( $a_1$  kezelés) és a kisadagú tápanyagkezelés ( $a_2$  kezelés) hatásához viszonyítva. A nagyadagú műtrágyakezelésen ( $a_3$  kezelés) felül pluszként kijuttatott istállótrágya ( $a_4$  kezelés) szignifikánsan nem csökkentette tovább a talaj rögfrakció tartalmát.

A tápanyagadagok átlagában a vetésforgó változatai közül a lucernás vetésforgó talajában szignifikánsan kisebb volt a rög-, míg szignifikánsan nagyobb volt a morzsafrakció aránya. Az eredmények alapján kijelenthető tehát, hogy a vetésforgó kukorica szakaszainak talajában mért eredményektől eltérően (ahol a vetésforgók változatai egyik frakció arányában sem okoztak szignifikáns különbséget), a búza szakaszok talajának agronómiai szerkezete a lucernás vetésforgóban kedvezőbb volt mint a lucerna nélküli vetésforgóban. Meg kell jegyezni azonban, hogy ugyancsak a búzaszakaszokban mérve a morzsafrakcióval együtt a porfrakció aránya is szignifikánsan nagyobb volt a lucernás vetésforgó talajában. Ez az eredmény nem meglepő, hiszen a rögök felaprózódása során a morzsák mellett kis mennyiségű por is képződik. A porfrakció viszont ebben az esetben is jelentősen kisebb arányt képviselt a morzsafrakció mennyiségéhez viszonyítva.

A tápanyagellátás színvonalának emelkedésével a búzaszakaszok

talajában a rögfraction arányának szignifikáns csökkenésével szemben



mind a morzsa-, mind pedig a porfrakció aránya szignifikánsan nőtt. A trágyázatlan kontroll- ( $a_1$  kezelés) és a kisadagú műtrágyakezelés talajában mért értékekhez viszonyítva a nagyadagú műtrágyakezelés ( $a_3$  kezelés) talajában szignifikánsan nagyobb volt mind a morzsa-, mind pedig a porfrakció aránya. A nagyadagú műtrágya-kezelésen ( $a_3$  kezelés) felül pluszként kijuttatott istállótrágya ( $a_4$  kezelés) szignifikánsan nem növelte tovább sem a morzsa-, sem pedig a porfrakció arányát a talajban.

A vetésforgó kukorica- illetve búza szakaszainak talajában elvégzett rög-, morzsa-, illetve por frakció vizsgálat bizonyítja, hogy az egyes termesztett növények, és feltehetően a termesztésük során alkalmazott agrotechnika sajátosságai, jelentősen befolyásolták a talaj agronómiai szerkezetét. A 15. ábrán megfigyelhető, hogy míg a vetésforgó kukorica szakaszának talajában a rög-, a morzsa- és a por frakciók közül legnagyobb hányadot a rögfrakció tett ki (főátlag: 51,25), addig a búza szakaszok talajában a morzsafrakció mennyisége dominált (főátlag: 58,88).

A talaj száraz szitálással végzett agronómiai szerkezet-vizsgálatával kapcsolatos főbb megállapításokat az alábbiakban foglalom össze:

- A tápanyagellátás színvonalának növelésével - feltehetően a talajszervesanyag-tartalom növekedésének hatására - javult a talaj agronómiai szerkezete vetésforgóban és monokultúrában egyaránt.
  
- Kukorica állományban vizsgálva megállapítható, hogy a trágyázatlan

kontrollparcellák talajának vetésforgóban - a nagyobb morzsa és a kisebb rögrakció tartalom miatt - kedvezőbb volt az agronómiai szerkezete, mint kukorica monokultúrában. A tápanyagellátás színvonalának növelésével azonban ezek a különbségek gyakorlatilag megszűntek.

- A N kijuttatás időpontjának változatai nem befolyásolták a talaj agronómiai szerkezetét kukorica monokultúrában.

- Vetésforgóban a nagy műtrágyaadagon (2080 kg NPK/5 év) felül pluszban kijuttatott istállótrágya (35 t/ha/5 év) nem befolyásolta szignifikánsan a talaj agronómiai szerkezetét.

- Kukorica állományban a vetésforgó változatainak a talaj agronómiai szerkezetére gyakorolt hatása között nem volt szignifikáns különbség, míg őszi búza állományban vizsgálva a lucernás vetésforgó talajának egyértelműen kedvezőbb volt az agronómiai szerkezete a lucerna nélküli vetésforgóhoz viszonyítva. Következésképpen megállapítható tehát, hogy az egyes szántóföldi növények egymástól különböző gyökérzete, valamint termesztésük egymástól eltérő agrotechnikája, talajművelési rendszere is jelentősen hat a talaj agronómiai szerkezetének alakulására.

- A vetésforgók őszi búza szakaszaiban kedvezőbb volt a talaj agronómiai szerkezete, mint kukorica szakaszaiban.





#### 5.4.2. A talajmorzsák vízállóságának vizsgálati eredményei

A talajaggregátumok méreetszerinti eloszlása mellett a talajmorzsák tartóssága, a különböző fizikai behatásokkal szembeni ellenállósága is fontos jellemzője a talaj agronómiai értékének, termékenységének (VÁRALLYAY 1993). A talajmorzsák vízállóságát egyes szerzők szerint a talaj szervesanyag-tartalmán és a szervesanyag minőségén (TISDALL és OADES 1982, CHURCHMAN és TATE 1987, CHENU 1989, HAYNES és SWIFT 1990, stb.) túlmenően a talaj biológiai tevékenysége, a mikroszkópikus gombák és baktériumok által termelt váladékok, szerves ragasztóanyagok is jelentősen befolyásolják (COOK és ELLIS 1987, MILLER és JASTROW 1992, WRIGHT és UPHADAYA 1998, WRIGHT et al. 1996, WRIGHT et al. 1998, WRIGHT et al. 1999). DVORACSEK (1957) felhívja a figyelmet arra, hogy egyes szerzők arra az álláspontra helyezkednek, hogy nem szabad túlbecsülni a baktériumváladékoknak és a gombamicéliumoknak a morzsák tartósságára gyakorolt befolyását, mert a mikroorganizmusok, illetve váladékaik hatása csak rövid ideig tart, így nem nevezhető állandónak.

A vetésforgó kísérletben a mérések alapján a lucernás vetésforgó talajának morzsafrakciója szignifikánsan vízállóbbnak bizonyult a lucerna nélküli vetésforgó talajának morzsafrakciójához viszonyítva (melléklet 36. táblázat).

A műtrágyaadagok növelésével csökkent a talaj morzsafrakciójának vízállósága (16. ábra).



A vetésforgók változatainak átlagában a kontrollhoz ( $a_1$  kezelés) viszonyítva a nagyadagú műtrágyakezelés ( $a_3$  kezelés) hatására szignifikánsan kisebb volt a talajban a vízálló morzsák aránya. A nagyadagú műtrágyakezeléshez pluszként adott istállótrágya ( $a_4$  kezelés) hatására a talaj vízálló morzsáinak aránya ismét a kontrollparcellák talajában mért szinthez közeli értékre emelkedett. Az eredményekből kitűnik tehát, hogy a lucerna és az istállótrágya – vélhetően szervesanyag-gyarápító hatásuknak köszönhetően – kedvező hatást fejt ki a talaj vízálló morzsa tartalmára, így a morzsás talajszerkezet stabilizálására. A szakirodalomból is ismert a szervestrágyázás talaj szerkezeti állapotára gyakorolt kedvező hatása (KISMÁNYOKY 1993). COOK és ERICSON (1956) (cit. LICHTENEGGER 1985) agyagos talajon 20 év után azt tapasztalták, hogy kombinált zöld- és istállótrágyázás hatására a vízben stabil morzsa-aggregátumok százalékos aránya a kezeletlenhez képest 37,5 %-ról 60,4 %-ra (0.5 mm feletti) emelkedett. Kísérletünkben a műtrágya+istállótrágyázott kezelésben ( $a_4$  kezelés) lucernás vetésforgóban 56,9%, míg a lucerna nélküli vetésforgóban 49,5% volt a vízálló morzsák aránya. Kísérletünkben a lucernás vetésforgó trágyázatlan kontrollkezelésében mértük a legnagyobb vízálló morzsatartalmat: 61,62%. WITHBRED et al. (2000) különböző elővetemények után búza talajában úgy találta, hogy átlagosan 60% volt a vízálló morzsák mennyisége, míg (közvetlenül) lucerna elővetemény után valamivel kisebb (57 %) volt.

Kukorica monokultúrában a kontrollparcellák ( $a_1$  kezelés) talajában mért értékekhez viszonyítva a kísérletben kijuttatott mindhárom műtrágya adag ( $a_2$ ,  $a_3$  és  $a_4$  kezelések) szignifikánsan csökkentette a

vízálló morzsák arányát a talajban (melléklet 37. táblázat). A hektáronkénti 300-, 600- és 900 kg NPK műtrágyaadagok egymáshoz viszonyított hatása között nincs szignifikáns különbség. A tápanyagkezelések átlagában a nitrogénkijuttatás változatai nem befolyásolták szignifikánsan a talaj vízálló morzsatartalmát.

RAIMBAULT és VYN (1991) kísérleti eredményeik alapján megállapítják, hogy a talaj porozitása és a vízálló morzsák aránya vetésforgóban kedvezőbb volt, mint monokultúrában a kukorica termesztése során.

A vetésforgókban és a kukorica monokultúrában mért értékeket összehasonlítva RAIMBAULT és VYN (1991) véleményével egyezően megállapítható, hogy a vetésforgók talajában a vízálló morzsák aránya jelentősen nagyobb a kukorica monokultúra talajában mért eredményekhez viszonyítva. Nagyadagú műtrágyázás hatására viszont mind vetésforgóban, mind pedig kukorica monokultúrában romlott a talajmorzsák vízállósága, de ezen kívül mindazok az agrotechnikai tényezők amelyek növelték a talaj szervesanyag-tartalmát egyértelműen kedvezően hatottak a talaj agronómiai szerkezetére. A vetésforgók talajában mért nagyobb szervesanyag-tartalom a monokultúra talajához viszonyítva tehát agronómiai szempontból nézve kedvezőbb, tartósabb morzsás talajszerkezettel párosul, amit a különösen napjainkban előtérbe kerülő talajvédelmi problémák megoldásánál célszerű figyelembe venni.

