

SZENT ISTVÁN EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KAR
NÖVÉNYTERMESZTÉSI INTÉZET

BIOLÓGIAI ALAPÚ TERMÉSNÖVELŐ SZEREK HATÁSA
KÜLÖNBÖZŐ KULTÚRÁKBAN

Készítette:

Timár Zoltán István

III. évfolyam

Témavezető:

Dr. Gyuricza Csaba, egyetemi docens

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK.....	1
1. BEVEZETÉS	3
1.1. Célkitűzések.....	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1. A talaj élő alkotói.....	6
2.1.1. A talajbióták mennyisége, összetétele és eloszlása.....	6
2.1.2. Protozoák jelentősége	8
2.1.3. Talajgombák jelentősége.....	8
2.2. Baktériumok általános ismertetése, élettana	9
2.2.1 Szaporodás, életkörülmények	9
2.2.2. Táplálkozás	10
2.2.3. Légzés, főbb anyagcseretípusok	10
2.2.3.1. Szervetlen vegyületeket oxidáló aerob légzők	11
2.2.3.2. Aerob légzők	11
2.2.3.3. Szervetlen vegyületeket felhasználó anaerob légzők	11
2.2.3.4. Anaerob légzők	11
2.3. A talajokban lejátszódó főbb biokémiai folyamatok	12
2.3.1. A főbb szén-tartalmú vegyületek bontása.....	13
2.3.1.1. Cellulóz bontás.....	13
2.3.1.2. Lignin bontás.....	15
2.3.2. A nitrogén körfolyamata	15
2.3.2.1. Légköri N-kötés	15
2.3.2.2. Szerves N-vegyületek átalakítása.....	16
2.3.2.3. N-veszteség a talajban.....	17
2.3.3. A foszfor mikrobiológiai átalakulása	17
2.5. A művelés hatása a talaj biológiai állapotára.....	18
2.6. A talajoltás és a növényi bakterizáció alapjai és kérdései	19
2.7. A különböző baktérium alapú szerek bemutatása.....	23
2.7.1. Rhizobium oltóanyagok	23
2.7.2. Azotobacter-oltóanyagok	24
2.7.3. Foszfor mobilizálás, növényvédelmi vonatkozások	25

2.7.4. Szervesanyag bontás	26
2.7.5. Levélen ható készítmények működésének alapjai	27
2.8. Egyéb növénykondicionáló szerek alkalmazása és hatásmechanizmusa.....	28
2.8.1. Alga alapú szerek	28
2.8.2. Mikorrhiza gombák beoltása.....	29
2.9. Tapasztalatok a termesztésben	29
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	30
3.1. A vizsgálatok céljai, eszközei	30
3.2. A kísérleti helyszín jellemzői.....	30
3.3. A kísérletek beállításának technikai körülményei	31
3.3.1. Termesztéstechnológiai adatok	31
3.3.2. A kezelések beállítása	33
3.3.2.1. Elrendezés tavaszi árpa, napraforgó, kukorica kultúrákban.....	33
3.3.2.2. Parcellák elrendezése energia fűznél.....	34
3.3.2.3. Parcellák elrendezése burgonyánál	34
3.4. Vizsgálati módszerek	35
3.4.1. Növénymagasság mérés	35
3.4.2. Területre eső kalászszaám és kalásonkénti számszaám.....	35
3.4.3. Burgonya gumó- és lombtömeg, ill. arány mérése	35
3.4.4. A termés mennyiségi és beltartalmi vizsgálata	35
3.4.5. Statisztikai módszer	36
4. EREDMÉNYEK	37
4.1. Növénymagasságra gyakorolt hatás.....	37
4.2. Kalászszaám és számszaám.....	39
4.3. Gumó- és lombtömegre gyakorolt hatás burgonyában	39
4.4. Terméshozamára gyakorolt hatás	40
4.5. Beltartalmi vizsgálatok eredményei.....	41
5. ÉRTÉKELES ÉS KÖVETKEZTETÉSEK.....	43
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	45
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	47
IRODALOMJEGYZÉK.....	48

1. BEVEZETÉS

A mezőgazdasági termelésben napjaink legnagyobb kihívása a fenntartható módon való gazdálkodás erőforrásainkkal. A mezőgazdaság nagymértékű iparosítása és a sokszor okszerűtlen agrotechnikai gyakorlat káros hatásai, az egyre növekvő input anyag (főleg műtrágya) árak mellett olyan technológiák alkalmazására sarkallnak bennünket, melyek csökkentett veszélyes és káros anyag (növényvédő szer, műtrágya, üzemanyag) kijuttatás mellett képesek fenntartani a magas színvonalú termelést. Ezen kívül Hazánkban kiemelt szerephez jut a szervesanyag-kímélő talajművelés, így a visszajuttatott szervesanyag lebontásának segítése, az eltolódott termelési szerkezetünkben adódóan.

Ezen törekvések egyik eleme a mikrobiológiai alapú termésnövelő és növénykondicionáló szerek használata (baktérium, gomba, alga és egyéb szerves anyag), melyek kiegészítve a hagyományos tápanyag-visszapótlási, növényvédelmi és talajművelési gyakorlatot, képesek lehetnek költséghatékonyan és környezetkímélő módon javítani termelésünk hatásfokát, hagyományos- és biogazdálkodásban egyaránt.

Egyre növekvő azon gazdálkodók száma, akik már beépítették tápanyag gazdálkodási rendszerükbe a mikrobiológiai szerek alkalmazását, így csökkentve a műtrágyák kijuttatási mennyiségét és elősegítve a talómaradványok gyorsabb bontását. Ezen kívül az egyre terjedő biogazdálkodás és környezettudatosabbá váló szemlélet a konvencionális termesztésben is, a mesterséges anyagok mérséklésére inti a gazdálkodókat, azonban az egyes szakirodalmak és felhasználói vélemények különböző képen vélekednek e szerek (főleg baktériumtrágyák) hatékonyságáról és létjogosultságáról a szántóföldi növénytermesztésben. A vitában való állásfoglalást nehezíti, hogy olyan technológiáról van szó, mely hatásától általában nem várhatunk rövid idő alatt határozottan számszerűsíthető és egyszerűen kézzelfogható eredményeket.

Az egyik álláspont szerint a mikrobiológiai szerek alkalmazása szükséges és hatékony a szántóföldi növénytermesztésben, mert segíti a szervesanyag lebontást és a növényi tápelemek felvehetővé tételét és mennyiségének növelését növényeink számára, valamint képes helyreállítani a hibás talajművelés okozta károkat.

Az ellenkező álláspont azt mondja, hogy e készítmények alkalmazása szükségtelen és/vagy nem kellően hatékony, mivel ugyan azokat a mikroorganizmusokat visszük be a talajba, melyek természetes körülmények között jelen vannak (akár aktív, akár inaktív állapotban), ráadásul jóval nagyobb egyedszámban, illetve az adott körülményekhez alkalmazkodva és ezek élettevékenységét kell segítenünk megfelelő talajműveléssel.

Köztes megítélésben a mesterségesen bevitt mikroorganizmusok hatékonyan kiegészíthetik talajművelési és tápanyag utánpótlási rendszerünket és ha nem is lenne hatékony a technológia, a viszonylag csekély befektetési költsége miatt nem okoz komoly anyagi kockázatot alkalmazása és káros hatásaitól sem kell tartani.

1.1. Célkitűzések

A technológia igen nagy múltra tekint vissza, de eredményességét és gazdaságosságát illetően nagy viták és ellentmondások övezik e tárgykört az agráriumban.

Szakedolgozatomban szeretném ütköztetni a vita álláspontjait, elsősorban a baktérium alapú talajoltó szerekre összpontosítva. Ismertetve a különböző mikrobiológiai termésnövelő és növénykondicionáló technológiák talajbiológiai alapjait és a termesztéstechnológiában elfoglalt szerepét kívánok rávilágítani a téma egyes sarkalatos kérdéseire. Itt elsősorban baktérium-alapú szerekkel foglalkozom, de említést teszek az egyéb mikrobiológiai alapú szerek hatásmechanizmusáról is.

Kitérek a talajainkban lejátszódó főbb, mikroorganizmusok által irányított biokémiai folyamatokra, melyek részt vesznek a növényi tápanyag forgalomban. Ehhez kapcsolódóan szükségesnek tartom bemutatni a talaj biotikus elemeit és annak a talajműveléssel való kapcsolatát, részletesebben foglalkozva a mikroorganizmusok (elsősorban baktériumok) világával. Saját kisparcellás vizsgálataim a Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában kerültek beállításra levélen ható baktériumtrágyával (Nourivit Plus) és Ca-alapú ásványi lombtrágyával (Nourivit) a gyártó ajánlása szerint. Utóbbi levélen keresztül ható baktériumtrágya. A több növénykultúrában elvégzett kisparcellás kísérleteket elemezve szeretnék saját, közelebbi képet alkotni a dolgozatom tárgyát képező szerek hatékonyságáról és alkalmazhatóságáról.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Ahhoz, hogy a leghatékonyabb kombinációt alkalmazni tudjuk a különböző tápanyag-utánpótlási lehetőségek (szerves és szervesetlen trágyázás, talajoltás) közül, fontosnak tartom áttekinteni a termőtalaj életére, biológiájára vonatkozó talajtani, illetve földműveléstani ismereteinket, illetve a talajokban lejátszódó főbb biokémiai folyamatokat, az egyes mikrobiológiai készítmények - elsősorban baktériumtrágyák - hatásmechanizmusának bemutatása előtt. Ahogy STEFANOVITS (1975) megfogalmazza, a talajtan egy rendkívül interdiszciplináris tudomány, melynek csak kis fejezete foglalkozik a talajbiológiával, illetve ezen szakterület segédtudományával, a mikrobiológiával. KEMENESY (1961) részletesebben foglalkozik a talaj életével és leszögezi, hogy *"a termőtalaj alapvető jellemvonása annak élő szervezetekkel való benépesítettsége"*. Továbbá *"minél jobban benépesedett a talaj eme élő szervezetekkel, annál termékenyebbé válik, mert azok élettevékenysége segíti elő a növényi tápanyagok feltárását, és a talaj szerkezetének kialakítását. A talaj biológiai tevékenysége tehát mozgató ereje, dinamikája a talaj kedvező kémiai és fizikai tulajdonságainak, egyszóval a talaj termékenységének."* E tényről több szerző is említést tesz. (VÁRALLYAY 1943, FEHÉR 1954, GRÁBNER 1956, STEFANOVITS 1975, NYÍRI 1993, FÜLEKY 1999, BIRKÁS - SZEMŐK 2006, SZABÓ 2008)

Az utóbbi két évtizedben a talajtan tudománya új irányvonalat vett. A klasszikus talajtani szemlélet elsősorban a talajok fizikai és kémiai folyamataira összpontosított és a talajban lezajló biológiai és biokémiai folyamatokat csak motiváló tényezőként vette figyelembe. A modern talajtani szemlélet központjában azonban a talaj és a növényzet együttműködését tükröző anyag- és energiaforgalom áll. (SZABÓ 2008) Ez a szemléletváltozás járulhatott hozzá a baktériumtrágyázás növekvő népszerűségéhez is.

Ahogy KEMENESY (1961) is képet ad róla, a talaj termékenysége szoros összefüggésben áll a talaj életével. Az újabb és talán átfogóbb szemlélet szerint, mellyel véleményem szerint pontosabb képet kaphatunk a talajok alapvető működési rendszeréről, SZABÓ (2008) így fogalmaz: *"bármely talaj két, önmagában is részrendszerek sokaságának hierarchiájából felépülő nagy alrendszer - egy élő szervezetekből álló biológiai és egy szerves és szervesetlen vegyületek szilárd és oldott fázisaiból, ásványokból, organominerális komplexekből, stb. felépülő abiotikus alrendszer integrációjából, elválaszthatatlan együttműködéséből jön létre."*

Továbbá, erre a szuperrendszerre jellemző, hogy a biotikus és az abiotikus folyamatok szorosan összefonódnak, tehát ökológiai rendszerként tekinthetünk a talajra.

2.1. A talaj élő alkotói

A talajok alapvető tulajdonsága - amely termékenységét nagy mértékben meghatározza -, annak élő szervezetekkel való benépesültsége. Mivel a talajok fajgazdagsága szinte kimeríthetetlen, nem rendszertani megközelítésben beszélünk a talajlakókról, hanem fiziológiai csoportjaival foglalkozunk. Az élő szervezetek a talajban e szerint két csoportra oszthatók: mikroflórára és talajfaunára. (KEMENESY 1961) Ezeket gyűjtő néven FRANCÉ *edafonnak* nevezi, míg a nyugati szakirodalomban a talajbióták (soil-biota) kifejezéssel találkozhatunk. (SZABÓ 2008)

A mikroflórát alkotják fontossági sorrendben a baktériumok, a mikroszkopikus gombák, a sugárgombák és a moszatok (algák), melyek FEHÉR (1954) szerint a talajban élő növényi szervezetekhez tartoznak. A talajfaunához tartoznak a protozoonok, a giliszták, a fonálférgek, az ugróvillások és egyéb nagyobb méretű állati szervezetek. (KEMENESY 1961)

A mikroba kifejezés a mikroszkopikus nagyságrendű mikroflórát és a protozoonokat foglalja magában. Általában a néhány mm-nél kisebb élőlényeket nevezzük mikrobáknak, vagy mikroorganizmusoknak. (HORNOK 2001) A fent bemutatott fiziológiai csoportosítás a szerint került leírásra, hogy az adott élőlények a talaj és a növényzet szempontjából milyen szerepet teljesítenek, vagyis a talaj anyagcseréjében hogyan vesznek részt. (KEMENESY 1961)

Hasonló megközelítésben írja le a talaj élő alkotóit SZABÓ (2008) is, ugyanakkor munkájában találkozhatunk egy kissé eltérő felosztással, mely az élőlények talajhoz való kötöttségét szemlélteti adott életszakaszaikban.