A talajmorzsák vízállóságának vizsgálatával kapcsolatos főbb megállapításokat az alábbiakban foglalom össze:

- A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva nagyadagú műtrágyázás hatására vetésforgóban és monokultúrában egyaránt romlott a talajmorzsák vízállósága.
- Vetésforgóban a nagy műtrágyaadagon (2080 kg NPK/ha) felül pluszban kijuttatott istállótrágya (35 t/ha/5év) javította a talajmorzsák vízállóságát.
- A lucernás vetésforgó talajának morzsafrakciója szignifikánsan vízállóbb volt a lucerna nélküli vetésforgó talajának morzsafrakciójához viszonyítva, de a talajmorzsák vízállósága még a lucerna nélküli vetésforgóban is lényegesen jobb volt, mint kukorica monokultúrában.
- Kukorica monokultúrában a N-kijuttatás időpontjának változatai nem befolyásolták szignifikánsan a talajmorzsák vízállóságát.

## 5.5. Új kutatási eredmények

Új kutatási eredményeimet az alábbiakban foglalom össze:

1. Az erdmények alapján megállapítható, hogy a monokultúras termesztéshez viszonyítva a vetésforgókban pótlólagos befektetés nélkül még magas színvonalú tápanyagellátás mellett is jelentősen nagyobb termések érhetők el az adott termőhelyi körülmények között úgy, hogy emellett a talaj termékenysége- és a káros környezeti hatásokkal szembeni ellenállósága szempontjából fontos egyes fizikai és kémiai paraméterek javulnak. A vetésforgók, de legalább az ésszerű vetésváltás ezért a jövőben is nélkülözhetetlen eleme kell hogy legyen nem csak a "low-input", hanem az intenzív mezőgazdasági termelésnek egyaránt.
2. A kukorica szemtermésére a vetésforgó növényösszetétele szignifikáns hatást gyakorolt, ezzel szemben az őszi búza szemtermését nem a vetésforgó növényösszetétele, hanem a közvetlen előveteménye befolyásolta. Az előveteményeknek ez a hatása a tápanyagellátás színvonalának emelkedésével csökkent, de nem szűnt meg teljesen.
3. A N-műtrágya tavasszal két külön adagban és két különböző időpontban történő kijuttatása monokultúrában szignifikánsan, mintegy 0,5 t/ha-al növelte a kukorica szemtermését a N ősszel egy adagban történő kijuttatásának hatásához viszonyítva, ugyanakkor a N kijuttatásának időpontja nem befolyásolta szignifikánsan a talaj szervesanyag-tartalmát kukorica monokultúrában.

4. A kísérleti eredmények bizonyítják, hogy barna erdőtalajon a tápanyagellátás színvonalának emelése lehetővé teszi a termésátlagok növelését úgy, hogy egyben javul a talaj tápanyagtartalma, biológiai aktivitása és agronómiai szerkezete. A tápanyagellátásnak ez a hatása különösen vetésforgóban érvényesül.
5. A vetésforgó változatai között az évelő pillangóst tartalmazó többszakaszos vetésforgóban a tápanyagkezelések átlagában a talaj KCl-os pH-ja szignifikánsan magasabb volt, mint az évelő pillangóst nem tartalmazó vetésforgóban, ugyanakkor a nagyadagú műtrágyakezelések hatására egyik vetésforgóban sem csökkent a talaj pH-ja. Talajsavanyodáshoz a kísérleti kezelések közül egyedül a kukorica monokultúrában alkalmazott provokatív mennyiségűnek tekinthető 900 kg NPK/ha műtrágyahatóanyag adag kijuttatás vezetett. A gyakorlatban kijuttatott műtrágyaadagok által képviselt tápanyagellátási színvonalat lefedő tápanyagadagok (0-600 kg NPK/ha műtrágya hatóanyag) - több évtizedes tartamhatás alapján - Keszthelyen nem befolyásolták a talaj kémhatását.
6. Vetésforgóban a nagy P műtrágyaadagon felül adott istállótrágya szignifikánsan tovább növelte a talaj felvehető foszfortartalmát, ugyanakkor a vetésforgók típusai- és kukorica monokultúrában a N-kijuttatás időpontjának változatai nem befolyásolták a talaj felvehető foszfortartalmát.
7. A tápanyagellátás színvonalának emelkedésével vetésforgóban és kukorica monokultúrában egyaránt szignifikánsan növekedett a talaj felvehető káliumtartalma, de a két különböző földművelési rendszerben regisztrált eredmények alapján nem mutatható ki a

vetésforgónak a káliumtrágyázás hatékonyságában betöltött pozitív szerepe. Kukorica monokultúrában viszont a N-kijuttatás időpontjának változatai a termés által kivont K mennyiséggel arányosan szignifikánsan befolyásolták a talaj felvehető kálium tartalmát.

8. A kísérletekben alkalmazott kezelések hatására a tápanyagellátás színvonalának emelkedésével növekedett a talaj szervesanyag-tartalma vetésforgókban és kukorica monokultúrában egyaránt, de ez a növekedés a kukorica monokultúra talajában jóval szerényebb mértékű volt. A talaj szervesanyag-tartalma lucernás vetésforgóban volt a legnagyobb (átlagosan 2,2%), kukorica monokultúrában pedig a legkisebb (átlagosan 1,5%), csakúgy mint a talaj összesnitrogén-tartalma, ami szintén lucernás vetésforgóban volt a legnagyobb (átlagosan 1,38 mg/kg), kukorica monokultúrában pedig a legkisebb (átlagosan 0,96 mg/kg).
9. A lucerna nélküli vetésforgó talajában tágabb volt a talaj C/N aránya, mint lucernás vetésforgóban és kukorica monokultúrában. A tápanyagellátás szintjének emelkedése sem vetésforgóban, sem pedig kukorica monokultúrában nem befolyásolta szignifikánsan a talaj C/N arányát.
10. A talaj biológiai aktivitása több tényező együttes interakciójának következménye, bármelyik változása módosítja azt. Az egyes évek során szabadföldi kísérleti körülmények között is különböző lehet az egyes kezelések hatása, ezért megbízható következtetések a talaj biológiai aktivitásával kapcsolatosan csak tartamkísérletekből származó sokéves adatsorok alapján vonhatók le.



11. A tápanyagellátás színvonalának növelésével javult a talaj agronómiai szerkezete vetésforgóban és monokultúrában egyaránt. Kukorica állományban vizsgálva megállapítható, hogy a trágyázatlan kontrollparcellák talajának vetésforgóban - a nagyobb morzsa és a kisebb rögfракció tartalom miatt - kedvezőbb volt az agronómiai szerkezete, mint kukorica monokultúrában. A tápanyagellátás színvonalának növelésével azonban ezek a különbségek gyakorlatilag megszűntek.
12. Kukorica állományban a vetésforgó változatainak a talaj agronómiai szerkezetére gyakorolt hatása között nem volt szignifikáns különbség, míg őszi búza állományban vizsgálva a lucernás vetésforgó talajának egyértelműen kedvezőbb volt az agronómiai szerkezete a lucerna nélküli vetésforgóhoz viszonyítva. Következésképpen megállapítható tehát, hogy az egyes szántóföldi növények egymástól különböző gyökérszerkezete, valamint termesztésük egymástól eltérő agrotechnikája, talajművelési rendszere is jelentősen hat a talaj agronómiai szerkezetének alakulására, ami a vetésforgók őszi búza szakaszaiban kedvezőbb volt, mint kukorica szakaszaiban.
13. A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva nagyadagú műtrágyázás hatására vetésforgóban és monokultúrában egyaránt romlott a talajmorzsák vízállósága, amit viszont javított a vetésforgóban nagy műtrágyaadagon felül pluszban kijuttatott istállótrágya.
14. A lucernás vetésforgó talajának morzsafrakciója szignifikánsan vízállóbb volt a lucerna nélküli vetésforgó talajának morzsafrakciójához viszonyítva, de a talajmorzsák vízállósága még a lucerna nélküli vetésforgóban is lényegesen jobb volt, mint kukorica

monokultúrában.

## 6. Következtetések, javaslatok

A kukorica monokultúrához viszonyítva az adott termőhelyi körülmények között a vetésforgó kedvezően befolyásolta a kukorica szemtermését, a talaj szervesanyag-, összes N- és AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalmát, a talajmorzsák vízállóságát, valamint kismértékben az agronómiai szerkezetét.

A vetésforgó növényösszetétele szignifikánsan befolyásolta a kukorica szemtermését, a talaj szervesanyag- és összes N-tartalmát, a C/N arányát, KCl-os pH-ját, biológiai aktivitását, a talajmorzsák vízállóságát, valamint az őszi búza szakaszok talajának agronómiai szerkezetét. A lucernát tartalmazó vetésforgóban az előbb felsorolt paraméterek kedvezőbbek voltak.

A kukorica, illetve őszi búza szakaszokban mért eredmények alapján megállapítható, hogy az egyes szántóföldi növények egymástól különböző gyökérszete, valamint termesztésük egymástól eltérő agrotechnikája, talajművelési rendszere is jelentősen hatott a talaj agronómiai szerkezetének alakulására. A vetésforgók búza szakaszaiban jelentősen kedvezőbb volt a talaj agronómiai szerkezete, mint kukoricában.

A tápanyagellátási színvonal emelkedésének hatására vetésforgóban és monokultúrában egyaránt növekedtek a szemtermések, valamint a talaj szervesanyag-, összes N-, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-, AL-K<sub>2</sub>O tartalma és biológiai aktivitása, továbbá javult a száraz szitálással vizsgált agronómiai szerkezete, viszont romlott a talajmorzsák vízállósága.

A vetésforgóban a nagy műtrágyaadagon felül többletként

kijuttatott istállótrágya javította a talajmorzsák vízállóságát. Az istállótrágya egyes vizsgálati paramétereket pozitívan befolyásoló hatása a lucerna nélküli vetésforgóban volt jelentősebb.

Kukorica monokultúrában a N-kijuttatás időpontjának változatai befolyásolták a kukorica szemtermését, a talaj AL-K<sub>2</sub>O tartalmát, és biológiai aktivitását.

A kukorica szemtermése vetésforgóban jelentősen meghaladta a monokultúrában mért eredményeket. Tekintettel arra, hogy ez a jelentős terméstebblet semmilyen pótlólagos ráfordítást nem igényel, mindamelllett hogy a monokultúrás termesztést a jelenlegi termőterület arányok szabta kényszer és az esetleges üzemi-közgazdasági feltételek indokoltta tehetik, a vetésforgók - de legalább az ésszerű vetésváltás - alkalmazása feltétlenül ajánlott.

Ugyancsak vetésforgók alkalmazása javasolható, ha célunk a talajtermékenység fenntartása, mivel a kísérletekben készthelyi Ramann-féle barna erdőtalajon a vetésforgók talajának szervesanyag (humusz) - tartalma jelentősen felülmúlta a kukorica monokultúra talajának szervesanyag (humusz) -tartalmát. A vetésforgók - különösen a lucernát tartalmazó vetésforgó - talajában mért nagyobb szervesanyag-tartalom a monokultúra talajához viszonyítva agronómiai szempontból nézve kedvezőbb, tartósabb morzsás talajszerkezettel párosul, amit a különösen napjainkban előtérbe kerülő talajvédelmi problémák megoldásánál célszerű figyelembe venni. Az istállótrágya alkalmazása hasonlóan kedvező hatásúnak bizonyult ebből a szempontból.

A vetésforgók alkalmazásának termésre és talajtermékenységre gyakorolt előnyös hatása mellett az eredmények azt is bizonyítják, hogy

barna erdőtalajon tisztán műtrágyahasználattal is fenntartható a talaj termékenysége és biztosítható a nagy termések elérése úgy, hogy egyben javul a talaj tápanyagtartalma, biológiai aktivitása és néhány szerkezeti paramétere. A talaj állapotára a kísérleti kezelések közül egyedül a kukorica monokultúrában alkalmazott provokatív mennyiségűnek tekinthető 900 kg NPK/ha műtrágyahatóanyag adag gyakorolt kimutathatóan kedvezőtlen hatást. A gyakorlatban alkalmazott műtrágyahatóanyag adagok hatására ezért Ramann-féle barna erdőtalajon nem talajállapot romlásra, hanem javulásra kell számítani.

A N kijuttatás különböző időpontjainak hatása alapján a kukorica tápanyagellátása során mindenképpen a tavaszi N-kijuttatás javasolható. A nitrogén műtrágya tavasszal több adagban történő kijuttatásának jelentőségét az általa eredményezett hektáronkénti néhány mázsás kukorica szemtermés többlet egyes esetekben gazdaságilag is igazolhatja.

A talaj biológiai aktivitását Unger-féle cellulózteszt módszerrel vizsgálva szántóföldi körülmények között meglehetősen nagy inhomogenitást tapasztaltunk egy-egy kísérleti parcellán belül is, ezért a kísérleti kezelések hatásának vizsgálata során - a kísérleti hiba csökkentésének érdekében - nagy ismétlésszám alkalmazása ajánlott.

## 7. Összefoglalás

Napjainkban különböző vélemények alakultak ki az egyes földművelési rendszerek fenntartható mezőgazdaság-fejlesztésben betöltött szerepéről és a biodiverzitás jelentőségéről. Az értekezés a vetésforgó és monokultúra termésre és talajtermékenységre gyakorolt hatásának vizsgálati eredményeit tárgyalja. A vizsgálat Keszthelyen a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Földműveléstani és Növénytermesztési Intézetének Kísérleti Telepén, egy több évtizede beállított kukorica monokultúra (beállítás éve: 1969) és egy vetésforgós szabadföldi tartamkísérlet (beállítás éve: 1963) kukorica szakaszaiban 1996-ban, 1997-ben és 1998-ban, illetve őszi búza szakaszaiban 1993-ban történt.

A vizsgálat tárgyát a kukorica illetve őszi búza szemtermése, a talaj szervesanyag-, összes N-, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- és AL-K<sub>2</sub>O tartalma, a talaj pH-ja (pH<sub>KCl</sub>, illetve pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>), a talaj biológiai aktivitása (Unger-féle cellulózteszt), a talaj agronómiai szerkezete, valamint a talajmorzsák vízállósága képezte.

A kísérleti terület talajtípusa Ramann-féle barna erdőtalaj, ami humuszban szegény, felvehető foszforral gyengén, káliummal közepesen ellátott semleges pH-jú homokos vályog. Ötvenéves átlagban az évi átlagcsapadék: 700 mm, a csapadékos napok száma: 161, az átlagos napi középhőmérsékelt: 10,8 °C.

A vetésforgós tartamkísérlet két ötszakaszos vetésforgót foglal magában négy-négy ismétlésben (őszi búza - lucerna - lucerna - őszi búza - kukorica; szudánifű - őszi búza - zabosbükköny - őszi búza - kukorica).

A kísérlet kéttényezős, sávos elrendezésű kísérletként értékelhető, melyben a különböző műtrágyaadagok és az istállótrágya, valamint a vetésforgók összetételének hatása vizsgálható.

A kukorica monokultúra kísérlet szintén kéttényezős, de osztott parcellás elrendezésű kísérlet négy-négy ismétléssel és benne a különböző műtrágyaadagok, valamint a N kijuttatás időpontjának hatása tanulmányozható.

Az eredmények statisztikai megbízhatóságát egy és kéttényezős varianciaanalízissel elemeztük.

Az eredményekből az a következtetés vonható le, hogy a kukorica monokultúrához viszonyítva az adott termőhelyi körülmények között a vetésforgó kedvezően befolyásolta a kukorica szemtermését, a talaj szervesanyag-, összes N- és  $AL-P_2O_5$  tartalmát, a talajmorzsák vízállóságát, valamint kismértékben az agronómiai szerkezetét.

Az őszi búza szemtermését nem a vetésforgó növényösszetétele, hanem a közvetlen előveteménye befolyásolta. Az előveteményeknek ez a hatása a tápanyagellátás színvonalának emelkedésével csökkent, de nem szűnt meg teljesen.

A vetésforgó növényösszetétele szignifikánsan befolyásolta a kukorica szemtermését, a talaj szervesanyag- és összes N tartalmát, a C/N arányát, KCl-os pH-ját, biológiai aktivitását, a talajmorzsák vízállóságát, valamint az őszi búza szakaszok talajának agronómiai szerkezetét. A lucernát tartalmazó vetésforgóban az előbb felsorolt paraméterek kedvezőbbek voltak.

A kukorica illetve őszi búza szakaszokban mért eredmények alapján megállapítható, hogy az egyes szántóföldi növények egymástól

különböző gyökérzete, valamint termesztésük egymástól eltérő agrotechnikája, talajművelési rendszere is jelentősen hatott a talaj agronómiai szerkezetének alakulására. A vetésforgók búza szakaszaiban jelentősen kedvezőbb volt a talaj agronómiai szerkezete, mint kukoricában.

A tápanyagellátási színvonal emelkedésének hatására vetésforgóban és monokultúrában egyaránt növekedtek a szemtermések, valamint a talaj szervesanyag-, összes N-, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-, AL-K<sub>2</sub>O tartalma és biológiai aktivitása, továbbá javult a száraz szitálással vizsgált agronómiai szerkezete, viszont romlott a talajmorzsák vízállósága.

Vetésforgóban a nagy műtrágyaadagon felül pluszban kijuttatott istállótrágya javította a talajmorzsák vízállóságát, ezért alkalmazása rossz szerkezetű talajokon és a talajvédelmi problémák megoldásánál különösen ajánlott. Az istállótrágya egyes vizsgálati paramétereiket pozitívan befolyásoló hatása a lucerna nélküli vetésforgóban volt jelentősebb.

Kukorica monokultúrában a N kijuttatás időpontjának változatai befolyásolták a kukorica szemtermését, a talaj AL-K<sub>2</sub>O tartalmát, és biológiai aktivitását. A N kijuttatás különböző időpontjainak hatása alapján a kukorica tápanyagellátása során mindenképpen a tavaszi N-kijuttatás javasolható. A nitrogén műtrágya tavasszal több adagban történő kijuttatásának jelentőségét az általa eredményezett hektáronkénti néhány mázsás kukorica szemtermés többlet egyes esetekben gazdaságilag is igazolhatja.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a monokultúras termesztéshez viszonyítva a vetésforgókban pótlólagos befektetés nélkül



még magas színvonalú tápanyagellátás mellett is jelentősen nagyobb termékek érhetőek el az adott termőhelyi körülmények között úgy, hogy emellett a talaj termékenysége- és a káros környezeti hatásokkal szembeni ellenállósága szempontjából fontos egyes fizikai és kémiai paraméterek javulnak. A vetésforgók, de legalább az ésszerű vetésváltás ezért a jövőben is nélkülözhetetlen eleme kell hogy legyen nem csak a "low-input", hanem az intenzív mezőgazdasági termelésnek egyaránt.

A vetésforgók alkalmazásának termésre és talajtermékenységre gyakorolt előnyös hatása mellett az eredmények azt is bizonyítják, hogy barna erdőtalajon tisztán műtrágyahasználattal is fenntartható a talaj termékenysége és biztosítható a nagy termékek elérése úgy, hogy egyben javul a talaj tápanyagtartalma, biológiai aktivitása és néhány szerkezeti paramétere. A talaj állapotára a kísérleti kezelések közül egyedül a kukorica monokultúrában alkalmazott provokatív mennyiségűnek tekinthető 900 kg NPK/ha műtrágyahatóanyag adag gyakorolt kimutathatóan kedvezőtlen hatást. A gyakorlatban alkalmazott műtrágyahatóanyag adagok hatására ezért Ramann-féle barna erdőtalajon nem talajállapot romlásra, hanem javulásra kell számítani.

## 7.1. Summary

Nowadays several opinions are expressed about the role of the different cropping systems in the sustainable agricultural development and about the importance of biodiversity. In the dissertation the effect of crop rotation and continuous cropping on the yield and on soil fertility is discussed. The study was conducted in a maize continuous cropping and a crop rotation long term field experiment set up in 1969 and 1963 respectively, by the Institute of Agronomy of the Georgikon Faculty of the University of Veszprém in Keszthely. The years of the study were 1996, 1997 and 1998 in the maize plots, while 1993 in the winter wheat plots.

The objectives of the study were the grain yield, the soil organic matter (SOM)-, total nitrogen (TN)-, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- and AL-K<sub>2</sub>O content, the soil pH (pH<sub>KCl</sub> and pH<sub>H2O</sub>), the biological activity (BA) of the soil (cellulose degradation test by Unger's method), aggregate size distribution (ASD) and the water resistance of the soil aggregates (WR).

The soil was a Ramann-type brown forest soil (Eutric Cambisol). The available phosphorous content of this sandy loam soil was low (AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 60-80 mgkg<sup>-1</sup>), the potassium content medium (AL-K<sub>2</sub>O: 140-160 mgkg<sup>-1</sup>) and the humus content fairly low (1.6-1.7%), with a neutral pH. Long-term annual mean precipitation was 700 mm, but the distribution was often unfavourable. The average number of rainy days is 161, with a mean annual temperature of 10.8 °C.