2.1.1. A talajbióták mennyisége, összetétele és eloszlása

A talajban található mikroorganizmusok szinte megszámlálhatatlan mennyiségben vannak jelen a talaj részecskéinek felületén, általában inaktívan, adszorbeált állapotban, melyek igen nagy biológiai potenciállal rendelkeznek. (SZABÓ, 2008) A legnagyobb egyedszámban a baktériumok vannak jelen a talajban (átl. 10^{14} db/m²), ugyanakkor átlagos élőtömegük megközelítőleg azonos a gombák (átl. 10^{11} db/m²), sugárgombák (átl. 10^{13} db/m²) és algák élőtömegével (átl. 10^8 db/m²). (DUNGER 1983) Ebből az következik, hogy a baktériumok egységnyi területen nagyobb testfelülettel is rendelkeznek. KEMENESY (1961) leírja, hogy a baktériumok minden életfolyamata azok felületén játszódik le, melyek meghatározói a talaj biokémiai folyamatainak. Emiatt tehát igen nagy jelentőséggel bír összes testfelületük viszonylag nagy mérete a talajban, hiszen az általuk végzett biokémiai folyamatok révén kerül a szerves formában kötött tápanyag szerves formába, melyet a növények hasznosíthatnak. (FÜLEKY 1999)

Továbbá KEMENESY (1961) a következő képen szemlélteti a baktériumok viszonylag hatalmas testfelületét: egy 1 mm^3 -es, vagyis 1 mm oldalélű kockába 1 milliárd olyan kocka fér bele, melynek oldaléle $1\text{ }\mu\text{m}$. Ezek összfelülete 6000 mm^2 . Ezt hasonlítsuk össze az 1 mm^3 -es kocka 6 mm^2 -es felületével. Így képet kaphatunk arról, hogy a baktériumok milyen nagyságrendben vesznek részt a talaj életében. A mikroflóra egyedszámának vizsgálatakor DUNGER (1983) kitér azok optimumára is, mellyel utal azok szerepére.

Nem mellékes azonban a talajfauna egyéb mikroszervezeteinek (gombák, algák, protozoonok) és nagyobb méretű tagjainak tevékenysége sem (pl. ízeltlábúak, földigiliszták, stb.), hiszen előbbiek szintén fontos biokémiai folyamatokban vesznek részt, utóbbi élőlények végtermékeit pedig a mikroorganizmusok könnyebben ásványosítják, tehát szoros együttélésben vannak egymással.

Az edafon tömege a talaj élettelen anyagához képest elenyészően kicsi, mégis fontossága rendkívüli, mivel tagjai katalizátor szerepet töltenek be és ahogy a fenti szemléltetésben láthatjuk, igen aktívak a talaj anyagcseréjében. (SZABÓ 2008)

Természetesen nem mellékes az adott talajszelvényben vizsgált baktériumok egyedszámán és élőtömegén kívül azoknak faji összetétele sem. A talajban felszaporodhatnak toxikus anyagokat termelő baktériumtörzsek is. Ezek a toxikus anyagok általában csak rövid ideig hatnak, mivel más mikrobák detoxifikálják azokat. (SZABÓ, 2008) Itt kerül nagy hangsúly a káros anyagokat lebontani képes talajbaktériumok jelentőségére.

A mikroorganizmusok mennyiségén kívül figyelembe kell vennünk azok helyi tömegviszonyait is. Általában a talajban felülről lefelé haladva számuk folyamatosan csökken, ami a talaj levegőtartalmának fogyásával magyarázható. Kivételt képez a talaj néhány centiméteres legfelső rétege, mivel itt a szárazabb viszonyok miatt a mikrobák számára szűkösebbek az életfeltételek. (GYURICZA 2001, SZABÓ 2008) KEMENESY (1961) és SZABÓ (2008) is leírja, hogy a talaj mikroszervezeteinek eloszlása színes képet mutat a talajban, melyet az ott található szervesanyag igen változatos eloszlásával magyarázhatunk. Általában minden állati-, vagy növényi maradvány magához vonzza a mikroszervezeteket. E látszólagosan rendszerezetlen körülmények között megfigyelhetjük a mikroorganizmusok gyökérszónában való helyi dúsulását és aktivitását. Megállapítást nyert az is, hogy minden növényfajra jellemző egy fajta mikroközösség a rizoszférában. A növények gyökérszónájában történő dúsulást a gyökérváladékokban található serkentő anyagok, illetve a tápanyagok idézik elő, melyek a mikroorganizmusok életműködésére serkentőleg hatnak. (KEMENESY 1961, FÜLEKY 1999)

2.1.2. Protozoák jelentősége

Fontosnak tartom megemlíteni a protozoonok/ protozoák, azaz egysejtű véglények szerepét is a talajban. A protozoák a talajfelszínhez közel élnek a korhadó növényi maradványok közelében és baktériumokkal táplálkoznak. Mostoha körülmények között ciszta alakot vesznek fel.

Általában hozzájárulnak a nyers szervesanyagok elbontásához és a felvehető nitrogénkészletek gyarapításához. Szovjet kutatók megállapítása szerint minél jobb kultúrallapotú a talaj, annál több protozoa található meg benne. Számuk változása ellentétes a baktériumok számának változásával. Ebből azt következtették, hogy a protozoák nagy mennyisége káros a talaj életére (mivel csökkentik a baktériumok számát), viszont kísérletekkel igazolták, hogy a legtöbb protozoa termékeny talajokban megfigyelhető, ahol feltételezhetően igen aktív a baktériumok tevékenysége is. Következésképpen elmondható, hogy a protozoonok csökkentik a talajban élő baktériumok számát, ugyanakkor nem csökkentik a talajélet intenzitását. Feltételezhető a szimbiózis is a véglények és nitrogénkötő baktériumok között. Megfigyelték, hogy élénkebb a nitrogénkötés, ha a protozoák is jelen vannak, ugyanis tevékenységük során nő az *Azotobacterek* vitalitása. (HARGITAI 1964a)

2.1.3. Talajgombák jelentősége

A talajgombák jelentőségével FEHÉR (1954) részletesen foglalkozik. Megállapítja, hogy a baktériumoknál mind alaktanilag, mind fiziológiailag jóval fejlettebbek. A talaj biológiai életében betöltött szerepük tárgyalásakor kiemeli azok cellulóz és ligninbontó képességüket. A talajra kerülő elfásodott anyagot először a gombák támadják, majd csak ez után kaphatnak teret a cellulózbontó baktériumok.

A talajgombák talajélettani szerepét FEHÉR (1954) négy pontban foglalja össze:

1. Közreműködnek a talajba kerülő szánhidrátok feldolgozásánál és eközben savanyú, illetve közömbös kémhatású vég- és melléktermékeket hoznak létre. Ezek savas irányba tolják a talaj kémhatását.
2. Fontos szerepük van a cellulóz és lignin bontásában a talajra kerülő növényi maradványok elbontásakor. Ahogy a fentiekben kiemeltem legnagyobb szerepük az elfásodott, nagy lignintartalmú növényi maradványok bontásában van, melyet csak a talajgombák egyes fajai képesek elvégezni.
3. Szerepük van a fehérjék biológiai bontásában.
4. Ezen kívül szerepük van fehérjék és zsírok mikrobiológiai felépítésénél, tehát szintetizáló folyamatokban is részt vesznek.

Mindezek mellett kiegészítik a baktériumok tevékenységét. Ott, ahol a baktériumok működése az alacsony pH érték miatt korlátozott, a talajgombák veszik át ezek szerepét.

A talajgombák között kiemelt szerűk van a mikorrhiza gombáknak. Savasabb talajokban, ahol a mezőgazdasági növények foszforellátása nem kielégítő, mikorrhizalóttással elérhetjük a foszforműtrágyázás dózisainak csökkentését, illetve annak részleges kiváltását. (HORNOK 2001)

2.2. Baktériumok általános ismertetése, élettana

Az alábbiakban HORNOK (2001) és KEMENESY (1961) nyomán foglalom össze alapvető ismereteinket a baktériumokról.

A baktériumok prokarióta élőlények, méretük 0,2 μm -tól 200 μm -ig terjed. Alakjuk szerint megkülönböztethetünk két alapvető csoportot és ezek keverékeit, a gömbölyded kokkuszokat és a pálcikaalakú bacillusokat, illetve ezeken kívül a csavart formákat. Két regnumot különíthetünk el a baktériumokon belül, az ősbaktériumokat (*Archaeobacteria*) és a valódi baktériumokat (*Eubacteria*). A két regnum között óriási evolúciós távolság húzódik.

2.2.1 Szaporodás, életkörülmények

Szaporodásuk általában osztódással történik, melynek üteme összefügg a rendelkezésre álló tápanyag mennyiségével és az életfeltételek kedvező, vagy kedvezőtlen voltaival. Az osztódás kedvező viszonyok között 20-30 perc alatt következik be és mesterséges körülmények között exponenciálisan növekvő ütemet mutat. 5 óra alatt kb. 1000 db sejt képződik, 10 óra alatt kb. egymillió. 25 óra alatt mindegy 5,9 kg súlyú baktérium tömeg keletkezne, de ütemét visszaveti a szaporodás következtében természetes beálló tápanyag- és vízhiány, illetve a szaporodás következtében felhalmozódó káros hatású saját anyagcseretermékek. Mindezek következtében a baktériumok szaporodási görbáját nem írhatjuk le exponenciális függvényvel, ahogy azt elméletben várnánk. (HORNOK 2001)

Kedvezőtlen körülmények között a baktériumok spóra alakot vesznek fel, melyek nedvességtartalma alacsonyabb és sejtfaluk vastagabb. A folyamat nem tekinthető szaporodásnak, mivel egy sejtől, csak egyetlen spóra képződik. Ezzel képesek védekezni a számukra kedvezőtlenebb körülményekhez és ebben az állapotban akár több évtizedig is élhetnek, minimális életfolyamatok fenntartásával. Kedvező körülmények között a spórák megduzzadnak és kicsíráznak, így visszanyerve rendes alakjukat. A spóráképzés, melyre általában csak egyes pálcika alakú fajok képesek, kb. 1 nap alatt fejeződik be.

FEHÉR (1954) megállapításai szerint (HARGITAI 1964a nyomán), a mikroba tevékenység Hazánkban március-áprilisban indul meg és május-júniusban éri el maximumát. A nyári szárazság erősen visszaveti aktivitásukat, majd az általában csapadékos ősz ismét hasznos a talajban élő mikroorganizmusok számára.

Szoros összefüggést állapított meg FEHÉR (1954) a talaj hőmérsékletének és nedvességtartalmának szorzata és a talajélet aktivitása között, ezt "R-törvénynek" nevezte el. A talajélet szempontjából optimális hőmérséklet 25 °C és az optimális nedvességtartalom a talaj vízkapacitásának 65-70 %-a.

További megfigyelések alapján serkentőleg hat a talajéletre, ha a mikroorganizmusok fejlődését, tevékenységét valamely fékező körülmény megakasztja (pl. szárazság, fagy, talajforgatás, stb.). Ekkor ugyanis, ha a fékező körülmény beállta után, hirtelen kedvezővé válnak az életfeltételek a mikrobák számára, akkor tevékenységük erősebb lesz, mintha a zavaró körülmények nem jelentkeztek volna. (KEMENESY 1961)

SIPOS (1978) szerint a változó körülmények hatására egyes baktériumcsoportok időben egymást váltják és egyfajta sorrendet alakítanak ki. Ennek megfelelően változik a tápanyagok felvehetőségének dinamikája.

2.2.2. Táplálkozás

A baktériumok táplálkozása diffúzió útján történik a sejtfalon keresztül. Többségük heterotróf, azaz táplálkozásuk során a talajban található és a sejt körül elhelyezkedő szerves anyagokat oxidációval szervetlenné alakítják, enzimműködésük segítségével. Ekkor a szerves anyagból CO₂ és szervetlen sók keletkeznek. Ez az ún. ásványosodási folyamat szolgáltatja a növények számára az ásványi formában hozzáférhető tápanyagot. A csekélyebb számban megtalálható autotróf táplálkozású mikroorganizmusok (pl. nitrifikáló baktériumok), működésük során a széndioxidot szerves vegyületekké alakítják, hasonlóan a növényekhez. Többségük ezt a növényektől eltérően nem fotoszintézissel, hanem oxidációs folyamat révén, kemoszintézissel teszi. A baktériumoknak nagyjából ugyan azokra az elemekre van szükségük táplálkozásukhoz, mint a magasabb rendű növényeknek. (FEHÉR 1954)

A mikroorganizmusok a talajban, általában inaktívan vannak jelen a talaj anyagának részecskéin adszorbeálódva. Ha a talajba, mint nyílt rendszerbe számukra hasznosítható anyag- és energiaforrás kerül, aktivizálódnak és szaporodni kezdenek. (HORNOK 2001)

2.2.3. Légzés, főbb anyagcseretípusok

A talajban élő mikrobák légzési típus szerint három fő csoportba sorolhatóak. A legértékesebb talajlakó mikroorganizmusok *aerob* légzésűek, vagyis csak levegő jelenlétében képesek élni és szaporodni. Az *anerob* mikrobákra a szabad oxigén mérgező hatással van, tehát csak levegőtlen környezetben tudnak megélni. Oxigénszükségletüket szervetlen sók redukálásából nyerik. A két csoport között helyezkednek el a *fakultatív anaerobok*, mely mind levegőn, mind levegőtlen környezetben képesek élni.

Itt tartom fontosnak bemutatni az élő szervezetek energianyerés módja alapján történő csoportosítását. A mikrobák ezen biológiailag ellenőrzött, enzimekkel katalizált energianyerési folyamatai meghatározzák egyben a talajok főbb anyagcseretípusait is, így ezeket talajbiokémiai anyagcsereutaknak is felfoghatjuk. E folyamatok alapvetően meghatározzák a talaj tápanyag-szolgáltató képességét, befolyásolják termékenységét és a földhasználat hatékonyságát.

Az alábbiakban szeretném vázolni az energiaszerző és -konzerváló anyagcsere utak öt alapkategóriáját SZABÓ (2008) munkája alapján.