The bi-factorial trials were arranged in randomized complete block (crop rotation) and split plot design (continuous cropping) with

four replications. The plot size is 129,2 m<sup>2</sup> in case of crop rotation and 88,8 m<sup>2</sup> in case of maize continuous cropping.

In the experiments fertilization can succeed differently in the crop rotations (winter wheat - alfalfa - alfalfa - winter wheat - maize; winter wheat - oats and vetch - winter wheat - maize - sorghum) and in the maize continuous cropping. Four fertilizer treatments were involved in both trial (crop rotation: a<sub>1</sub>: control; a<sub>2</sub>: 520 kg NPK ha<sup>-1</sup> 5 yr<sup>-1</sup>; a<sub>3</sub>: 2080 kg NPK ha<sup>-1</sup> 5 yr<sup>-1</sup>; a<sub>4</sub>: 2080 kg NPK + 35 t farmyard manure ha<sup>-1</sup> 5 yr<sup>-1</sup>, continuous cropping: a<sub>1</sub>: control; a<sub>2</sub>: 300 kg NPK ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>; a<sub>3</sub>: 600 kg NPK ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>; a<sub>4</sub>: 900 kg NPK ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>). In the crop rotations farmyard manure was applied before maize every fifth year. In the maize continuous cropping experiment, beside the fertilizer rates, the effect of timing of N application can also be studied (once in spring, once in autumn, twice in spring).

Analysis of variance was used to test the statistical significance of the treatments.

It can be concluded that in this environment crop rotation had positive effect on the maize yield, on the SOM-, TN- and AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content, further on the WR and slightly on the ASD, compared to the effect of continuous cropping.

The yield of winter wheat was not influenced by the type of the crop rotation, but was by its direct preceding crop. This effect of the forecrops on the wheat yield decreased with the rise in fertilizer rates, but did not disappear completely.

The plant composition of the crop rotation influenced the SOM- and the TN content, the C/N ratio, the pH<sub>KCl</sub>, the BA, the WR and the

ASD significantly. These parameters were favourable in the crop rotation with alfalfa.

As the data from the maize and wheat plots proved, the different root- and soil tillage systems of the certain crops influenced the ASD. The ASD was significantly more favourable in the wheat, than the maize plots.

With the rise in fertilizer rates the yield, the SOM-, the TN-, the AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-, the AL-K<sub>2</sub>O- content and the BA increased, further the ASD improved, while the WR degraded.

The WR improving effect of farmyard manure could be observed in the manured plots, so application of farmyard manure can be advised for conservation farming systems. The positive effect of the farmyard manure on all the parameters that were influenced by it, was more important in the crop rotation without alfalfa.

In the maize continuous cropping the timing of nitrogen application had influenced the yield, the AL-K<sub>2</sub>O content and the BA. The yield of maize was the highest when N was applied in two dosage in the spring.

It can be concluded that higher yields can be registered in crop rotation in this environment compared to continuous cropping even at high nutrient level without any extra investment. In addition soil fertility and some chemical and physical soil properties that are important from the aspect of soil conservation improved. For this reason crop rotation, or at least a rational sequence of the crops should be a major determinant not only in the low input-, but in the intensive farming as well.

Beside the positive effect of crop rotation on yield and soil

fertility, data prove that soil fertility can be sustained and improved, further high yields can be produced only by sole mineral fertilizer application. Only the 900 kg NPK ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> active mineral fertilizer ingredient application damaged the condition of the soil, so the fertilizer rates that are applied in the practical farming do not damage, but improve the soil condition.

## 8. Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek és doktori "B" program vezetőmnek, Dr. Kismányoky Tamás egyetemi tanárnak munkám során nyújtott biztató és erőt adó támogatásáért, a kísérleti háttér és infrastruktúra biztosításáért, valamint értékes szakmai segítségéért.

Köszönetemet fejezem ki doktori "A" program vezetőmnek Dr. Debreczeni Béláné egyetemi tanárnak segítőkész támogatásáért és szakmai tanácsaiért.

Köszönettel tartozom Dr. Németh István címzetes egyetemi docensnek munkám során nyújtott segítségéért, szakmai, gyakorlati tanácsaiért.

Köszönet illeti Fóth Éva tanszéki mérnököt, aki segítségemre volt a talaj biológiai aktivitásának vizsgálata során.

Köszönöm Dr. Kismányoky Tamásné tanszéki mérnöknek az adatok biometriai feldolgozásához nyújtott segítségét.

Megköszönöm Beőszé Judit tanszéki előadónak és Fitos Hajnalka tanszéki adminisztrátornak, hogy segítettek dolgozatom gépelésében.

Köszönettel adózom a Földműveléstani-, a Növénytermesztéstani-, valamint a Genetika és Növénynevelés Tanszékek dolgozóinak, továbbá valamennyi munkatársamnak, akik segítő szándékú szakmai tanácsaikkal, támogató együttműködésükkel segítettek munkámat.

## 9. Irodalomjegyzék

- AL-DURRAH M. M. - BRADFORD J. M. (1982): The mechanism of raindrop splash on soil surfaces. Soil Science Society of America Journal. 46. 1086-1090.
- ALLISON F. E. (1973): Soil Organic Matter and its Role in Crop Production. Elsevier, Amsterdam.
- ANGERS D. A. - BOLINDER M. A. - CARTER M. R. - GREGORICH E. G. - DRURY C. F. - LIANG B. C. - VORONEY R. P. - SIMARD, R. R. - DONALD, R. G. - BEYAERT, R. P. - MARTEL, J. (1997): Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool, humid soils of eastern Canada. Soil and Tillage Research. 41:191-201.
- ANSORGE H. (1966): Untersuchungen über die Wirkung des Stallmistes im "Statischen Düngungsversuch" - Lauchstadt. 4. Mitteilung: Veränderung der Mikroorganismenaktivität im Boden. Albrecht-Thaer-Archiv. 10. 575-583.
- ARMBRUST D. V. - DICKERSON J. D. - SKIDMORE E. L. - RUSS O. G. (1982): Dry soil aggregation as influenced by crop and tillage. Soil Science Society of America Journal. 46. 390-393.
- AULAKH M. S. - DORAN J. W. - WALTERS D. T. - MOISER A. R. - FRANCIS D. D. (1991): Crop residue type and placement effects on denitrification and mineralization. Soil Science Society of America Journal. 55. 1020-1025.
- BAIRD J. V. - ALDRICH S. R. (1961): Growing continuous corn. Crops and Soils. 6. 9-12.

- BALL B. C. - CAMPBELL D. J. - DOUGLAS J. T. - HENSHALL J. K. - O'SULLIVAN M. F. (1997): Soil structural quality, compaction, and land management. *European Journal of Soil Science*. 48. 593-601.
- BALLENEGGER R. - DI GLÉRIA J. (1962): Talaj- és trágyavizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- BARABÁS Z. (1987): A búzatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- BATHKA G. R. - BLAKE G. R. (1984): Effects of soyabeans on soil properties related to soil erodability. *Soil Science Society of America Journal*. 48. 1398-1401.
- BAUDER J.W. - MAHMOOD S. - SCHAFF B. E. - SIELER D. J. - JACOBSEN J. S. - SKOGLEY E. O. (1997): Effect of Phosphorus Soil Test Level on Sorghum-Sudangrass Response to Phosphorus Fertilizer. *Agronomy Journal*. 89. 9-16.
- BERG B. (1984): Decomposition of root litter and some factors regulating the process: Long-term root litter decomposition in a Scots pine forest. *Soil Biology and Biochemistry*. 16. 609-617.
- BERZSENYI Z. (1988): Vetésforgó és monokultúra. In: Szántóföldi gyomnövények és biológiájuk (Szerk.: HUNYADI K.). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 415 - 419.
- BERZSENYI Z. - GYŐRFFY B. (1996): A vetésforgó és a trágyázás hatása a kukorica termésére, és termésstabilitására tartamkísérletekben. *Növénytermelés*. 45. 281-296.
- BIRKÁS M. (1993): Talajművelés. In: Földműveléstan (Szerk.: NYÍRI L.). Mezőgazda Kiadó, Budapest.



- BIRKÁS M. - GYURICZA CS. - GECSE M. - PERCZE A. (1999): Az ismételt tárcsás sekélyművelés hatása egyes növénytermesztési tényezőkre barna erdőtalajon. Növénytermelés. Tom. 48. No. 4. 387-402.
- BLASKÓ L. - DEBRECZENI B-né - HOLLÓ S. - KADLICKÓ B. - SÁRVÁRI M. (1998): Mútrágyázás, talajsavanyodás és meszezés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain. OMTK Hálózati Tanács, Kompolt -Karcag.
- BOCZ E. (1975): Az elővetemény szerepe az őszi búza termesztésében. In: Összefüggés a búza előveteménye, tápanyagellátása és terméseredménye között (BOCZ E. - SÁRVÁRI M.). Növénytermelés. 30. 437 - 445.
- BOCZ E. - ANTAL J. - KÉSMÁRKI I. - KISMÁNYOKY T. - KOVÁCS G. - KOVÁTS A. - RAGASITS I. - RUZSÁNYI L. - SZABÓ M. - VARGA J. (1992): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- BORIN M. - MENINI C. - SARTORI L. (1997): Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. Soil and Tillage Research. 40. 209-226.
- BRADFORD J. M. - HUANG C. (1992): Mechanisms of crust formation: physical components. In: Soil Crusting: Physical and Chemical Processes. (Szerk.: SUMNER M. E. - STEWART B. A.). Lewis, Boca Raton, Florida.
- BRESSON L. M. - BOFFIN J. (1990): Morphological characterization of soil crust development stages on an experimental field. Geoderma. 47. 301-325.