2.2.3.1. Szervetlen vegyületeket oxidáló aerob légzők

Olyan szervezetek, melyek redukált szervetlen vegyületeket (pl. ammóniát, kén-hidrogént, elemi ként, stb.) molekuláris oxigén segítségével oxidálnak el, miközben az oxigén vízzé redukálódik és a mikroba a felszabaduló energiából nagy energiájú foszfátkötéseket (ATP) szintetizál. Valódi szénautotrófok, vagyis szervezetüket CO₂-ból, vagy karbonátok szenéből, mint egyedüli szénforrásból építik fel. Nagy szerepük van a nitrogén és a kén körforgásában. Ide tartoznak a *Nitrosomonas*-fajok. ($\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2$; $\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$)

2.2.3.2. Aerob légzők

A nagy energiájú foszfát kötések szerves vegyületek elégetéséből képesek kialakítani. E szervezetek képviselik a leghatékonyabb energiaszerző mechanizmust. A talajokban igen nagy számban végzik az ásványosítási folyamatokat. Az egyes fajok egymástól főleg a számukra hasznosítható elektrondonorok tekintetében különböznek. Szerepük döntő fontosságú a talajok biológiai dinamikájának irányításában és szervesanyag-háztartásának szabályozásában. (Pl.: $\text{glükóz} \rightarrow \text{CO}_2$; $\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$)

2.2.3.3. Szervetlen vegyületeket felhasználó anaerob légzők

A fent nevezett anaerob légzők egy redukált szervetlen vegyületet oxidálnak egy másik oxidált állapotú szervetlen vegyület segítségével, mialatt az utóbbi redukálódik. A folyamat közben felszabaduló energiát ATP szintézisre használja fel a mikroba. E csoport tagja pl. a *Thiobacillus denitrificans*, mely kénhidrogént oxidál nitráttal, miközben szulfát keletkezik és a nitrátból N₂ alakban távozik a nitrogén. A fajnak fontos szerepe lehet a levegőzetlen talajokban és nitrát mentesítésükben.

2.2.3.4. Anaerob légzők

Szerves vegyületeket égetnek el oxidált állapotú szervetlen vegyületekkel. Ezen anaerob mikroorganizmusok között találhatunk ún. nitrátlégzőket, melyek nitrátokból N₂-t és nitrogén-oxidokat termelnek.

Mások szulfátokkal égetnek szerves vegyületeket, miközben kén-hidrogén keletkezik. Ezek az ún. szulfátlégző mikrobák. Oxigén hiányában vassal is képesek légzést folytatni egyes mikrobák. Ezek az energiaforrásul szolgáló organikus vegyületekről ferri (III)-ionra juttatja az elektronokat, amely redukálódik és vízzeloldhatóbb, ferro(II) alakba kerül.

Az anaerob légzésű mikroorganizmusoknak nagy szerepük lehet a mezőgazdasági területek időlegesen oxigénmentessé váló szintjeiben a káros fermentációs és rothadási folyamatok enyhítésében, valamint a nitrátfelhalmozódások természetes felszámolásában is. Tipikus képviselője a *Desulfovibrio*. (HORNOK 2001)

2.3. A talajokban lejátszódó főbb biokémiai folyamatok

A dolgozatomban tárgyalt mikrobiológiai alapú készítmények, főként a baktériumos oltóanyagok (melyek természetes körülmények között is jelen vannak a talajban) végső soron a növények tápanyag felvételét befolyásolják. Célszerűnek látom ezért áttekinteni azokat a mikroorganizmusok által irányított főbb biokémiai folyamatokat, melyek részt vesznek a talajok tápanyag-gazdálkodásában, termékenységük kialakításában, így a növények tápanyag ellátásában.

A mikroorganizmusok meghatározó résztvevői az elemek biogeokémiai körforgásának. (STEFANOVITS 1981, SZABÓ 2008)

Kultúrnövényeink táplálkozásához szükséges, hogy a talajban lévő szerves anyagok ásványi sókká alakuljanak át.

SZABÓ (2008) szerint a talaj biodinamikáját az ásványosodás és immobilizáció egyensúlya szabja meg. A mikroorganizmusok alapvetően a talaj szerves és szervesetlen anyagait bontják és teszik hozzáférhetővé a növények számára és részt vesznek a talajképző folyamatokban. A szerves anyagok bontása történhet aerob és anaerob úton. (FEHÉR 1954, HARGITAI 1964b, SIPOS 1966) Ezen kívül a mikroflóra számos feladatban vesz részt, melyek nagy jelentőséggel bírnak növényeink tápanyag ellátásban: káros anyagok detoxifikálása, anorganikus tápanyagok, valamint nyomelemek mobilizálása és immobilizálása, a talajszerkezet javítása, enzimaktivitás. (GYURICZA 2001) Ezen kívül NYÍRI (1993) szerint a talaj mikrobiológiai benépesültségének fontos szerepe van a talaj beéledésében. Továbbá, FEHÉR (1954) szóhasználatával élve, a "*parányszervek*" anyagcseretermékeikkel befolyásolhatják a növények növekedését. A rizoszférában élő mikrobák több mint fele képes tiamin, riboflavin, pantoténsav termelésére, valamint képesek aminosavakat, vitaminokat, indol-3-ecetsavat és más indol-származékokat előállítani. (HORNOK 2001)

2.3.1. A főbb szén-tartalmú vegyületek bontása

KEMENESY (1961) leírja, hogy a minden egyes szénhidrátcsoporthoz megvan a saját mikrobacsoportja, mely bontani képes. Minél összetettebb az adott szénhidrát, annál lassúbb az elbontása. A legtöbb baktérium-alapú készítmény egy részről a növényi maradványok elbontását hivatott elősegíteni és ezek elsősorban a cellulóz és lignin elbontásában vesznek részt.

Az alábbiakban ezekre térek ki, de FEHÉR (1954) és HARGITAI (1964b) részletesen foglalkozik egyéb szerves vegyületek mikrobiológiai bontásával is.

2.3.1.1. Cellulóz bontás

A cellulóz a talajokban a legnagyobb mennyiségben beépülő és lebomló szerves anyag, így e vegyület uralkodik a talaj lebontó folyamataiban. Ezáltal közvetlen befolyással van a termőföld biodinamikájára. (KEMENESY 1961, SZABÓ 2008)

"A növényi maradványokban a cellulóze nem tiszta formában, hanem hemicellulózokkal és cellulozánokkal, xilózzal és glukuronsavval van összeépülve." (HARGITAI 1964b) SZABÓ (2008) szerint a cellulóz leggyakrabban ligninesedett szövetekben fordul elő.

A cellulóz bontás általában aerob úton történik, baktériumok és gombák által (utóbbiak gyorsabban képesek bontani a cellulózt), de végbemehet anaerob úton is. A cellulóz bontását nagy mértékben befolyásolja a lignin jelenléte, ugyanis nagyobb lignintartalom esetén a lignin inkrusztálódik a cellulózba és nehezíti annak lebontását. (SZABÓ, 2008) HORNOK (2001) szerint a cellulóz bontást nagy mértékben meghatározza a jelen lévő nitrogén és a talaj nedvességtartalma. Továbbá, savanyúbb közegben a fonalgombák aktivitása jellemző, míg enyhén savanyú környezetben a *Cytophaga* baktériumok és aktinomicéták aktívabbak. Semleges és lúgos talaj-pH mellett a *Cellvibrio*-fajok bontják aktívabban a cellulózt.

Fontosabb cellulózbontó baktériumok HARGITAI (1964b) és HORNOK (2011) nyomán: *Clostridium*-, *Bacillus*-, *Cellulomonas*-, *Cellvibrio*-, *Cytophaga*-, *Nocardia*-, *Pseudomonas*-, *Streptomyces*-fajok. Gombák közül az *Aspergillus*-, *Fusarium*-, *Penicillium*- és *Treichoderma* génuszba tartozó fajok a gyakori cellulózbontók.

A cellulózt bontani képes mikroszervezetek között találhatunk aerob és anaerob szervezeteket. A cellulóz bontását csak olyan mikroorganizmusok képesek elvégezni, melyek három komponensű celluláz enzimrendszert termelnek. Egyes, az ún. pszeudcellulitikus mikrobák csak endoglükáz enzimkomponenssel rendelkeznek. (SZABÓ 2008, HORNOK 2011)

Itt tartom fontosnak megemlíteni a korábban pentozán hatás néven ismert folyamatot, mely a N immobilizációját takarja és szoros összefüggésben van a szervesanyag, ill. cellulózbontással.

A leforgatott tarlómaradványok (főképp gabona szalma) nagy mennyiségű cellulózt tartalmaznak és ha azok C/N aránya >20, akkor a cellulózbontó baktériumok gyorsan elszaporodnak és a fehérjék bontása során felszabaduló ammóniát testük felépítéshez használják fel, elvonva azt a növények elől. A baktérium sejtek pusztulása után ismét mobilizálódik a nitrogén, így felvehetővé válik a növények számára. (FÜLEKY 1999, GUYRICZA 2001)

KEMENESY (1961) szerint is 40-50 rész cellulóz bontásához 1 rész N-re van szüksége a cellulózbontó mikrobáknak. Mivel 40-50 rész cellulóz 20 rész C-t tartalmaz, 1:20 C/N aránynál várhatjuk a legkedvezőbb bontást.

FEHÉR (1961) tárgyalja, hogy a cellulózbontó baktériumok ammóniumsókat és nitrátokat használnak fel nitrogén forrásul, míg a gombák csak NH_4 vegyületeket. Például: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

SZABÓ (2008) leírja, hogy a cellulózrostok kristályos szakaszai között amorf régiók találhatók. Az aerob bontás első lépésében az amorf szakaszokat az endo- β -1,4-glükánáz (C_x -enzim) támadja. A második szakaszban az amorf szakaszok részben, vagy teljesen kiszakadnak, miközben a cellobio-hidroláz (C_1 -enzim komponens tagja) hatására cellobióz, vagy a két enzim együttes hatására 3-5 glükózegységből álló oligoszacharidok szabadulnak fel. A harmadik fázisban a 2-5 egységű oligocacharidok glükózzá bomlanak a β -glükozidáz enzim hatására.

FEHÉR (1954) szerint a cellulóz bontó baktériumok és gombák a talaj N-tartalmának kialakulását közvetlenül befolyásolják. Ezek a szervezetek közbenső anyagcseretermékeikkel - főleg cukrokkal - elősegítik az aerob és anaerob N-kötők tevékenységét, ugyanakkor szerves N-vegyületeket vonnak el a talajtól. A szerző leírja, hogy a cellulózbontók és a denitrifikáló baktériumok között gyakorlati szempontból szoros kapcsolat áll, főleg istállótrágyázás esetén. Korábbi ismeretek szerint (GROENEWEGE 1921, in: FEHÉR 1954) a cellulózbontók fokozzák a denitrifikáció ütemét a keletkező szénhidrátok - mint tápanyagok - révén, így nitrogén veszteség állhat elő. Későbbi kutatások alapján azonban kimutatták, hogy jól átszellőzött talajokban a denitrifikációnak alárendelt szerepe van és az észlelt nitrogén-veszteség átmeneti. Az istállótrágyával bevitt cellulózbontók elhasználják az anorganikus N-vegyületek egy részét, de ha talajban nincs jelentős mértékű denitrifikáció, akkor ezek a szerves N-vegyületek a baktérium fehérjékké alakulnak át, ahelyett, hogy molekuláris N válna szabaddá és újra bekerülne a C és N biológiai körforgásába. SZABÓ (2008) szerint az így ismét ásványosodott sejttömegből felszabaduló nitrogén és foszfor általában csak a termesztett növény tenyészideje után válik felvehetővé.

2.3.1.2. Lignin bontás

SZABÓ (2008) szerint a lignin a Föld második leggyakoribb szerves vegyülete, melyben fenil-propán alegységek rendellenes módon kapcsolódnak egymáshoz.

FEHÉR (1954) szerint a növényi maradványok korhadásának jelentős problémáját alkotja a lignin biológiai bontása. A szerző megjegyzi, hogy a lignint legnagyobb mértékben magasabb rendű bazidiumos (makroszkopikus) gombák is degradálják (pl.: *Basidiomycetes*, *Hymenomycetes*), így nem beszélhetünk tisztán mikrobiológiai bontásról.

Az *Actinomyces* és a *Streptomyces* genus fajai kisebb mértékben képesek bontani a lignint. Ez igaz a baktériumokra is, amennyiben támadni képesek a lignint. Ezek közül kiemelt szerepe van a *Cellvibrio ostraviensis* fajnak a tárgyalt vegyület bontásában.

A lignin egy része nem bontható el teljesen. Ennek a visszamaradt ligninnek nagy szerepe van a tartósabb humuszfrakciók létrehozásában. KEMENESY (1961) és FEHÉR (1954) ezzel WAKSMAN (1932) nyomán foglalkozik, miszerint a talajban visszamaradt ligninanyagok fehérjékkel kerülnek összekötötésbe, melyeket a talajbaktériumok alig, vagy csak igen nehezen képesek elbontani, de ezt a nézetet később nem erősítették meg. Így a fehérje-lignin komplexust nem tekinthetjük humusz alkatrésznek.

Kultúrnövényeink szármарadványai akár 15-20%-ban is tartalmazhatnak lignint, mely a mikrobiológiai bontásnak erősen ellenáll. (FEHÉR 1954, HARGITAI 1964, SZABÓ 2008) A ligninbontás számos enzim és koenzim komplex rendszerét igényelheti, melyekről igen keveset tudunk jelenleg. (SZABÓ 2008) E téren szerephez juthatnak a lignin bontását is segítő mikrobiológiai készítmények.

2.3.2. A nitrogén körfolyamata

A talajban található nitrogén több mint 95%-a szerves kötésben van jelen és kifejezetten a talajhoz kötött. (KEMENESY 1961, HARGITAI 1964, FÜLEKY 1999, LOCH 2004) A növények a talaj N-tartalmának (0,02 - 0,4%) (GYURICZA 2001), csak tört részét képesek hasznosítani, NO_3^- és NH_4^+ - ionok formájában. Természetes körülmények között tartalék forrásként csak a levegő nitrogén tartalma áll rendelkezésre, melyet csakis mikroszervezetek segítségével képesek hasznosítani növényeink. (LOCH 2004)

2.3.2.1. Légköri N-kötés

A légköri nitrogént (N_2) csak a nitrogenáz enzimrendszerrel rendelkező szabadon élő *Azotobacter chroococcum* és *Azotomonas insolita*, illetve a szimbiózisban élő *Rhizobium* fajok képesek fixálni. Továbbá anaerob körülmények között a szabadon élő *Clostridium* fajok is képesek nitrogént megkötni. E szervezetek működéséhez szerves szénforrásokra van szükség.