- BREZOVCSEKNÉ A. M. - GULYÁS F. - TÓTH B. (1984): A nitrogénműtrágyák hatása a silókukorica hozamára és a talajbiológiai folyamatokra. *Agrokémia és Talajtan*. 33. 403-416.
- BRYAN R. B. (1968): The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. *Geoderma*. 2. 5-26.
- BUCHANAN M. - KING L. D. (1993): Carbon and phosphorus losses from decomposing crop residues in no-till and conventional till agroecosystems. *Agronomy Journal*. 85. 631-638.
- BUZÁS I. (1988): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- BUZÁS I. - FEKETE A. (1979): Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM NAK, Budapest.
- CAMPBELL C. A. - ZENTNER R. P. (1993): Soil Organic Matter as Influenced by Crop Rotations and Fertilization. *Soil Science Society of America Journal*. 57. 1034-1040.
- CARON J. - KAY B. O. - PERFECT E. (1992): Short-term decrease in soil structural stability following bromegrass establishment on clay silt loam. *Plant and Soil*. 143. 121-130.
- CHAN K. Y. - MULLINS C. E. (1994): Slaking characteristics of some Australian and British soils. *European Journal of Soil Science*. 45. 273-283.
- CHAN K. Y. - HEENAN D. P. - ASHLEY R. (1994): Seasonal changes in surface aggregate stability under different tillage and crops. *Soil and Tillage Research*. 28. 301-314.
- CHENU C. (1989): Influence of a fungal polysaccharide, scleroglucan, on clay microstructures. *Soil Biology and Biochemistry*. 21. 299-

- CHRISTENSEN N. B. - LINDEMANN W. C. - SALZAR-SOSA E. - GILL L. R. (1994): Nitrogen and carbon dynamics in no-till and stubble mulch tillage system. *Agronomy Journal*. 86. 298-303.
- CHURCHMAN G. J. - TATE K. R. (1987): Stability of aggregates of different size grades in allophanic soils from volcanic ash in New Zealand. *Journal of Soil Science*. 38. 19-27.
- COLLINS H. P. - ELLIOT L. F. - PAPENDICK R. I. (1990): Wheat straw decomposition and changes in decomposability during field exposure. *Soil Science Society of America Journal*. 54. 1013-1016.
- COLLINS H. P. - RASMUSSEN P. E. - DOUGLAS C. L. (1992): Crop rotation and residue management effects on soil carbon and microbial dynamics. *Soil Science Society of America Journal*. 56. 783-788.
- COOK L. R. - ELLIS B. G. (1987): *Soil Management*. John Wiley & Sons, Inc. USA. 61-76.
- COOKE G. W. (1964): Soil Structure and Nutrient Uptake. Report of the Rothamsted Experimental Station for 1964. 47-51.
- CRAMER C. (1989): 10 keys to a profitable crop mix. *New Farm*. 11. 19-22.
- CURMI P. - MÉROT P. - ROGER-ESTRADE J. - CANEILL J. (1996): Use of environmental isotopes for field study of water infiltration in the ploughed soil layer. *Geoderma*. 72. 203-217.
- CSERHÁTI S. (1905): *Növénytermelés I. kötet. Általános növénytermelés*. Nitsmann József Nyomdája, Győr.
- CSERHÁTI S. (1906): *Általános és különleges növénytermesztés*.

Nitsmann József Nyomdája, Győr.

- DEBRECZENI B. (1991): Előveteményhatás és a N-műtrágyázás kapcsolata különböző termőhelyeken. In: A talajtermékenység fenntartásának és fokozásának lehetőségei. XXXIII. Georgikon Napok I. kötet (Szerk.: KISMÁNYOKY, T. - BALÁZS J.). Keszthely. 53 - 59.
- DEBRECZENI B. (1994/a): A műtrágyázás hatása a talajok nitrogénforgalmára. In: Trágyázási Kutatások 1960-1990 (Szerk.: DEBRECZENI B. - DEBRECZENI B.-né). Akadémiai Kiadó, Budapest. 121.
- DEBRECZENI B. (1994/b): Tartamtrágyázás hatása a talaj kémhatására. In: Trágyázási Kutatások 1960-1990 (Szerk.: DEBRECZENI B. - DEBRECZENI B.-né). Akadémiai Kiadó, Budapest. 112.
- DEBRECZENI B. - PÉTERFALVI A. - DVORACSEK M. (1994/a): A foszforfeltöltődés folyamata az OMTK talajaiban. In: Trágyázási Kutatások 1960-1990 (Szerk.: DEBRECZENI B. - DEBRECZENI B.-né). Akadémiai Kiadó, Budapest. 139-145.
- DEBRECZENI B. - PÉTERFALVI A. - DVORACSEK M. (1994/b): Káliumfeltöltődés folyamata az OMTK talajaiban. In: Trágyázási Kutatások 1960-1990 (Szerk.: DEBRECZENI B. - DEBRECZENI B.-né). Akadémiai Kiadó, Budapest. 147-150.
- DE PLOEY J. - POESEN J. (1985): Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion. In: Geomorphology and Soils (Szerk.: RICHARDS K. S. - ARNETT R. R. - ELLIS S.). Allen and Unwin, London. 99-120.
- DEXTER A. R. (1988): Advances in characterisation of soil structure.

- Soil and Tillage Research. 11. 199- 238.
- DI GLÉRIA J. (1959): Mezőgazdasági Kémia. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- DORNER B. (1924): A kereskedelmi trágyák történelme, gyártása és használata. Athenaeum Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest.
- DVORACSEK M. - DI GLERIA J. - KLIMES-SZMIK A. (1957): Talajfizika és Talajkolloidika. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- EDWARDS J. H. - THURLOW D. L. - EASON J. T. (1988): Influence of tillage and crop rotation on yields of corn, soybean and wheat. Agronomy Journal. 80. 76 - 79.
- EDWARDS C. A. - LAL R. - MADDEN P. - MILLER R. H. - HOUSE G. (1990): Sustainable Agricultural Systems. Soil and Water Conservation Society, Iowa.
- EGNER H. - RIEHM H. - DOMINGO W. R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für Beurteilung des Nährstoff zustandes der Böden. II. Lantbr. Högsk. Ann. 26. 199-215.
- ELLIOTT E. T. (1986): Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Science Society of America Journal. 50. 627-633.
- ELLIOT E. T. - CAMBARDELLA C. A. (1991): Physical separation of soil organic matter. Agricultural Ecosystem and Environment. 34. 407-419.
- ELLSWORTH T. R. - CLAPP C. E. - BLACK GR. (1991): Temporal variations in soil structural properties under corn and soyabean

- cropping. Soil Science. 151. 405-416.
- EMERSON W. W. (1967): A classification of soil aggregates based on their coherence in water. Australian Journal of Soil Research. 5. 47-57.
- EMERSON W. W. - GREENLAND D. J. (1990): Soil aggregates - formation and stability. In: Soil colloids and their associations in aggregates (Szerk.: DE BOODT M. - HAYES M. - HERBILLON A.). Plenum Press. New York. 485-511.
- FARRES P. J. (1987): The dynamics of rainsplash erosion and the role of soil aggregate stability. Catena. 14. 119-130.
- FEHÉR, D. (1937): Wesen und Bedeutung der biologischen Aktivität der Ackerböden für die praktische Landwirtschaft. Landwirtstagung, Bratislava. 28-43.
- FEHÉR D. (1954): Talajbiológia. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- FEKETE Z. (1958): Talajtan és trágyázástan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- FERTS I. (1955): Termőföld. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- FILEP GY. (1988): Talajvizsgálat. Egyetemi jegyzet. DATE, Debrecen.
- FJODOROV M. V. (1954): Pocsvennoje mikrobiologija. Izd. Szovjetszkaja Nauka, Moszkva.
- FÖRGETEG S. - PAPP E. (1967): A kukorica és az őszi búza monokultúrás termesztésének néhány kérdése. In: Talajtermékenység. (Szerk.: SIPOS S.) Nagykunsági Mezőgazdasági Kutató Intézet, Karcag. 171-182.
- FRANCIS C. A. - CLEGG M. D. (1990): Crop Rotations in Sustainable Agricultural Systems. In: Sustainable Agricultural Systems (Szerk.:

- EDVARDS C. A. - LAL R. - MADDEN P. - MILLER R. H. - HOUSE G.). Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa. 107-123.
- FRANCIS C. A. - FLORA C. B. - KING L. D. (1990): Sustainable Agriculture in Temperate Zones. John Wiley&Sons, New York.
- FRANKENBERGER W. T. és JOHANSON J. B. (1983): Method of measuring invertase activity in soils, Plant and Soil. 74. 301-311.
- FRENKEL H., - GOERTZEN J. O. - RHOADES J. D. (1978): Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. Soil Science Society of America Journal. 42. 32-39.
- FÜLEKY GY. - KOVÁCS K - DEBRECZENI B. (1994): A kálium-műtrágyázás hatása a rozsdabarna erdőtalaj AL-oldható káliumtartalmára. In: Trágyázási Kutatások 1960-1990 (Szerk.: DEBRECZENI B. - DEBRECZENI B.-né). Akadémiai Kiadó, Budapest. 145-147.
- GAWRONSKA A. - KULINSKA D. - WOJTOWIAK D. (1990): Long-term monoculture of maize versus biological properties of soil. Agrokémia és Talajtan. 39. 430-432.
- GERKE H. H. - VAN GENUCHTEN M. T. (1993): A dual-porosity model for simulating the preferential movement of water and solutes in structured porous media. Water Resources Research. 29. 305-319.
- GLINSKI J. - LIPIEC J. (1990): Soil Physical Conditions and Plant Roots. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- GRÁBNER E. (1956): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági

Kiadó, Budapest.

- GULYÁS F. (1967): Adatok néhány talajgomba szerepéről a lignin mikrobiológiai lebontásában. *Agrokémia és Talajtan*. 16. 137-146.
- GULYÁS F. (1974): Cellulóz bontó aktivitás meghatározása szolonyec talajon, különböző növényformációk alatt. *Agrártudományi Közlemények*. 33. 183-186.
- GÜNTHER E. (1951): *Bodenfruchtbarkeit als biologisches Problem*. Deutsche Landwirtschaft, Berlin.
- GYÓRFFY B. (1975/a): A növénytermesztési kutatások 30 éve. *Tudomány és mezőgazdaság*. 13. 17-20.
- GYÓRFFY B. (1975/b): Vetésforgó-vetésváltás-monokultúra. *Agrártudományi Közlemények*, Budapest. 34. 61-90.
- GYÓRFFY B. (1990/a): Tartamkísérletek Martonvásáron. In: *Martonvásár második húsz éve* (Szerk.: KOVÁCS I.). Martonvásár. 110-118.
- GYÓRFFY B. (1990/b): Kemizáció, talajtermékenység és környezetkímélő növénytermesztés. *VEAB Értesítő*. 13 - 25.
- GYÓRFFY B. (1993): Long term experiments with crop factors Martonvásár (1960-1990). *Strategies for Sustainable Agriculture Conference proceedings, 21-26 September, 1992*. Martonvásár, Hungary. 27-30.
- GYÓRFFY B. - ISÓ I. - BÖLÖNI I. (1965): *Kukoricatermesztés*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- GYÓRFFY B. - BERZSENYI Z. (1992): *Martonvásári vetésforgó kísérlet 30 év termésadatának összesítése 1961 - 1992*. Martonvásár. 2. 16.