A szabadon élők hatásukat ezért elsősorban cellulózbontó szervezetek jelenlétében fejtik ki, amelyek szénhidrátokat és egyszerű cukrokat szolgáltatnak nekik. Jól szellőzött, enyhén savas környezet kedvez számukra.

SZABÓ (2008) szerint a fixációs folyamat N_2 mólonként összesen 670 kJ (147 kcal) energia befektetést igényel. Ezen kívül a nitrogenáz enzimrendszer működéséhez Mo-re van szükség. A szabadon élők által kötött nitrogén éves mennyisége KEMENESY (1961) szerint (RIPPEL & BALDES 1952 nyomán) 5-10 kg/ha, LOCH (2004) szerint 2-40 kg/ha lehet. A nitrogénfixáció folyamatával és a nitrogénfixációs rendszer két alrendszerének működésével (HDR, NAR) SZABÓ (2008) részletesen foglalkozik.

A pillangós növényekkel szimbiózisban élő *Rhizobium* fajok nitrogénkötése jelentősebb. Ők évente mintegy 100-200 kg/ha nitrogént képesek elérhetővé tenni a növények számára. E baktériumok az erősen savanyú kémhatást nem kedvelik és az egyes *Rhizobium* fajok csak meghatározott pillangós fajokkal képesek szimbiózisban élni. A szimbiózis és működésük abban áll, hogy a szénautotróf gazdanövény szénhidrátokkal látja el a szénheterotróf baktériumokat, míg azok szerves nitrogén vegyületeket (aminosavak, amidok) adnak át a növények számára. A nagy nitrogénadagok blokkolhatják a nitrogenáz enzim szintézisét, így csökken a nitrogénkötés. Továbbá a gumóképződésre kedvezőtlenül hat a pótlólagos kalciumellátás. Működésükhöz elengedhetetlen a kívánatos mennyiségben jelen levő molibdén. (KEMENESY 1961, LOCH 2004) FÜLEKY (1999) említést tesz a szimbiózisban élő nitrogénkötő mikorrhiza gombák szerepéről is.

2.3.2.2. Szerves N-vegyületek átalakítása

A talajban szerves formában kötött nitrogén több lépésben alakul át a növények számára felvehető szervesetlen NH_4^+ és NO_3^- formába, ez az ún. mineralizációs folyamat. A talajban szerves formában kötött nitrogént a mikroorganizmusok az aminizáció ($N \rightarrow R-NH_2$), az ammonifikáció ($R-NH_2 \rightarrow NH_4^+$) és a nitrifikáció ($NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$) során alakítják a növények számára felvehető szervesetlen formába. (LOCH 2004)

Amennyiben a nitrogéntartalmú elpusztult szerves anyagokból, az ammonifikáció során felszabaduló ammónia és ammónium-ionok elkerülik a nitrifikáció folyamatát, a növényi gyökök adszorbeálják, így egyből biológiai ellenőrzés alá kerülnek. (SZABÓ 2008)

E folyamatokban más-más mikroorganizmusok vesznek részt. (LOCH 2004) KEMENESY (1961) leírja, hogy a nitrifikáció során a *Nitrosomonas* baktérium alakít ammóniából nitritet, majd ebből a *Nitrobacter* nitrátot oxidál.

Továbbá elengedhetetlen a talaj levegőssége és semmiképpen sem savanyú, hanem inkább közömbös pH értéke és a megfelelő tápanyag ellátás.

A két részfolyamat LOCH (2004) szerint párhuzamosan játszódhat le, mivel a növények számára mérgező nitrítfelhalmozódás csak ritkán tapasztalható. A fenti folyamatok nedves és meleg körülmények között gyorsabban mennek végbe.

2.3.2.3. N-veszteség a talajban

Anaerob viszonyok között a nitrifikáció során képződött nitrit és nitrát ismét ammóniává, majd elemi nitrogénné alakulhat, amely ismét a levegőbe kerül. Ez a folyamat a denitrifikáció, ami során a talajban nitrogénveszteség lép fel. Lejátszódásában nagy szerepe van a talaj nagy nedvességtartalmának és tömörödöttségének. Denitrifikáló baktériumok irányítják a folyamatot, melyek anaerob nitrátlégző szervezetek. (LOCH 2004, SZABÓ 2008)) SZABÓ (2008) szerint ugyanakkor a denitrifikáció nem minden esetben tekinthető káros folyamatnak. Csökkenti a káros nitrátfelhalmozódásokat, így napjainkban szerepe aktuálissá válik a felbomlott N-egyensúly visszaállításában. Tevékenységük természetes úton korlátozottnak tűnik az intenzív talajművelés miatt, mivel ennek hatására a szervesanyagban való elszegényedés miatt a talajok elektrondonor-szolgáltató képessége a denitrifikációhoz egyre csekélyebb lesz. További nitrogén veszteségek léphetnek fel a talajban nitrát kimosódással, ammóniagáz távozással, ammóniumionok agyagásványokon való megkötésével, illetve a termeléssel történő kivonással.

KEMENESY (1961) szerint a fent vázolt biokémiai folyamatok irányítása legnagyobbbrészt a gazda kezében van.

2.3.3. A foszfor mikrobiológiai átalakulása

A talaj foszforkészletének jelentős része különböző szerves vegyületekben (nukleoproteidok, foszfátidok, stb.), illetve vízoldhatatlan Ca- és Fe-foszfátok formájában van jelen. A szerves P-vegyületekből a mikrobák foszfátionokat szabadítanak fel, illetve részt vesznek a nehezen oldható szerves foszfátok oldásában is. A lebontás során foszforsav (H_3PO_4) szabadul fel, amit egyből lekötnek a talaj bázisai a növények által fel nem vehető sókká. Ezeket aztán mozgósítja a talajban keletkező széndioxid és kénsav, valamint a mikrobiológiai tevékenység során keletkező szerves savak és a salétromos sav, mely a nitrifikáció során keletkezik. A szerves foszfor ásványosodása a talaj pH-értékének csökkenésével fokozódik. (KEMENESY 1961, FÜLEKY 2004)

Foszfátoldó baktériumként ismert a *Baceillus megaterium* faj, (KISS 2004) de a növények foszforellátásában a gyökéren élő mikorrhiza gombák is részt vesznek. (FÜLEKY 2004)

2.4. A humusz mikrobiológiai vonatkozásai

FEHÉR (1954) leírja, hogy a növényi mikroorganizmusok és gombák tevékenysége a humuszképzés egyik legfontosabb tényezője. Tény, hogy ezek a mikroszervezetek közvetlenül részt vesznek a humuszanyagok kialakításában, illetve elhalásuk után a testükbe épített nehezen korhadó szerves vegyületekkel segítik előbbre a humuszanyagok kialakítását.

E folyamatban BEIJERINCK (1913) szerint fontos szerepe lehet a triozin nevű aminosav közreműködésének. A triozt megtalálhatjuk több baktérium és gomba plazmájában is.

2.5. A művelés hatása a talaj biológiai állapotára

Több szerző is leírja, hogy az alkalmazott talajművelésnek és összességében minden agrotechnikai beavatkozásnak befolyása van a talajok mikrobiológiai tevékenységére.

FEHÉR (1954) írja, hogy a szántóföldi termelés velejárója a talajszerkezet leromlása. Ezért a legnagyobb feladat a leginkább leromló felső réteg újra morzsalékosá tétele az egyéves kultúrákkal. Ennek során megfelelő talajműveléssel, olyan hőmérsékleti és nedvesség viszonyok létrehozására kell törekednünk, mely elősegíti a talaj beéledését szolgáló mikrobiológiai folyamatokat.

KEMENESY (1961) is hasonló módon ír: *"A mezőgazda feladata, hogy a gyakorlati szempontból fontos edafon csoportok életfeltételeit a megfelelő biotechnikai beavatkozásokkal, mint talajműveléssel, trágyázással és talajhasználattal minél fokozottabb mértékben biztosítsa abból a célból, hogy az edafon szervezetei, e leghasznosabb segítőtársaink, a talaj termékenységének kialakításában minél inkább kifejthessék tevékenységüket."* Ennek érdekében a szerző kiemeli a szerves trágyázás és a humuszgyarapító talajművelés jelentőségét, mellyel táplálékot adhatunk a talaj élő mikroszervezeteinek és nem utolsósorban megteremtjük a kívánatos víz- és levegőgazdálkodást a talajban.

Az okszerű műtrágyázásnak pedig fontos szerepe van a mikrobák elszaporodásának és tevékenységének segítésében, harmóniát teremtve a tápanyag szolgáltatásban.

HARGITAI (1964a) szerint az emberi beavatkozások a talaj biodinamikájába, a megváltozott biokémiai folyamatokon keresztül új talajtípus kialakulásához is vezethet.

LŐRINCZ (1978) a talajművelést, mint közvetett hatást említi a talajok mikrobiológiai tevékenységére.

STEFANOVITS (1981) és BIRKÁS (1993) a talajművelés másodlagos hatásai között említi annak a talaj mikrobiológiai folyamataira gyakorolt hatását. Az átlegeződött talajszerkezet kedvez az aerob mikroorganizmusoknak, melyek így intenzívebben végezhetik tápanyag mobilizáló tevékenységüket.

BIRKÁS & SZEMŐK (2006) szerint a talaj biológiai tevékenységének szempontjából előnyösebb a forgatás nélküli talajművelés, mivel a gyakori forgatáskor a folytonos szellőztetés felerősíti az aerob mikrobák mineralizációs tevékenységét, így csökkenti a szerkezetképző humuszkészleteket.

Továbbá a szerzők említést tesznek az tömörödött talajokban kialakult anaerob viszonyok között felszaporodó toxintermelő mikroorganizmusokról. Továbbá írnak arról, hogy a talaj mikrobiológiai tevékenységének szabályozásával (melyet leginkább a megfelelő talajművelési módszerrel tudunk befolyásolni), előnyösen alakítható a talómaradványok feltáródása.

SZABÓ (2008) részleteiben foglalkozik a talajművelés biológiájával és az egyes talajművelő eszközök és műveletek talajbiológiai hatásával. E szerint egyes beavatkozásokkal serkenteni, másokkal csökkenteni tudjuk talajaink biológiai aktivitását. Általában a forgatással gyökeresen új életfeltételeket szabunk a mikroorganizmusoknak. Lazítással, keveréssel, porhanyítással serkenthetjük talajaink biológiai aktivitását, míg a tömörítéssel - részben levegőtlen körülményeket teremtve - csökkenthetjük azt.

HARGITAI (1964) szól arról is, hogy a mikrobák "biológiai védőréteget" képeznek a morzsák felületén és így megvédik azokat a víz szétiszapoló hatásától. Tehát a talaj mikrobiológiai állapotának ezáltal szerepe van a talaj morzsás szerkezetének kialakításában is.

A fentiek alapján tehát elmondható, hogy talajaink biológiai állapotát leginkább a talajműveléssel tudjuk befolyásolni gyökeresen.

2.6. A talajoltás és a növényi bakterizáció alapjai és kérdései

KEMENESY (1954) leírja, hogy az a felismerés, miszerint a talaj termőképessége szoros összefüggésben van a benne élő bióták tevékenységével, természetszerűen hozta magával a gondolatot, hogy a talaj beoltása fokozhatja annak termőképességét és javíthatja biológiai állapotát.

GÖNCZI (2012) szerint a baktériumtrágyák hatása tehát kiterjed a nitrogén- és foszfor mobilizációra, a szerves anyagok gyorsabb lebontására és ennek kapcsán a szerves anyagban kötött kálium feltárára. Ezek által csökkentett műtrágya adag kijuttatása válhat okszerűvé, mellyel költséget takaríthat meg a gazda, így is kímélve környezetét. A gyorsabban lebomló talómaradványok nem nyújtanak tovább életteret a talajlakó növénypatogén gombák számára.

Ezen kívül a baktériumok elpusztulásakor növényi hormonok, nyomelemek, vitaminok is talajba jutnak. A talajélet fokozásával javulhat a talaj szerkezete, mely következtében csökkenthető a gázolaj fogyasztás. A jobb káliumellátottságnak köszönhetően javulhat a növények aszálytűrése és betegség ellenállósága. Mint a későbbiekben látható, az egyes szerzők e hatások érvényesülését több helyen megkérdőjelezik.

Azonban számos problémafelvetéssel találkozhatunk a témában. Már az ötvenes évek közepén FEHÉR (19454) művében leszögezi, hogy a talaj életében kialakult biodinamikai egyensúlyt egyszerűen azzal, hogy egyes baktérium fajokat a talajba viszünk, tartósan nem tudjuk befolyásolni. Ennek kapcsán írja, hogy még a legmostohább talajokban is, az inaktivált állapotban jelen levő baktériumok néhány óra leforgása alatt *"csodálatos gyorsasággal"* képesek újra gyarapodni, amennyiben kedvezővé válnak a körülmények. Tehát a baktériumtrágyázás sikere leginkább attól függ, hogy a bevitt mikrobák megfelelő közegbe kerülnek-e. Ezért a hangsúly a jó talajállapot fenntartásán van, megfelelő agrotechnika alkalmazásával. Ennek hiányában a baktériumtrágyázás *"céltalan beavatkozássá válik."* Tehát helyes talajműveléssel, önmagában kedvező irányba mozdíthatjuk a talajokban természetesen jelen levő fontosabb nitrifikáló, szabadon élő nitrogénkötő, ill. cellulózbontó baktériumok, stb. működését, még ha azok kis számban is vannak jelen.