- GYÓRI D. (1984): A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- GYÓRI D. - MATUSNÉ S. K. - PALKOVICS M-né (1998): Helyszíni és laboratóriumi talajvizsgálatok. Egyetemi jegyzet. Pannon Agrártudományi Egyetem, Keszthely.
- GYURICZA CS. - FARKAS CS. - BARÁTH CS-né - BIRKÁS M. - MURÁNYI A. (1998): A penetrációs ellenállás vizsgálata talajművelési tartamkísérletben gödöllői barna erdőtalajon. Növénytermelés. Tom. 47. No. 2. 199-212.
- HADAS A. - WOLF D. -MERISON I. (1978): Tillage implements. Soil structure relationships and their effects on crop stands. Soil Science Society of America Journal. 42. 632-637.
- HALÁSZ É. (1964): Adatok a trágyázás és a vetésforgó hatásáról a kukorica golyvás- és rostosüszög fertőzöttségéhez. Növénytermelés. 13. 13-26.
- HARGITAI L. (1988): A talaj szerves anyagának meghatározása és jellemzése. In: Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerekönyv 2 (Szerk.: BUZÁS I.). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- HARMATI I. (1995): A kukorica nitrogén és foszfor műtrágyázása meszes réti talajon. Agrokémia és Talajtan. 44. 31.
- HARTMANN F. (1992): Gondolatok a kukorica vegyszeres gyomirtásához. Agrofórum. 3. szám II. különszám. 38 - 44.
- HASSINK J. - BOWMAN L. A. - ZWART K. B. - BLOEM J. - BRUSSARD L. (1993): Relationship between soil structure, physical protection of organic matter, soil biota, and C and N mineralization in grassland soils. Geoderma. 57. 105-128.

- HAVLIN J. L. - KISSE D. E. - MADDUX L. D. - CLAASSEN M. M. - LONG J. H. (1990): Crop Rotation and Tillage Effects on Soil Organic Carbon and Nitrogen. *Soil Science Society of America Journal*. 54. 448-552.
- HAYNES R. J. - SWIFT R. S. (1990): Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. *Journal of Soil Science*. 41. 73-83.
- HEGEDÜS L. (1980): Talajtani laboratóriumok módszerkönyve. MÉM NAK, Budapest.
- HELMECZI B. et. al. (1987): Effect of acidification on soil microorganisms. In: *Proceedings of the 9th International Symposium on Soil Biology and Conservation of the Biosphere* (Szerk.: SZEGI J.). Akadémiai Kiadó, Budapest. 2. 777 - 791.
- HERMAN W. A. - MCGILL W. B. - DORMAAR J. F. (1977): Effects of initial chemical composition on decomposition of roots of three grass species. *Canadian Journal of Soil Science*. 57. 205-215.
- HICKISCH B. - MÜLLER G. (1990): Effect of fertilization on microorganisms in a long-term field experiment. *Agrokémia és Talajtan*. 39. 415 - 418.
- HOLLÓ S. (1994/a): A szerves- és műtrágyázás tartamhatásának összehasonlító vizsgálata csernozjom barna erdőtalajon. In: *Trágyázási kutatások 1960 - 1990* (Szerk.: DEBRECZENI B. - DEBRECZENI B.-né.). Akadémia Kiadó, Budapest. 324 - 330.
- HOLLÓ S. (1994/b): A P-műtrágyázás hatása a csernozjom barna erdőtalaj könnyen oldható P-tartalmára. In: *Trágyázási Kutatások 1960-1990* (Szerk.: DEBRECZENI B. - DEBRECZENI B.-né.).

- Akadémiai Kiadó, Budapest. 136-138.
- HOLLÓ S. - PAPP G. - PUMMER L. (1997): A trágyázás direkt- és utóhatásainak vizsgálata tartamkísérletekben. *Növénytermelés*. 35. 125-137.
- IBRAHIM A. N. (1976): Straptomyces population of the soil and rhizosphere of berseem and lucerne. *Al -Azher Bulletin of Agricultural Sciences*, Cairo.
- IMSENYECKIJ A. A. (1950): *Mikrobiologija cellulozü*. Izd. A. N. SSSR. Moszkva.
- JARVIS N. J. - JANSSON P-E - DIK P. E. - MESSING I. (1991): Modeling solute and water transport in macroporous soil. I. Model description and sensitivity analysis. *Journal of Soil Science*. 42. 59-70.
- JENKINSON D. S. (1965): Studies on the decomposition of plant material in soil: I. Losses of carbon from <sup>14</sup>C labelled ryegrass incubated with soil in the field. *Journal of Soil Science*. 16. 104-115.
- JOHNTSON A. E. (1988): Benefits from Long-term Ecological Research. Some Examples from Rothamsted. In: *Long term Ecological Research - A Global Perspective*. Final Report of the International Workshop. UNESCO - MAB Program, Budapest. 288-312.
- JOLÁNKAI M. - SZALAI T. - SZENTPÉTERY ZS. (1998): Agroecological environment influenced by fertilizer and agrochemical impacts. *Proceedings of International Conference on Soil Condition and Crop Production*. 2-5. September. Gödöllő,

Hungary.

- KACSINSZKIJ. (1952): A Talaj. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- KARLEN D. L. - DORAN J. W. (1993): Agroecosystem responses to alternative crop and soil management systems in the U. S. corn-soybean belt. International Crop Science I. Crop Science Society of America, Madison. 55-61.
- KAZMAN Z. - SHAINBERG I. - GAL M. (1983): Effect of low levels of exchangeable sodium and applied phosphogypsum on the infiltration rate of various soils. Soil Science. 135. 184-192.
- KÁDÁR I. (1979): Földművelésünk nitrogén foszfor és kálium mérlege. Agrokémia és Talajtan. 28. 527-544.
- KÁDÁR I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest.
- KÁDÁR I. (2000): A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) elemfelvételére meszes csernozjom talajon. II. Növénytermelés. 49. 127-140.
- KÁPOSZTA J. (1967): Az őszi búza és a kukorica különböző vetésváltásának és monokultúras termesztésének vizsgálata a trágyázási módoktól függően. In: Talajtermékenység (Szerk.: SIPOS, S.) Nagykunsági Mezőgazdasági Kísérleti Intézet. Karcag. 183 - 201
- KÁTAI J. (1999): Talajmikrobiológiai jellemzők változása trágyázási tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan. 48. 348-358.
- KÁTAI J. et al. (1983): Effect of irrigation and fertilization on the microscopic fungi of the soil. In: Soil Biology and Conservation of

- the Biosphere (Szerk.: SZEGI J.) Akadémiai Kiadó. Budapest. 133-143.
- KECSKÉS M. (1985): A peszticidek talajbiológiája. In: A mezőgazdaság kemizálásának talajbiológiai kérdései (Szerk.: TÓTH B.). MTA VEAB, Veszprém. 205-250.
- KEMENESY E. (1959): Talajerőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- KEMENESY E. (1961): A földművelés irányelvei. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- KEMENESY E. (1964): Talajművelés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- KEMENESY E. (1972): Földművelés, talajerőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- KEMPER W. D. - ROSENAU R. C. (1984): Soil cohesion as affected by time and water content. Soil Science Society of America Journal. 48.1001-1006.
- KHAN S. U. (1970): Enzymatic activity in a gray wooded soil as influenced by cropping systems and fertilizers. Soil Biology and Biochemistry. 2. 137 - 139.
- KHONJE D. J. - VARSA E. C. - KLUBEK K. (1989): The acidulation effects of nitrogenous fertilizers on selected chemical and microbiological properties of soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 20. (13 - 14.) 1377 - 1395.
- KISMÁNYOKY T. (1986): A búza növényi sorrendjének és tápanyagellátásának néhány kérdése. In: Jövedelmezőbb búzatermesztés. MÉM Mérnök- és Vezetőképző Intézet, Budapest. 65-69.

- KISMÁNYOKY T. (1991): Vetésforgók, vetésváltás és monokultúrás szántóföldi kísérletek fontosabb eredményei. In: A talajtermékenység fenntartásának és fokozásának lehetőségei. (Szerk.: KISMÁNYOKY, T. - BALÁZS J.) XXXIII. Georgikon Napok Keszthely. I. kötet. 48 - 52.
- KISMÁNYOKY T. (1992): Talajtermékenység, műtrágyázás, talajhasználat. Agrofórum. 3. szám. Különszám - A tápanyaggazdálkodásról. 29 - 30.
- KISMÁNYOKY T. (1993): Szervestrágyázás. In: Földműveléstan. (Szerk.: NYÍRI L.) Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- KISMÁNYOKY T. - KOVÁTS A. - NÉMETH I. (1988): Az előveteményhatás kísérletek alapján várható érvényesülése a gabonaféléket koncentráltan termelő üzemekben. In: Tápanyaggazdálkodás (Szerk.: DEBRECZENI B. - MIKLAY F.-né). Agroinform, Budapest. 105 - 111.
- KISMÁNYOKY T. - NÉMETH I. - IVÁNCICS SNÉ B. A. (1993): A talaj cellulózbontó aktivitásának vizsgálata trágyázási tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan. 42. 473-479.
- KISMÁNYOKY T. - TÓTH Z. (1997): Role of Crop Rotation and Organic Manure in Sustainable Land Use. Agrokémia és Talajtan. 46. 99-106.
- KOLTAY Á. - BALLA L. (1989): Búzatermesztés és nemesítés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- KOVÁCS K. - FÜLEKY GY. (1994): A humusztartalom változása barna erdőtalajon. In: Trágyázási Kutatások 1960-1990 (Szerk.: DEBRECZENI B. - DEBRECZENI B.-né). Akadémiai Kiadó,

Budapest.121.