GRÁBNER (1956) is rávilágít a mai napig fennálló problémára, mely a vita alapját képezi a baktériumtrágyázás, avagy a talajoltás kapcsán: *"az olyan baktériumos oltóanyagok, amelyeknek célja, hogy a talajban élő hasznos baktériumok számát gyarapítsák, ez ideig nem váltak be."*

Főként azért nem, mert a jól művelt és trágyázott talajokban a mikroorganizmusok úgyis jelen vannak, és ha kedvező tenyészfeltételeket biztosítunk nekik, akkor természetesen elszaporodnak. Olyan talajokban pedig, amelyekben nincsenek meg a tenyészfeltételeik, pl. humuszhiány miatt vagy más okból, a gátló körülmények megszüntetése nélkül a baktériumkészítményekkel sem nyerhetünk kedvező eredményt. [...]"

KEMENESY (1961) is hasonló oldalról közelíti meg a kérdést: *"A mezőgazda feladata, hogy a gyakorlati szempontból fontos edafon csoportok életfeltételeit a megfelelő biotechnikai beavatkozásokkal, mint talajműveléssel, trágyázással és talajhasználattal minél fokozottabb mértékben biztosítsa abból a célból, hogy az edafon szervezetei, e leghasznosabb segítőtársaink, a talaj termékenységének kialakításában minél inkább kifejthessék tevékenységüket."*

E szemléletek szerint tehát az adott talajban a bakteriális aktivitást sokkal inkább a megfelelő talajhasználattal tudjuk serkenteni, mintsem egyedszám növeléssel.

KEMENESY nem zárja ki a talajoltás gondolatát, de mégis a fenti agrotechnikai beavatkozásokat emelte ki munkájában, holott a talajoltás kérdését is behatóan tanulmányozta.

A baktériumtrágyák (bacterial fertilizers) szerves, élő baktériumtörzsekből álló készítmények (PHYLAZONIT KFT 2012), melyek általában a talajba dolgozva fejtik ki hatásukat oltóanyagként, ritkábban a levélfelületre juttatandók.

Innen eredeztethető a talajoltás ("talajoltás") elnevezés, melyet FEHÉR (1954) szerint helyesebb növényoltásnak nevezni, amennyiben nem közvetlenül a talajt bakterizálják, hanem a magvakat, pl.: *Rhizobium*okkal. (KEMENESY 1961, KISS 2004) Tanüzemi vizsgálataimban levélen keresztül ható baktériumtrágya hatását mutatom be. Általában beszélhetünk nitrogénkötő, foszformobilizáló és cellulóz- illetve lignin bontó törzseket tartalmazó készítményekről, melyek tartalmazhatnak makro- és mikroelemeket, bioszintetizált enzimeket és esetleg más segéd hatóanyagokat. Itt tartom fontosnak megjegyezni, hogy általában az egyes termékek vitamin tartalma (pl. B-vitamin) elsősorban a baktériumok által szintetizált és a saját működésükhöz felhasznált vitamintartalomra utal és nem külön adalékanyagról van szó. (GÖNCZI 2012)

SZABÓ (2008) szerint a baktériumtrágyázás kifejezés helytelen, mivel *"e készítmények nem mint trágyaszerek, saját elemkészletükkel hatnak, hanem katalitikus serkentő hatásukkal. Ezért tehát az ásványi trágyázást baktériumokkal helyettesíteni vagy ezt a lehetőséget csak feltételezni is képtelenség lenne."* A baktériumtrágyák, vagy szemléletesebb kifejezéssel élve, a talajtrágyák tehát csak a talaj meglévő tápanyagtökéjével képesek gazdálkodni.

Ugyanakkor a szerző hivatkozik BROWN (1974) munkájára, miszerint a baktériumok, továbbá az ásványi és szerves trágyák ésszerű kombinációja nagyobb eséllyel növelhetik a terméshozamot, mint bármelyik ezek közül önmagában.

Szintén SZABÓ (2008) szerint az 1960-as évektől kezdődő kutatások és kísérletezések különböző baktériumtörzsekkel számos statisztikailag igazolható terméstöbbletet mutattak, ugyanakkor inkább üvegházi, mintsem szántóföldi körülmények között kaptak megismételhető eredményeket.

HORNOK (2001) említést tesz a mikrobiológiai eljárások lehetőségéről és a jövőben fokozódó jelentőségéről, melyet a mezőgazdasági termelés a globális környezetvédelemben játszott szerepével hoz összefüggésbe. E szerint nő a jelentősége a talajművelés mikrobiálisan irányított eljárásainak, mint például a nitrogénkötő, foszfátoldó és cellulózbontó mikroorganizmusok alkalmazásának, vagy a tápanyagforgalom enzimes úton történő befolyásolásának.

SZABÓ (2008) leírja, hogy a bakterizáció hatékonyságát nagy mértékben befolyásolja a preparátumok minősége. Kiemelten fontos az azokban található élő sejtek száma és azok szaporodási képessége. Kijuttatáskor a talaj 1 grammjára 15-20 baktérium esik, $40-50 \times 10^9$ élő sejtet alkalmazva hektáronként. Ha ezek a szervezetek utólagosan nem képesek szaporodni, ez a mennyiség olyan kicsi, hogy aligha lennének képesek befolyásolni a növények növekedését. Továbbá, hogy jó eredményeket lehessen elérni a talajoltás során, a kijuttatott baktériumoknak tolerálnia kell talajban uralkodó körülményeket. Ennek során figyelembe kell venni, hogy az egyes készítményekkel kijuttatott *Azotobacter*- és *Bacillus* törzsek természetes körülmények között nem tekinthetők valódi rizoszféra-baktériumnak. GÖNCZI (2012) szerint alkalmazásukkor figyelembe kell venni azok hidegtűrését, melynek fontos szerepe van korai kijuttatás esetén.

A mikroorganizmusokkal beoltott talajok enzimműködéseivel részletesebben KISS (2004) foglalkozik. Összegző munkájában feldolgozza a Nyugaton és Keleten végzett kutatásokat és közli azokat. KISS (2004) szerint a talajok, potenciálisan hasznos mikroorganizmusokkal való beoltásának több célja lehetséges:

1. hogy ezek serkentsék a növények növekedését,
2. hassanak a fitopatogén mikroorganizmusok és a növényeket károsító rovarok ellen, ezek a *biokontroll mikroorganizmusok*;
3. vagy segítsék a szennyezett talajok javítását, ezek a *biorehabilitáló mikroorganizmusok*.

A beoltás lehet *közvetlen*, amikor a talajt kezelik mikroorganizmusokkal és lehet *közvetett*, amikor a talajba már előzőleg mikroorganizmusokkal kezelt magvakat vetnek.

FEHÉR (1954) az akkori kutatási ismertek alapján négy oltóanyag csoportot közöl:

1. *Rhizobium*-oltóanyagok
2. *Azotobacter*-készítmények
3. nem nitrogénkötő rizoszféra-, humuszt mineralizáló, a nehezen oldható szerves foszfátokat mozgósító, stb. baktériumokat tartalmazó oltóanyagok
4. mikorrhiza-preparátumok

Saját feltételezésem szerint a napjainkban forgalomban lévő cellulózbontó baktériumokat tartalmazó készítmények FEHÉR felosztásának harmadik csoportjába helyezhetők leginkább.

FEHÉR (1954) és SCHMIDT (2001) szerint is a *Rhizobiumos* oltóanyagok nagyobb jelentőséggel bírnak, lévén hogy természetes körülmények között is hatékonyabb nitrogén kötők.

SZABÓ (2008) is leírja a *Rhizobiumos* oltóanyagokról, hogy ezek váltak be a legjobban és terjedtek el széles körben.

Ugyanakkor írja azt is, hogy a magvak és gyökerek egyéb talajbaktériumokkal (*Azotobacter*, *Bacillus megterium*, *Clostridium pasteurium*, *Bacillus polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, stb.) való beoltása tényszerűen megváltoztatja a növények növekedését. Ezek alkalmazásakor sok esetben emelkedést lehet tapasztalni a terméseredményben, a csírázási rátában, hamarabb következik be a virágzás, serkenti a növények növekedését. Ennek okait négy lehetőségre vezeti vissza a szerző, melyből az első három minden inokulumnál feltételezhető:

1. változások történnek a rizoszféra mikrobiaritásában,
2. az inokulum elnyomhatja a fitopatogén szervezeteket,
3. növekedést serkentő anyagok termelődnek,
4. gyorsul a talajfoszfátok mineralizációja.

Ahogy látható, a fenti felsorolásból a légköri nitrogén nagyobb mérvű fixációját SZABÓ kihagyta a felsorolásból, így feltételezhetően ennek nem tulajdoníthatunk nagyobb mérvű hatást.

2.7. A különböző baktérium alapú szerek bemutatása

2.7.1. Rhizobium oltóanyagok

FEHÉR (1954) és KISS (2004) szerint a *Rhizobium*-tartalmú szerek leggyakrabban használt neve Nitragin. A felhasznált *Rhizobium* törzseket pillangós növények gyökérgumóiból izolálják és pillangós növények magvait oltják be velük. Ebből következően a szerek hatásmechanizmusa megegyezik a természetben előforduló *Rhizobium* törzsek működésével, melyet a 2.3.2.1. fejezetben tárgyaltam. A nitrogén kötést fokozandó, a pillangós növények beoltásra kerülnek, így erőteljesebb növekedést várhatunk tőlük. FEHÉR (1954) szerint figyelembe kell vennünk az oltáshoz használt tiszta tenyészetek virulenciáját. A *Rhizobiumok* erőteljesebb virulenciája nem jelenti szükségképpen azt is, hogy nitrogénkötő képességük is nagyobb, de e két tulajdonság együttes optimális értéke elengedhetetlen az oltóanyagok megfelelő működéséhez. FEHÉR (1954) hivatkozik több kutató véleményére, miszerint az oltóanyagok megfelelő aktivitásához a helyi viszonyokhoz alkalmazkodott törzsekből kell oltóanyagot izolálni.

KISS (2004) több külföldi *Rhizobiumos* oltóanyag kísérletet leír. Pl. FILIPPOVA és KOLOTOVA (1971) megnövekedett enzimaktivitást mutatott ki a talajban *Rhizobium leguminosarum* tenyészet beoltása során. CSUNDEROVA és IVANOVA (1974) három éves kísérletükben kimutatták, hogy a Nitraginnal való beoltás hatására nőtt a kísérletük tárgyát képező lóhere terméshozama.

A fenti kutatók vetésforgó kísérleteket is beállítottak és kimutatták, hogy azokban a parcellákban jobban megnőtt a talajenzimek aktivitása, amelyekben korábban a termesztett növény beoltott lóhere volt. ORLJANSZKA (1978) kimutatta, hogy a lóbab Nitroginnal való kezelés hatására nőtt a termés hozam és megnőtt a B-csoportba tartozó vitaminok mennyisége.

A kísérletek, melyeket kiemeltem KISS (2004) munkájából azt mutatják, hogy nem is mindig szignifikánsan, de a *Rhizobium*-készítmények hatással vannak termesztett növényeink növekedésére, termés hozamára, így hatékonyan kiegészíthetik agrotechnikai gyakorlatunkat.

2.7.2. *Azotobacter*-oltóanyagok

Az *Azotobacter chroococcum*ot tartalmazó készítményeket azotobakterin névvel is illethetjük, (FEHÉR 1954, SZABÓ 2008) melyet nitrogénfixáló képessége miatt szelektáltak. SZABÓ (2008) leírja, hogy feltételezések szerint, e mikroorganizmusok - melyek nem valódi rizoszféra baktériumok - a talajban a növények gyökere körül elszaporodva nitrogénnel láthatják el a növényeket. Ez a feltételezés később tévesnek bizonyult, de a szerző leírja, hogy ennek ellenére tapasztalhatjuk e szervezetek a termesztett növényre gyakorolt kedvező hatását.

Az *Azotobacter* fajok nitrogénáz enzimrendszerük segítségével, energiaigényes folyamat során képesek fixálni a légköri nitrogént, amihez szükségük van a cellulózbontó mikroszervezetek által felszabadított szénforrásokra is. Egyes keverék készítmények (*A. chroococcum* és cellulózbontó fajok) e kölcsönös tevékenységet használják ki egymás tevékenységüknek fokozásához. (A folyamat tudományos megerősítéséről nem szereztem tudomást.)

Megfigyelték, hogy az idősebb *Azotobacter*-tenyészetek nagyrészt ciszta stádiumú baktériumokat tartalmaznak, így szárazságtűrésük jóval nagyobb. E tenyészetek a rizoszférában jobban megtelepednek és a gyökerek szinte minden része kolonizálódik. Egyes kísérletek szerint a környező talajhoz képest a búza gyökérrendszerében az *Azotobacter*ek száma több mint harmincszorosa a környezetének. A kijuttatott inokulum pusztulásának okai között szerepelhet a gyökérváladékok és antagonista mikrobák gátló hatása. (SZABÓ 2008)

Továbbá, kevésbé valószínű az a feltételezés, hogy az *Azotobacter* oltóanyag tartósan befolyásolná a gyökérszóna mikroflóráját. Ugyanakkor az a gondolat, hogy a fiatal gyökerek kórokozó baktériumokkal és gombákkal való benépesültségét gátolja, igaz lehet. (SZABÓ 2008)

JARAK et.al. (1997) (in: KISS 2004), szerbiai kutatók megállapították, hogy egyes *A. chroococcum* törzsekkel beoltott búza növények szemtermésére 9,3-13,6%-os növekedést mutatott.

Az *Azotobacter*-tenyészetek kapcsán viszont FEHÉR (1954) (in: KEMENESY 1961) az alábbi véleményt alkotja: "*Nézetünk szerint az Azotobakter probléma nem talajoltási kérdés, hanem tisztán agrotechnikai feladat.*"

A talaj szervesanyag-készletét kell szaporítani, gondoskodni kell jó átszellőzöttségéről, és akkor a bizonytalan kimenetelű oltások helyett sokkal biztosabb alapon tudjuk a talajban már meglevő és az ottani viszonyokhoz alkalmazkodott, tehát nagy ellenálló képességű *Azotobakterek* számát úgy megnövelni, hogy ezek azután gyakorlatilag is lényeges terméstudbblletet idézzenek elő. E téren nézetem szerint még nagyon sok kísérletre és vizsgálatra lesz szükség, mielőtt ezeknek az oltóanyagoknak nagyüzemi alkalmazása biztosan elérhető terméstudbbllettel fog járni." E gondolatokat FEHÉR DÁNIEL 1954-ben fogalmazta meg, ugyanakkor a fentiekben vázolt probléma a mai napig kérdés elé állítja a felhasználókat, így elgondolkodtató lehet az, hogy milyen változások történtek az *Azotobakter*-készítmények technológiájában.

KEMENESY (1961) saját kísérleteiben, melyeket többféle talajtípuson, eltérő műtrágya-kombinációkkal állított be, nem járt olyan eredménnyel, mely megerősítheti az *Azotobakterek* hatásosságát, ugyanakkor nem veti el az ez irányú tudományos kutatások létjogosultságát. Itt említi, hogy annál is inkább megéri a témával foglalkozni, mert az oltási költségek jelentéktelenek. Az 1960-as évek béli technológia a szerző szerint is kidolgozásra szorul a jövőben. Itt is találkozhatunk a kérdéssel, hogy milyen változásokat eszközöltek a gyártók a technológiában és azóta sikerült-e növelni az *Azotobakter*-készítmények hatékonyságát.

SZABÓ (2008) is leírja, hogy 1960-70-es évek között számos statisztikailag ellenőrizhető vizsgálatot végeztek, melyek megerősíthetik az *Azotobacter* készítmények hatásosságát, de általában olyan körülmények között voltak képesek növelni a terméseredményeket, ahol a baktériumtrágyázás mellett ásványokat is adtak a talajhoz és a nedvességtartalom is optimális volt. Üvegházakban még inkább megismételhető eredményeket értek el, mint szántóföldön.

HARPER (1978) leírja, hogy a kísérletükben használt *A. chroococcum* tenyészetek nem mutattak statisztikailag igazolható hatást.

SACHIN (2009) in vitro kísérletezések során pozitív eredményeket kapott, továbbá megállapította az *A. chroococcum* inokulum indol-ecetsav termelését, mely serkentette a kísérletében vizsgált bambusz és kukorica növekedését. Az oltóanyag pozitív hatással volt a gyökérfejlődésre, a növények száraztömegére és kezdeti fejlődésükre.

2.7.3. Foszfor mobilizálás, növényvédelmi vonatkozások

A legelterjedtebb foszforvegyületeket ásványosító preparátumok a *Bacillus megaterium* és a *Pseudomonas fluorescens* törzsekből nyert készítmények. Ezek foszforbakterin néven is ismertek. (SZABÓ 2008) Ezen kívül *Enterobacter agglomerans* fajjal is tettek kísérleteket. (KISS 2004)

SZABÓ (2008) írja, hogy a *Bacillus megaterium* szintén nem tipikus rizoszféra-baktérium természetes körülmények között.

Továbbá a *B. megaterium* oldatba vitte a csontlisztet, a szuperfoszfátot, a foszfátkőzetet és a hidroxí-apatitot is. Ebben a talajban a paradicsom szignifikánsan több foszfort tartalmazott és sokkal erősebben fejlődött.

A mai álláspont szerint a foszformobilizáló oltóanyagoknak egyedül foszforhiányos talajokon lehetnek hatékonyak, bár megfigyelték a fent nevezett foszforvegyületeket ásványosító baktériumoknak hatása van a növények növekedésére. Mind a *B. megaterium*, mind a *B. subtilis*, mind pedig a *P. fluorescens* tenyészeiből kimutattak giberellin-szerű anyagokat, illetve számos mikroba indol-3-ecetsavat termel, ami hatást gyakorol a növények növekedésére, szárának megnyúlására, száraztömegének növelésére, valamint kezdeti fejlődésére. A *Pseudomonas fluorescens-putida* baktériumok oltóanyagként való felhasználása során megfigyelték, hogy ezek serkentőleg hatnak a növények növekedésére. Innen kapták nevüket: plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). A kedvező hatást arra vezetik vissza, hogy a *Pseudomonas*ok a környező mikroflórát megfosztják a vasforrásuktól, így többek között a patogén szervezetek képtelenek fejlődni, ezáltal javulnak a feltételek a gyökerek anyagcseréjéhez. Továbbá megfigyelték, hogy az azotobakterin és a foszfobakterin csökkentette a burgonya és más növények vírusos és baktériumos megbetegedéseinek gyakoriságát. (SZABÓ 2008)

DZSUMANIJAZOVA (2000) (in: KISS 2004) látványos eredményeket kapott cukorrépa kultúrában. P-trágyával kezelt talajokból izolált foszfátoldó baktériumokat használt a gomolyok oltására, szerves- és szervesetlen trágyázással kiegészítve. A bakterizált cukorrépa talajában megállapítható volt az *Azotobacterek* és nitrifikáló baktériumok számának növekedése, továbbá a bakterizáció elősegítette a csírázást, a fiatal növények fejlődését növelte az invertáz- és ureáz aktivitást. Végeredményben a cukorrépa termés megkétszereződött.

2.7.4. Szervesanyag bontás

Hazánkban az alacsony állatállomány miatt nem jutunk elegendő istállótrágyához, mellyel megfelelő mértékben pótolni tudnánk a termeléssel kivont szerves anyagot, így okszerű a növényi maradványok visszaforgatása. (MIKÓ 2009. p. 95.) Ezen visszaforgatott származadványok lebontását segíthetik a cellulóz és ligninbontó törzseket (*Bacillus subtilis*, *Bacillus polymixa*, *Pseudomonas putida*, *Cellvibrio ostraviensis*) tartalmazó baktérium-készítmények.

Fenti cellulózbontó törzseket tartalmazó mikrobiológiai készítmények kijuttatásakor figyelembe kell vennünk, hogy ezek a szerek milyen módon hatnak a már vázolt káros szénhidráthatásra. Egyes nem tudományos közlések szerint csökkenhetik azt, amennyiben egyidejűleg velük *A. chroococcum* törzseket is kijuttatunk.

LOCH (2004) szerint a szalma, vagy kukoricaszár alászántása kedvezőtlen helyzetet teremthet, mivel ekkor elszaporodnak azokon a cellulózbontó szervezetek és a testük felépítéséhez használt nitrogént elvonják a növényektől. Ezért kiegészítő N-trágyázásra van szükség. Felvetődik a kérdés a cellulózbontó törzsek kijuttatása kapcsán, hogy ha mesterséges úton is megnöveljük a cellulózbontó szervezetek számát, akkor nem fogy-e még nagyobb mértékben talajunk N-készlete, illetve az együttesen kijuttatott *A. chroococcum* törzsek képesek-e valóban pótolni a kiegészítő nitrogéntrágyázást, vagy részben kiváltani azt. Ezek a kérdések további tudományos megerősítésre várnak.

2.7.5. Levélen ható készítmények működésének alapjai

Saját kísérletemben levélre juttatandó mikrobiális készítménnyel végeztem kezeléseket. E szerek tartalmaznak tejsav- és fotoszintetizáló baktériumokat, valamint élesztőket. A szer 3% cukornád melaszt is tartalmaz.

Feltételezhetően ezek a mikroorganizmusok a levélfelületen, segítenek egyes szervesanyagok felvételében, aminosavakat, cukrokat és vitaminokat szintetizálnak, valamint hozzájárulhatnak a károsanyagok degradálásához. Ezáltal erősítve a növény kondícióját. (GRANT 2012)

SZABÓ (2008) részletesebben is foglalkozik a növények föld feletti részeinek baktérium flórájával, elsősorban a levelek felületének, az ún. filoszférának a baktériumnépességével. Megállapítja, hogy legnagyobb számban itt baktériumok élnek, majd ezt követik sorrendben az élesztők, a penészek és az aktinomicéták. A baktériumok és élesztők száma 1 cm^2 -re számítva elérheti a 10^7 db sejtet, vagy a levél teljes tömegére számítva a 10^9 g^{-1} csíratömeget. A levélfelületen élő baktériumok és gombák között találhatunk hasznos és patogén szervezeteket is.

SZABÓ (2008) az alábbiakban foglalja össze a növények filoszférájában élő hasznos mikroszervezetek tevékenységét:

- működésük során képesek megbontani növényi viaszokat,
- sok levélbaktérium N_2 -t köt,
- növekedésszabályozó anyagokat termelnek,
- antagonizálják a növényparazitákat,
- serkentik a gazdanövény fitoalexintermelését¹,
- felfogják a légköri szennyeződés kénvegyületeit és az azokat szerves kötésbe viszik, mely hasznosítható a növények számára.

¹ A fitoalexinek kis molekulású, lipofil, antimikrobiális vegyületek. (SZARKA 2008)

2.8. Egyéb növénykondicionáló szerek alkalmazása és hatásmechanizmusa

A baktérium trágyák mellett elterjedt a biológiai trágyák (biotrágyák) felhasználása is. KISS (2004) megkülönbözteti a baktériumtrágyákat és biotrágyákat. Utóbbiak általában mikro- és makroalgákat, mikorrhiza gombákat és egyéb növénystimuláló szervesanyagokat tartalmazhatnak.

2.8.1. Alga alapú szerek

KÖRÖS & TOMCSÁNYI (2012) leírja, hogy a növénykondicionálók kémiai összetétele nem minden esetben határozható meg pontosan és általában az algákból készített szerek esetén többféle és összetett hatás érvényesül. Kedvező hatásaik révén felhasználhatóak a termés minőségének javítására, mennyiségi növelésére és károsodások elleni védelemre.

Az algákat a mezőgazdaságban felhasználhatják nyers állapotban, illetve kivonat formájában, melyet sejtroncsolással ("cryobursting") állítanak elő és levélre juttatnak. E kivonatokból rendkívül sok vegyületet mutattak ki, pl. aminosavakat, vitaminokat, növényi hormonokat és elicitorokat².

Ezáltal szerepet játszanak elsősorban a generatív szervek növekedésének serkentésében és a sejtosztódás szabályozásában. A fokozottan működő sejtek növelik a növények ásványianyag-felvételét. A kereskedelembe kapható szereket gyakran kiegészítik egyéb természetes és vegyi anyagokkal is. (KÖRÖS & TOMCSÁNYI 2012)

Ugyanakkor KISS (2004) beszámol talajoltásra használt alga készítményekről is, melyek *Chlorella vulgaris*, illetve *Scenedesmus obliquus* fajokat tartalmaznak. DZSUMANIJAZOV (1979) munkája nyomán KISS (2004) közli, hogy a technológia alkalmazása hatékonynak bizonyult, mivel a kémiai, enzimológiai és mikrobiológiai elemzések és a terméshozam mérése jóval magasabb értékeket mutatott a kezelt beállításokban. Emellett megállapították, hogy a *Chlorella* beoltásakor az egyes növénybetegségek, elsősorban a gyapot tőhervadása ritkábban fordult elő.

Ennek kapcsán hivatkozok FEHÉR (1954) munkájára, amiben ír a talajban, ill. a talajon élő algák szerepéről. Leírja, hogy az asszimiláló fajoknak szerepük van a talajok szervesanyag- és nitrogén ellátásában és javítják a talaj oxigén ellátottságát. Ezen kívül, ha nagyobb számban szaporodnak el a talaj felületén, szénhidrátban gazdagítják azt. A szerző megemlíti, hogy az algák segíthetik az *Azotobacterek* tevékenységét fotoszintetikus szénhidrát termelésük révén.

² Elicitornak nevezünk minden olyan mikrobiális vagy növényi eredetű anyagot, amely a növényben védekezési reakciókat aktivál. (KÖRÖS & TOMCSÁNYI 2012)

2.8.2. Mikorrhiza gombák beoltása

KISS (2004) több kísérleti eredményt közöl mikorrhiza gombák és azok más talajbaktériumokkal való együttes beoltásáról.

Ezek közül KIM et. al. (1998) laboratóriumi kísérleteiben kimutatta, hogy a *Glomus etunicatum* mikorrhiza gomba és *Enterobacter agglomerans* foszfátoldó baktérium együttes beoltása szignifikánsan segíti elő a növények P- és N-felvételét és növekedését.

2.9. Tapasztalatok a termesztésben

GÖNCZI (2012) több szempontból vizsgálja az egyes szerek hatásáról kialakult véleményeket. Igen sok gazda negatív véleményt alkot a baktériumtrágyák hatékonyságáról. Ennek hátterében GÖNCZI szerint állhat a rossz tárolás (nem megfelelő hőmérséklet, ill. fényviszonyok), valamint kijuttatási mód (nincs idejében a talajba dolgozva).

Az alábbiakban GÖNCZI (2012) nyomán néhány gazdálkodó véleményét szeretném ismertetni.

Egy békésszentandrási gazdálkodó úgy látja, hogy eső nélkül nem működik a baktériumtrágya.

Pest megyében egy gazda a homokos talaj adottságai miatt nem használ baktériumtrágyát, mert úgy véli, ha a talajban alapvetően nincs tápanyag, a kijuttatott mikrobák sem képesek működni. Véleménye szerint olyan árutermelésben, ahol a talaj tápanyagszolgáltató-képessége és humusztartalma kielégítő, csak ott képesek hatékonyan működni a baktériumtrágyák.

Ezen kívül figyelembe kell vennünk a baktériumtrágyák árát, mely GÖNCZI szerint átlagban 10-11 ezer Ft/ha körül mozog. Ezt az árat gyengébb termést adó években össze kell vetni a szerek hatásának tényleges előnyeivel, mivel a megtakarítás mértéke (a szerek hatékonysága) nagyban függ az alkalmazás helyszínétől, a kijuttatás módjától, illetve magától a készítménytől.

Ezen kívül találkozhatunk igen sok olyan véleménnyel is, melyek a szerek egyértelmű költséghatékonyságáról számolnak be, elsősorban a műtrágya megtakarítás révén, de e forrásokról nem minden esetben dönthető el objektivitásuk, így ezekről nem számolok be dolgozatomban.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A vizsgálatok céljai, eszközei

Levélen ható baktérium készítmény ("B") és kalcium alapú ("CA") levéltrágya termésfokozó hatását vizsgáltam külön-külön és együttesen, több dózisban, tavaszi árpa, napraforgó, kukorica, energia fűz és burgonya kultúrákban.