- KOVÁTS A. - ANTAL J. (1992): Tápanyagellátás. In: Szántóföldi növénytermesztés (Szerk.: BOCZ E.). Mezőgazda Kiadó, Budapest. 92-111.
- KÖNNECKE G. (1969): Vetésforgók. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- KRASZILNIKOV N. A. (1962): A mikroorganizmusok szerepe a növények életében. Agrokémia és Talajtan. 11. 413 - 417.
- KREYBIG L. (1951): Gyakorlati trágyázástan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- KREZEL Z. (1977): The effect of crop rotation on the biological activity of lighttextured soil. Proceedings of the 7th Meeting on Soil Biology and Conservation of the Biosphere. (Szerk.: SZEGI, J.) Akadémiai Kiadó. Budapest. 145-150.
- KRISZTIÁN J. - KADLICKÓ B. (1990): Földvédelem. Magyar Mezőgazdaság. 45. 9.
- LAL R. - PIERCE F. J. (1991): Soil Management for Sustainability. Soil and Water Conservation Society, Iowa.
- LÁNG G. (1957): Növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- LÁNG G. (1976): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest..
- LÁNG G. (1979): Ammóniumlaktát oldható foszformennyiség változása rendszeres műtrágyázás hatására különböző talajokon. Agrokémia és Talajtan. 28. 417-427.
- LARSSON K. - STEEN E. (1988): Changes in mass and chemical composition of grass roots during decomposition. Grass Forage Science. 43. 173-177.

- LÁSZTITY B. - GULYÁS F. (1978): A nagyadagú foszfor és kálium műtrágyázás hatása a talaj felvehető foszfor- és káliumtartalmának alakulására, a búza termésére és a talaj cellulózbontó aktivitására. *Növénytermelés*. 27. 323-330.
- LÁSZTITY B. - KÁDÁR I. - GULYÁS F. (1981): Műtrágyázás hatása néhány talaj cellulózbontó aktivitására. *Agrokémia és talajtan*. 30. 91-98.
- LÁSZTITY B. - GULYÁS F. - KÁDÁR I. (1989): The effect of "build up" P-K-fertilization on the cellulosic activity of some soil types. *Zentralbl. Mikrobiol. VEB Gustav Fischer Verlag Jena*. 144. 325-330.
- LE BISSONNAIS Y. (1996): Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science*. 47. 425-237.
- LE BISSONNAIS Y. - SINGER M. J. (1993): Seal formation, runoff and interrill erosion from seventeen California soils. *Soil Science Society of America Journal*. 57. 224-229.
- LICHTENEGGER E. (1985): A szántott réteg átszövődése gyökerekkel és ennek jelentősége a vetésforgóban. In: *Mezőgazdasági termelés és környezetvédelem*. I. kötet (Szerk.: SZABÓ Á.). VII. Georgikon Napok. Keszthely. 106-118.
- LINQUIST B. A. - SINGLETON P. W. - YOST R. S. - CASSMAN K. G. (1997): Aggregate size effects on the sorption and release of phosphorus in an Ultisol. *Soil Science Society of America Journal*. 61. 160-166.
- LOCH J. - NOSTICZIUS Á. (1983): *Alkalmazott kémia*. Mezőgazdasági



Kiadó, Budapest.

- LOCH R. J. (1994): A method for measuring aggregate water stability with relevance to surface seal development. *Australian Journal of Soil Science*. 32. 687-700.
- LŐRINCZ J. (1978): Szántóföldi gyomnövények. In: *Földműveléstan* (Szerk.: LŐRINCZ J.). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 103-121.
- LŐRINCZ J. - SIPOS S. - MENYHÉRT Z. - ÁNGYÁN J. - RADICS L. (1981): Előveteményhatás a kukoricatermesztésben I. Az elővetemény hatása a kukoricaállományokban felhasznált műtrágya hatékonyságára és a hozamokra. *Növénytermelés*. 30. 557-563.
- MÁNDY GY. (1974): A bő termés biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- MANNINGER J. (1963): Betegségekkel és rovarkártevőkkel szemben ellenálló hibridek nemesítése. Kukorica nemesítési és termesztési symposium előadásai. Martonvásár.
- MARTYNIUK S. - WAGNER G. H. (1978): Quantitative and qualitative examination of soil microflora associated with different management systems. *Soil Science*. 125. 343 - 350.
- McGHIE D. A. - POSNER A. M. (1980): Water repellence of a heavy textured western Australian surface soil. *Australian Journal of Soil Science*. 18. 309-323.
- MIGLIERINA A. M. - IGLESIAS J. O. - LANDRISCINI M. R. - GALANTINI J. A. - ROSELL R. A. (2000): The effect of crop rotation and fertilization on wheat productivity in the Pampean semiarid region of Argentina. 1. Soil physical and chemical properties. *Soil and Tillage Research*. 53. 129-135.

- MILLER. R. M. - JASTROW J. D. (1992): The role of micorrhizal fungi in soil conservation. In: Micorrhizae in sustainable agriculture (Szerk.: BETHLENFALVAY G. J. - LINDERMAN R. G.). ASA Specific Publication 54.
- MOLNÁR I. - KURJACKI I. - MILOSEV D. (1998): Conservation tillage systems in double crop soyabean-corn rotation and monoculture. Proceedings of International Conference on Soil Condition and Crop Production. 2-5. September. Gödöllő, Hungary.
- MOLNÁR I. (1999): Plodoredi u ratarstvu (Crop rotations in field crop production). Naucni Institut za Ratarstvo i Povrtarstvo, Novi Sad.
- MÜLLER G. (1991). Az agroökológia talajmikrobiológiai kérdései és az intenzív mezőgazdasági termelés. Agrokémia és Talajban. 40. 263-272.
- NAGY J. (1993): Műtrágyázás. In: Földműveléstan. (Szerk.: NYÍRI L.) Mezőgazda Kiadó, Budapest. 236-271.
- NAGY J. (1995). A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. Növénytermelés. 44. 493-506.
- NEARING, M. A. - BRADFORD, J. M. (1985): Single waterdrop splash detachment and mechanical properties of soils. Soil Science Society of America Journal. 49. 547-552.
- NEARING, M. A. - BRADFORD, J. M. - HOLTZ R. D. (1987): Measurement of waterdrop impact pressures of soil surfaces. Soil Science Society of America Journal. 51. 1302-1306.
- NEMES F. (1971): Növénytermesztés II. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

- NÉMETH I. (1982): Wirkung organischer und anorganischer Düngung auf Ertrag und Bodeneigenschaften. Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin. 97-102.
- NÉMETH I. (1985): A foszfor és kálium hatása a búza termésére barna erdőtalajon. In: Búzatermesztési kísérletek 1970-1980 (Szerk.: BAJAI J.). Akadémiai Kiadó, Budapest.
- NÉMETH I - TÓTH B. - NÉMETH ZS. (1989): Összefüggések a N-műtrágyázás, a termés és a talaj biológiai aktivitása között. Agrokémia és Talajtan. 38. 308-310.
- NÉMETH T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI, Budapest.
- NÉMETH T. - KÁDÁR I. (1999): Nitrát bemosódásának vizsgálata és a nitrogénmérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. 48. 377-386.
- NYÉKI J. (1975): Talajerőfenntartás. Agrártudományi Egyetem Keszthely.
- NYIRI L. - BIRKÁS M. - KISMÁNYOKY T. - LÁNSZKI I. - NAGY J. (1993): Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- OADES J. M. - WATERS A. G. (1991): Aggregate hierarchy in soils. Australian Journal of Soil Research. 29. 815-828.
- PANABOKKE C. R. - QUIRK J. P. (1957): Effect of initial water content on stability of soil aggregates in water. Soil Science. 83. 185-195.
- PERFECT E. - KAY B. D. - VAN LOON W. K. P. - SHEARD R. W. - POJASOK T. (1990/a): Factors influencing soil structural stability within a growing season. Soil Science Society of America Journal.

54. 173-179.

PERFECT E. - KAY B. D. - VAN LOON W. K. P. - SHEARD R. W. -  
POJASOK T. (1990/b): Rates of change soil in structural stability  
under forage and corn. 54. 179-186.

PESEK J. et al. (1989): Alternative agriculture. National Academy Press,  
Washington D. C. 138-141.

PETERSON T. A. - VARVEL G. E. (1989): Crop yield is affected by  
rotation and nitrogen rate. Agronomy Journal. 81. 735-738.

PIERCE F. J. - RICE C. W. (1988): Crop rotation and its impact of  
efficiency of water and nitrogen use. Soil Science Society of  
America. Journal. 56. 1577-1582.

PIKUL A. J. - ZUZEL M. (1994): Soil crusting and water infiltration  
affected by long-term tillage and residue management. Soil Science  
Society of America Journal. 58. 1524-1530.

PROKSZÁNÉ P. ZS. - SZÉLL E. - KOVÁCSNÉ K. M. (1995): A N-  
műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és néhány  
beltartalmi mutatójára eltérő évjáratokban réti öntéstalajon.  
Növénytermelés. 44. 33-42.

PUMMER L. - LADÁNYI E. - HOLLÓ S. (1997): A vetésforgó hatása a  
kukorica termésére különböző tápanyagszinteken szántóföldi  
tartamkísérletben. Növénytermelés. 46. 593-602.

RAIMBAULT B. A. - VYN T. J. (1991): Crop Rotation and Tillage  
Effects on Corn Growth and Soil Structural Stability. Agronomy  
Journal. 83. 979 - 985.

RASMUSSEN E. P. - COLLINS P. H. (1991): Long-term impacts of  
tillage, fertilizer and crop residue on soil organic matter in

- temperate semiarid regions. *Advances in Agronomy*. 45. 93-134.
- REICOSKY D. C. - DUGAS W. A. - TORBERT H. A. (1997): Tillage-induced soil carbon dioxide loss from different cropping systems. *Soil and Tillage Research*. 41. 105-118.
- REINERTSEN S. A. - ELLIOT L. F. - COCHRAN V. L. - CAMPBELL D. E. (1984): Role of available carbon and nitrogen in determining the role of wheat straw decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*. 16. 459-464.
- ROEMER T. - SCHEFFER F. (1959): *Lehrbuch des Ackerbaues*. Parey, Berlin.
- ROGER-ESTRADE J. - RICHARD G. - MANICHON H. (2000): A compartmental model to simulate temporal changes in soil structure under two cropping systems with annual mouldboard ploughing in a silt loam. *Soil and Tillage Research*. 54. 41-53.
- RÖMKENS M. J. M. - ROTH C. B. - NELSON D. W. (1977): Erodibility of selected clay subsoils in relation to physical and chemical properties. *Soil Science Society of America Journal*. 41. 954-960.
- RÖMKENS M. J. M. - PRASAD S. - WHISLER F. D. (1990): Surface sealing and infiltration. In: *Process Study in Hillslope Hydrology* (Szerk.: ANDERSON M. G. - BURT T.). J. Wiley and Sons, Chichester. 127-17.
- RUZSÁNYI L. (1991): A növények előveteményhatásának értékelése vízháztartási szempontból. *Növénytermelés*. 40. 71-78.
- RUZSÁNYI L. (1992/a): A vízellátás és trágyázás főbb kérdései a kukoricatermesztésben. *Agrofórum*. 3. szám II. különszám. 30 - 31.