A felhasznált "B" jelű szer élesztőt, illetve tejsav- és fotoszintetizáló baktériumokat tartalmaz 3%-ban. Ezen kívül a sűrítmény 3% cukornád melaszt és 94% vizet tartalmaz. A "CA" jelű szer, CaCO_3 hatóanyagú (>95% m/m%), por alakú levéltrágya. (Nourivit GmbH)

A szerek terméseredményre gyakorolt hatásának értékeléséhez, az alábbi paramétereket vizsgáltam:

1. növénymagasság,
2. területre eső kalászszaám (tavaszi árpa),
3. kalásonkénti szemszaám (tavaszi árpa),
4. gumó- és lomb tömeg, illetve arány,
5. termés hozam,
6. beltartalmi értékek: nyersfehérje-, olaj-, keményítő- rost- hamu- és nedvesség tartalom.

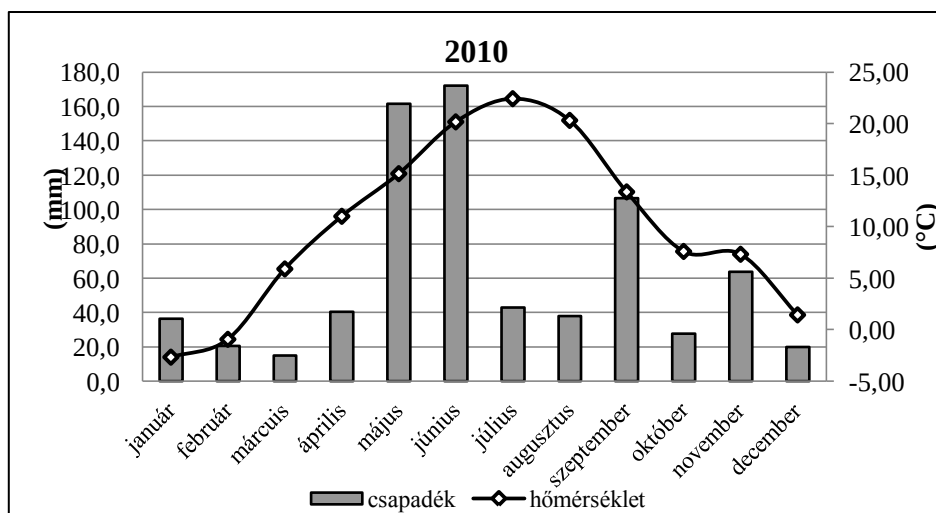
3.2. A kísérleti helyszín jellemzői

A kísérlet Szárítópusztán, a Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában került beállításra, mely a Gödöllő-dombság kistájon helyezkedik el, Gödöllő délkeleti részén.

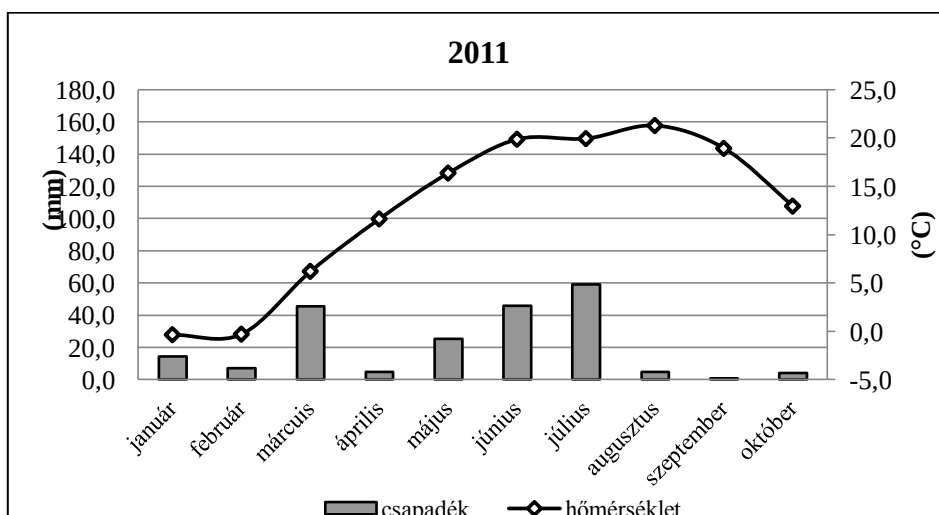
A kísérleti terület talajtípusa Ramman-féle barna erdőtalaj, mely homok és márga alapkőzetten alakult ki, közepes termőrétegű, gyengén humuszos változatban. A terület erózió veszélyeztetett és tömörödsre hajlamos. (MIKÓ nyomán)

A kísérleti területen mért csapadék és hőmérsékleti adatokat az 1. és 2. ábra mutatja. (MIKÓ nyomán) Az adatok alapján elmondható, hogy a kísérleti évet megelőző 2010-es évben a csapadék mennyisége (757,4 mm) meghaladta a sokéves 582 mm átlagot, de a 2011-es, kísérleti év tavaszi és nyár eleji csapadék mennyisége átlag alatt maradt, március kivételével. A tavaszi vetésű kultúrák csírázásához és kezdeti fejlődéséhez biztosított volt a nedvesség és a hőmérséklet. A 2011-es év további részében (augusztustól) meleg, száraz időjárás volt jellemző.

Az éves átlag középhőmérséklet (12,7 °C) jelentősen meghaladta a sokéves 9,7 °C-os átlag középhőmérsékletet.³ Ilyen hőmérsékleti viszonyok mellett figyelemre méltó még az augusztustól októberig hulló, összesen 9,6 mm csapadék, az e hónapokra jellemző össz. 120 mm körüli értékhez képest. (MUCSI & SZABÓ 1999)



1. ábra. A csapadék és hőmérséklet átlag értékei Szárítópusztán (2010)



2. ábra. A csapadék és hőmérséklet átlag értékei Szárítópusztán (2011. január-október)

3.3. A kísérletek beállításának technikai körülményei

3.3.1. Termesztéstechnológiai adatok

A kísérletek főbb termesztéstechnológiai adatai a *tavaszi árpa*, *napraforgó* és *kukorica* kultúrákban megegyeztek (2. táblázat) Ettől eltér a burgonya, mely adatai a 3. táblázatban találhatóak. A növényvédelmi kezelések adatait a 4. táblázat tartalmazza.

³ Sokéves átlag hőmérséklet- és csapadék adatok forrása Gödöllő térségéből: GYURICZA (2000)

2. táblázat. A tavaszi árpa, napraforgó, kukorica term. technológiai adatai

Elővetemény	Talajművelés		Alaptrágya	
	kezelés	Időpont	kezelés	időpont
őszi káposztarepce	közép-mély lazítás (40-45 cm)	2010.08.25	N:P:K = 12:30:45 kg/ha	2010.09.25
	alaptrágya bedolgozása tárcsával (16-20 cm) és szántás (25-30 cm)	2010.09.26		
	magágy készítés	2011.03.24		

3. táblázat. A burgonya term. technológiai adatai

Elővetemény	Talajművelés		Alaptrágya	
	kezelés	Időpont	kezelés	időpont
őszi káposztarepce	szántás	2011.08.02	N + K = 30 + 250 kg/ha	2011.08.02

Vetésre/ültetésre az alábbi időpontokban került sor:

- tavaszi árpa: 2011.04.11
- napraforgó: 2011.05.15
- kukorica: 2011.05.15
- burgonya: 2011.08.08

4. táblázat: Növényvédelmi kezelések

Tavaszi árpa		Napraforgó		Kukorica		Burgonya	
kezelés	időpont	kezelés	időpont	Kezelés	időpont	kezelés	időpont
Pointer Star: 29g/ha; 0.3l/ha (herb.)	2011.05.26	Goal Duplo: 0,5l/ha (herb.)	2011.05.24	Titus Plus: 389g/ha (herb.)	2011.05.25	Milstar: 0,5kg/ha (fung)	2011.09.05
Harvesan: 1,0l/ha (fung.)	2011.05.26	Tiuram Granuflo: 2,5kg/ha (fung.)	2011.06.26			Titus: 50g/ha (herb.)	2011.09.05
Sherpa: 0,15l/ha (inszekt.)	2011.05.28						

A fenti adatsorokból látható, hogy alaptrágyázás mindegyik kultúrában történt. Továbbá a tavaszi árpa és a napraforgó vetése a megszokottól később történt, figyelembe véve az aktuális csapadékviszonyokat. Ezeket a tényezőket számba kell venni a vizsgált szerek hatásának elemzésekor.

3.3.2. A kezelések beállítása

A kezelések során tíz beállítást alkalmaztam, három ismétlésben. Ennek leírását az 5. táblázat mutatja. Az *Eredmények fejezetben* ezekre a jelölésekre hivatkozok. A szereket tavaszi árpa esetében 2011.05.20-án, 2011.06.01-én és 21.-én juttattuk ki. Az első kezelés az állomány szárba indulásakor történt. Ezzel megegyezik az energia fűz kezelése, azzal az eltéréssel, hogy az utolsó kezelést 2011.07.05-én kapta az állomány. A napraforgóban és kukoricában egyszerre végeztük a kezeléseket, szintén három alkalommal: 2011.06.01-én (napraforgó: 2 leveles állapot; kukorica: 3-4 leveles állapot), 21.-én és 2011.07.05-én. A burgonyában az első kezelés 2011.08.29-én történt, majd a második 2011.09.23-án. Harmadik kezelésre a burgonyánál nem került sor az első reggeli fagy miatt.

5. táblázat: Kezelések (300 liter/ha lémenyiség)

szer jelölése	dózis
K	kezeletlen kontroll
CA-3	3 kg/ha
CA-6	6 kg/ha
CA-12	12 kg/ha
B-3	3 l/ha
B-6	6 l/ha
B-12	12 l/ha
BCA-3	3 l/ha + 3 kg/ha
BCA-6	6 l/ha + 6 kg/ha
BCA-12	12 l/ha + 12 kg/ha

3.3.2.1. Elrendezés tavaszi árpa, napraforgó, kukorica kultúrákban

Az 5. táblázatban látható 10 kezelést összesen három ismétlésben állítottam be, így összesen 30 parcella került kialakításra. A parcellák 6m x 10m- esek voltak és 40m x 80m területű táblán alakítottam ki őket karók segítségével. A parcellák elrendezését a 3. ábra szemlélteti.

(8)BCA-3	(9)BCA-6	(24)CA-12	(15)B-3
(7)B-12	(10)BCA-12	(23)CA-6	(26)B-6
(6)B-6	(11)K	(22)CA-3	(27)B-12
(5)B-3	(12)CA-3	(21)K	(28)BCA-3
(4)CA-12	(13)CA-6	(20)BCA-12	(29)BCA-6
(3)CA-6	(14)CA-12	(19)BCA-6	(30)BCA-12
(2)CA-3	(15)B-3	(18)BCA-3	
(1)K	(16)B-6	(17)B-12	

3. ábra: Parcellák elrendezése a kezelések feltüntetésével. ⁴

3.3.2.2. Parcellák elrendezése energia fűznél

Az energia fűznél két párhuzamos soron történt beállításra a kísérlet. Ekkor egy-egy sorban 10 méterenként alakítottam ki a parcellákat és a 3.3.2.1. fejezetben vázolt módon követik egymást a kezelések. Erről a 4. ábra ad képet.



4. ábra: Energia fűzben kialakított parcellák, nyíllal jelölve. (Kezelés közben)

3.3.2.3. Parcellák elrendezése burgonyánál

Burgonyánál, a többi kultúrától eltérően csak 10 parcella került kialakításra egy 0,6 ha-os táblán. Egy parcella 6 méter széles és 100 méter hosszú volt. Ennek elrendezését az 5. ábra mutatja.

⁴ Zárójelben a parcellák azonosító száma látható.

(10) BCA-12	(9) BCA-6	(8) BCA-3	(7) B-12	(6) B-6	(5) B-3	(4) CA-12	(3) CA-6	(2) CA-3	(1) K
----------------	--------------	--------------	-------------	------------	------------	--------------	-------------	-------------	----------

5. ábra: Burgonya kísérleti parcellák elrendezése

3.4. Vizsgálati módszerek

3.4.1. Növénymagasság mérés

Az méréseket az első kezeléseket követő 10-12. napokon végeztem minden kultúrában, majd a vegetációs idő során a betakarításig még kétszer megismételtem. A tavaszi árpa esetében az első két vizsgálatnál a kalász csúcsáig mértem a növény hosszát, majd az utolsó mérést a bókoló kalász nyakánál végeztem. Kukorica esetében a legfiatalabb levél hosszát mértem. Napraforgónál és energia fűznél a teljes növényt magasságot vettem figyelembe. Parcellánként 5 mintát felvételeztem.

3.4.2. Területre eső kalászsorszám és kalásonkénti szemszám

A kalászsorszám négyzetméterre eső számát egy sorban méterenként számoltam, majd a sortávolság ismeretében kiszámítottam az egy négyzetméterre jutó kalászsorszámot. A kalásonkénti szemszámot az előző méréssel együtt parcellánként 5 helyről vettem.

3.4.3. Burgonya gumó- és lombtömeg, ill. arány mérése

A 6 m-szer 100 m hosszú parcellákból három helyen ástuk ki a teljes növényzetet, 2 folyóméterről. A mintavételi helyeket a parcellák elején, közepén és végén határoztam meg, ügyelve a tábla szegélyére. A gumó és a lomb tömege külön került lemérésre, ez alapján meghatározhattam azok arányát.

3.4.4. A termés mennyiségi és beltartalmi vizsgálata

Tavaszi árpa esetében parcellakombájnnal végeztük a betakarítást és a betakarított mennyiséget hektárra vetítettem. Napraforgó és kukorica esetében parcellánként 4 sorról, 10 méteren kézzel gyűjtöttük a termést és kézi cséplés után ennek súlyát vetítettem ki hektárra vonatkozóan.