- RUZSÁNI L. (1992/b): Gondolatok, adatok a műtrágyaigény és műtrágyahatás értékeléséhez. Agrofórum. 3. szám I. Különszám. A tápanyaggazdálkodásról. 38. p.
- SCHÖNBECK F. (1958): Strohdüngung und Bondenfruchtbarkeit. Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts - Gesellschaft, Frankfurt.
- SEKERA F. (1941): Probleme der Bodenbiologie. Rechnerstadt Verlag, Wien.
- SEKERA F. (1951): Gesunder und kranker Boden. Berlin.
- SHAINBERG I. (1992): Chemical and mineralogical components of crusting. In: Soil Crusting: Physical and Chemical Processes (Szerk.: SUMNER M. E. - STEWART B. A.). Lewis, Boca Raton, Florida. 33-54.
- SHARP R. E. - HSIAO T. C. - SILK W. K. (1990): Growth of the maize primary root at low water potentials: II. Role of growth and deposition of hexose and potassium in osmotic adjustment. Plant Physiology. 93. 1337-1346.
- SHONE M. G. T. - FLOOD A. V. (1983): Effects of periods of localized water stress on subsequent nutrient uptake by barley roots and their adaptation by osmotic adjustment. New Phytology. 94. 561-572.
- SIMS G. K. (1990) Biological degradation of soils. Advances in Soil Science. 11. 289-330.
- SIPOS G. (1978): Trágyázás. In: Földműveléstan (Szerk.: LŐRINCZ J). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- SIPOS S. (1978): Vetésforgó és vetésváltás. In: Földműveléstan (Szerk.: LŐRINCZ J). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 267.

- SMITH S. J. - SHARPLEY A. N. (1990): Soil nitrogen mineralization in the presence of surface and incorporated crop residues. *Agronomy Journal*. 82. 112-116.
- SNAPP S. S. (1994): A novel method to monitor root decomposition demonstrates that salt stress can enhance the rate of tomato root decomposition. *Agronomy Journal*. 86. 754-758.
- STALLINGS J. H. (1957): Soil use and improvement. Prentice - Hall. Engelwood Cliffs.
- STURZ A. V. - CARTER M. R. - JOHNSTON H. W. (1997): A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture. *Soil and Tillage Research*. 41. 169-189.
- SULLIVAN L. A. (1990): Soil organic matter, air encapsulation and waterstable aggregation. *Journal of Soil Science*. 41. 529-534.
- SULYOK L. - KÁDÁR I. (1988): A műtrágyázás hatása a talaj biológiai aktivitására és kapcsolata a növényi tápanygfelvétellel. *Növénytermelés*. 37. 53-60.
- SUMNER M. E. (1992): The electrical double layer and clay dispersion. In: *Soil Crusting: Physical and chemical Processes* (Szerk.: SUMNER M. E. - STEWART B. A.). Lewis, Boca Raton, Florida. 1-31.
- SURÁNYI J. (1957): A kukorica és termesztése. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- SVÁB J. (1973): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
- SZABÓ I. M. (1989): A bioszféra mikrobiológiája. III. kötet. Akadémiai

Kiadó. Budapest.

SZABÓ-KOZÁR J. (1979): Növénytermesztés I. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

SZABOLCS I. (1989): Talajaink termékenységének védelme, megőrzése és növelése, Agrokémia és Talajtan. 38. 15 - 23.

SZALKA É. - SCHMIDT R. (1996): A N-műtrágyázás hatása a kukorica szemtermésére Duna öntéstalajon, műtrágyázási tartamkísérletben. Acta Agronomica Óváriensis. 38. 41-49.

SZEGI J. (1962): A nedvesség hatása a cellulóz elbontására egyes hazai talajainkban. Agrokémia és talajtan. 11. 105-114.

SZEGI J. (1979/a): Hozzászólás Kádár Imre "Földművelésünk nitrogén, foszfor és kálium mérlege" című előadásához. Agrokémia és Talajtan. 28. 549-550.

SZEGI J. (1979/b): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

SZEGI J. - GULYÁS F. (1985): A cellulóz lebontása. In: A mezőgazdaság kemizálásának talajbiológiai kérdései. (Szerk.:TÓTH B.) MTA Veszprémi Akadémiai Bizottság Monográfiája. Veszprém. 57-67.

SZEGI J. - GULYÁS F. - FÜLEKY GY. (1985): Some soil biological questions of intensive fertilization. Agrokémia és Talajtan. 34. 60-64.

SZÉLL E. - MAKHAJADA J. (2000): A kukoricatermesztés fontosabb műveleteiről a jövedelmezőség jegyében. Agrofórum. 11. évf. 3. szám. 65-69.

TALEVA A. (1977): Rhizospheric microflora as a source of some growth



- substances. Proceedings of the 7th Meeting on Soil Biology and Conservation of the Biosphere. (Szerk.: SZEGI J.) Akadémiai Kiadó, Budapest. 167-172.
- TATE R. L. (1987): Soil Organic Matter. John Willey & Sons, Toronto
- TIMÁR M. É. (1979): A csíraszám és a biológiai aktivitás dinamikája sterilizált, majd rekolonizált talajmintákban. *Agrokémia és Talajtan*. 28. 3-4:
- TISDALE S. L. - NELSON W. L. (1966): A talaj termékenysége és a trágyázás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- TISDALL J. M. - OADES J. M. (1982): Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*. 33. 141-163.
- TÓTH B. - CSISZÁR L. - PÁZMÁNY L.-né (1983): A N műtrágya hatása a talajok szervesanyag-transzformációjára. A mezőgazdaság kemizálása II. Keszthely. 37-40.
- TRUMAN, C. C. - BRADFORD, J. M. - FERRIS, J. E. (1990): Antecedent water content and rainfall energy influence on soil aggregate breakdown. *Soil Science Society of America Journal*. 54. 1385-1392.
- UHLEN G. (1991): Long-term Effects of Fertilizers, Manure, Straw and Crop Rotation on Total-N and Total-C in Soil. *Acta Agricultura Scandinavia*. 41. 119-127.
- UNGER P. W. (1997): Management-induced aggregation and organic carbon concentrations in the surface layer of a Torreritic Paleustoll. *Soil and Tillage Research*. 42. 185-208.
- VANCURA V. - KUNC F. (1988): Soil Microbial Associations Control of Structures and Functions. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New

York-Tokyo.

- VAN VEEN J. A. - KUIKMAN P. J. (1990): Soil structural aspects of decomposition of soil organic matter by microorganisms. *Biogeochemistry*. 11. 213-233.
- VARGA J. (1992): Lucerna. In: Szántóföldi növénytermesztés. (Szerk.: BOCZ E.) Mezőgazda Kiadó, Budapest. 735-771.
- VARGA-HASZONITS Z. - SCHMIDT R. - MIKÉNÉ H. F. (1994): Az éghajlati változékonyság és a gazdasági növények. *Növénytermelés*. 43. 485-497.
- VARVEL G. E. (1994): Monoculture and rotation system effects on precipitation use efficiency. *Agronomy Journal*. 86. 204-208.
- VARVEL G. E. - PETERSON T. A. (1992): Nitrogen Fertilizer Recovery by Soybean in Monoculture and Rotation Systems. *Agronomy Journal*. 84. 215-218.
- VÁRALLYAI GY. (1989): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. *Agrokémia és Talajtan*. 38. 33-50.
- VÁRALLYAI GY. (1993): A talaj szerkezeti állapotának jellemzése. In: Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerek könyv 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata. (Szerk.: BUZÁS I.) INDA 4231 Kiadó, Budapest.
- VIGIL M. T. - KISSEL D. E. - SMITH S. J. (1991): Field crop recovery and modeling of nitrogen mineralized from labeled sorghum residues. *Soil Science Society of America Journal*. 55. 1031-1037.
- VILJAMSZ V. R. (1950/a): A földművelés alapjai. Atheneum Könyvkiadó, Budapest.
- VILJAMSZ V. R. (1950/b): Talajtan. A földművelés alapjai. Akadémiai

Kiadó, Budapest.

- VIRÁG Á. (1981): A mezőgazdasági kemizálás környezetvédelmi összefüggései. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- VUURDE J. W. L. - DE LANGE A. (1978): The rhizosphere microflora of wheat grown under controlled conditions. II. Influence of the stage of growth of the plant, soil fertility and leaf treatment with carbamide on the soil rhizosphere microflora. *Plant and Soil*. 50. 461-472.
- WRIGHT S. F. - FRANKE-SNYDER M. - MORTON J.B. - UPADHYAYA A. (1996): Time course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. *Plant and Soil*. 181. 193-203.
- WRIGHT S. F. - UPADHYAYA A. (1996): Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science*. 161. 575-586.
- WRIGHT S. F. - UPADHYAYA A. (1998): A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungus. *Plant and Soil*. 198. 97-107.
- WRIGHT S. F. - UPADHYAYA A. - BUYER J. S. (1998): Comparison of N-linked oligosaccharides of glomalin from arbuscular mycorrhizal fungi and soils by capillary electrophoresis. *Soil Biology and Biochemistry*. 30. 1853-1857.
- WRIGHT S. F. - STARR J. L. - PALTINEANU I. C. (1999): Changes in Aggregate Stability and Concentration of Glomalin during Tillage

Management Transition. Soil Science of America Journal. 63.  
1825-1829.

YANG X. M. - WANDER M. M. (1988): Temporal changes in dry aggregate size and stability: tillage and crop effects on a silty loam Mollisol in Illinois. Soil and Tillage Research. 49. 173-183.

ZVYAGINTSEV D. G. (1987): Effect of mineral fertilizers on microbiological processes in the soil. In: Proceedings of the 9th International Symposium on Soil Biology and Conservation of the Biosphere. Vol. 1. (Szerk.: SZEGI J.). Akadémiai Kiadó, Budapest. 3 - 13.

ZVYAGINTSEV D. G. - KURAKOV A. V. (1990): Microorganism complexes in the soil and in the root zone of plants. Agrokémia és Talajtan. 39. 481 - 486.



## 10. Mellékletek