A beltartalmi vizsgálatokat a Szent István Egyetem Növénytermesztési Intézetében végezték Instalab 600 NIR infravörös elemző készülékkel. Ennek során a tavaszi árpa szemtermésében fehérje- és víztartalom került meghatározásra. Napraforgónál a kaszat olaj-, nyersfehérje-, és víztartalma, kukoricánál pedig a szemtermés fehérje-, olaj-, víz-, keményítő-, nyersrost-, és hamu tartalmának vizsgálatát határozták meg. Burgonya, energiafűz és lucerna kultúrákban nem történt beltartalmi mérés.

3.4.5. Statisztikai módszer

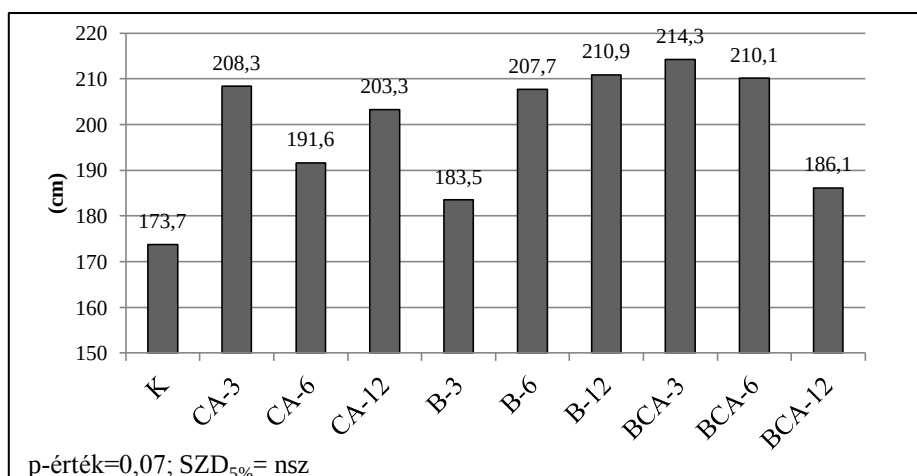
A felhasznált szerek, a növény magasságára, termésére és beltartalmi tulajdonságaira gyakorolt hatásának vizsgálatokor egytényezős variancia analízist alkalmaztam EXCELL program segítségével.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Növénymagasságra gyakorolt hatás

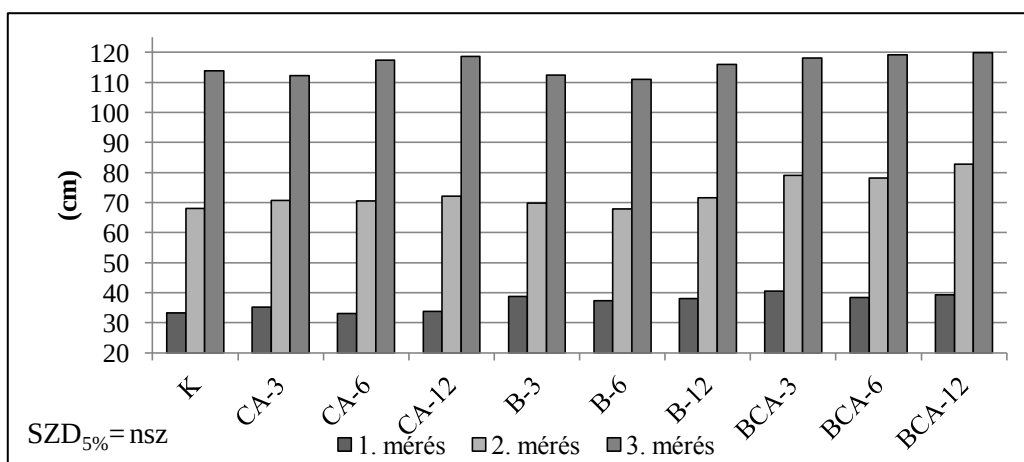
Több kultúrában is megfigyelhető a használt szerek növénymagasságra gyakorolt pozitív hatása, de statisztikailag nem lehet igazolni az eredményeket.

A legkisebb eltérés az egyes ismétlések között az energia fűzben volt tapasztalható ($p=0,07$), ahol a 2011.09.27-én mért növénymagasság némi összefüggést mutat a kezelésekkel. Az energiafűz magasság mérésének adatait a 6. ábra mutatja. A kapott adatok alapján elmondható, hogy a kalcium (CA) és baktérium (B) alapú szerek önmagukban, a kontrollhoz képest átlagban mintegy 15,5%-os magasságnövekedést, míg a kombinált (BCA) kezelések átlagban 17,1%-os növekedést eredményeztek, de statisztikailag nem igazolható módon. E növekedésnek szerepe lehet az energianövények biomassza termelésében.



6. ábra: Energia fűz növénymagasság mérésének eredménye.

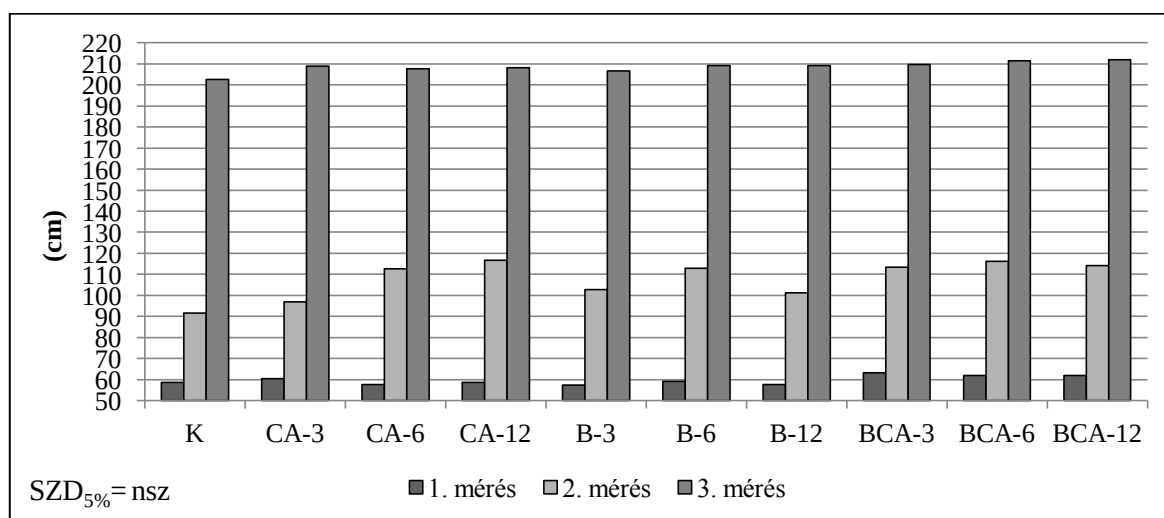
Napraforgó kultúrában a CA-6-os CA-12-es, a BCA-6-os és a BCA-12-es kezelések mutatták jobban a szerek hatását, de nem szignifikánsan. Ezek 3,6%-os illetve 4,9%-os növénymagasság növekedést eredményeztek átlagban, az utolsó mérés alapján, ugyanakkor a kombinált (BCA) kezelések már a második mérésnél jobb eredményeket mutattak a többihez képest. Érdekesség, hogy a baktérium készítmények önmagukban nem mutattak jelentősebb változást. A napraforgó magasságra vonatkozó eredményeit a 7. ábra mutatja.



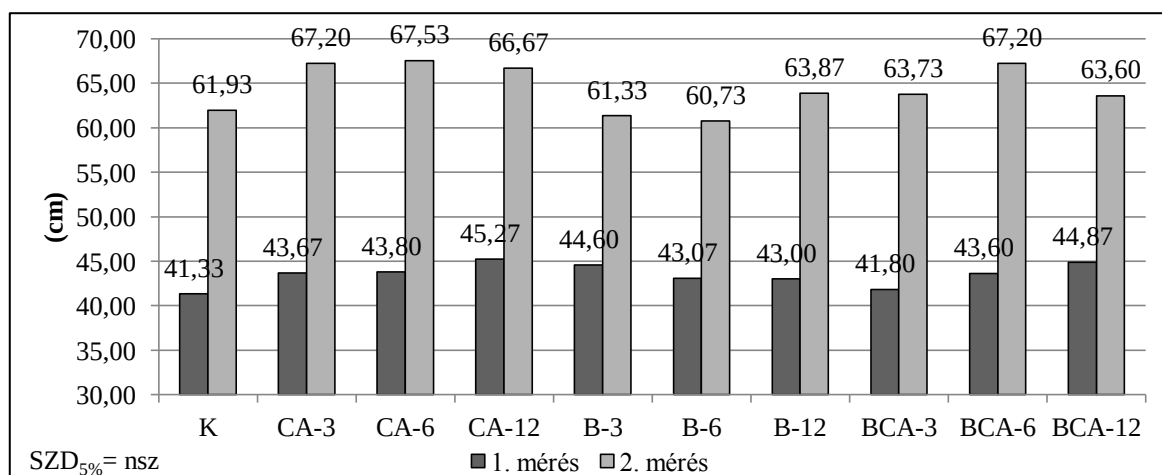
7. ábra: Napraforgó növénymagasság mérésének eredménye.

Kukorica esetben a CA-6, CA-12 és BCA kezelések hatottak jobban a növekedésre, ugyanakkor ezen adatok sem szignifikánsak. Az első mérésakor igen csekély különbség volt a növénymagasságban, míg az utolsó mérésakor - betakarítás előtt, beért állományban - sem tapasztalhattunk kiugró eredményeket. Véleményem szerint erre az időpontra már a korábban tapasztalható különbségek a növénymagasságban kiegyenlítődtek a kukorica a nagyfokú vízleadása következtében. A 8. ábrán találhatóak a kukorica növénymagasság mérésének eredményei.

A tavaszi árpa eredményei közül a második mérés adatait emelném ki, melyek a 9. ábrán láthatóak. Ezen megfigyelhető, hogy a kalcium alapú szerekkel kezelt növények magasabbra nőttek, ugyanakkor itt sem következtethetünk a szerek szignifikáns hatására.



8. ábra: Kukorica növénymagasság mérésének eredménye.



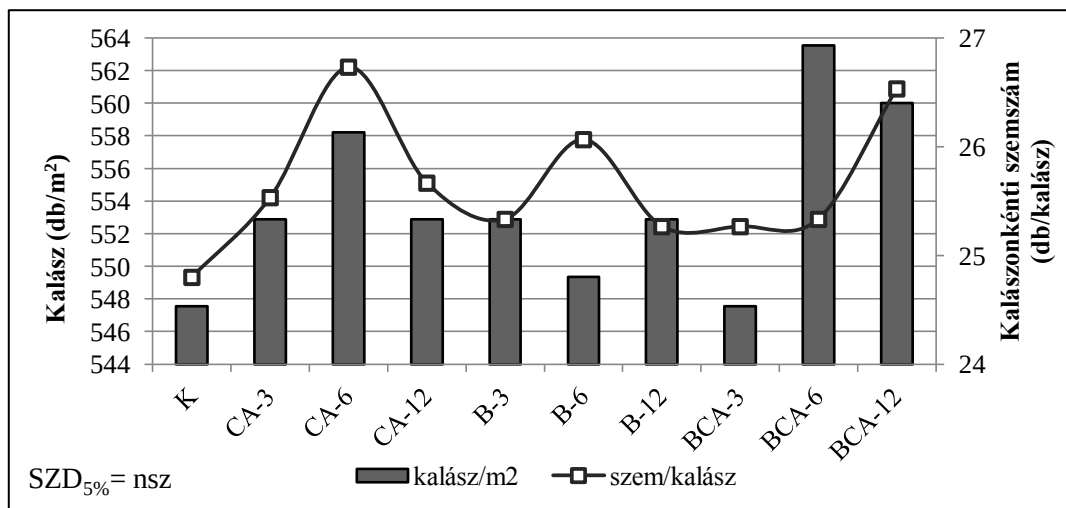
9. ábra: Tavaszi árpa növénymagasság mérésének eredménye.

4.2. Kalászs szám és szemszám

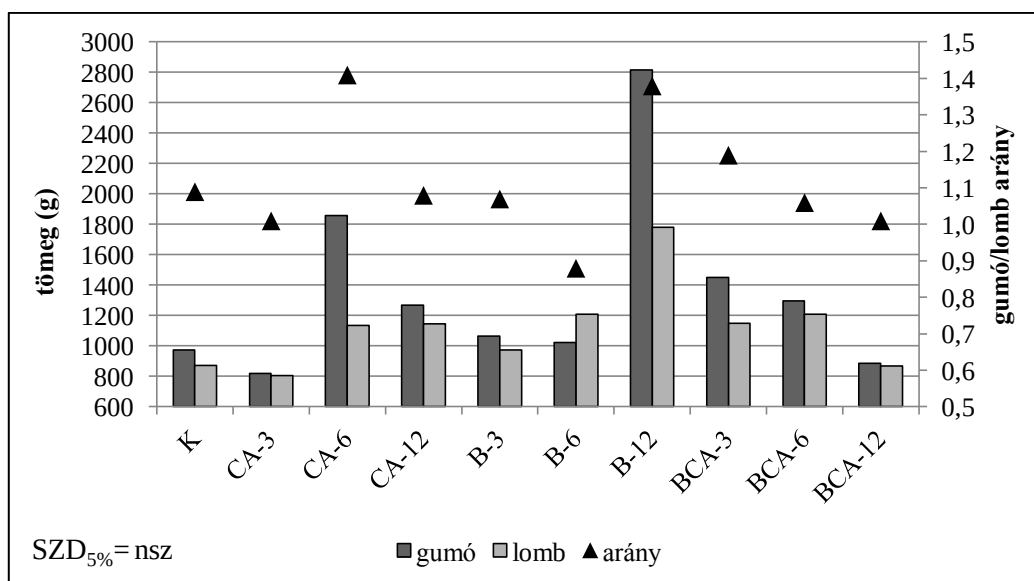
A területre eső kalászkok számának vizsgálatokor láthatjuk, hogy szinte minden kezelés növelte a kalászkok számát, viszont nem állapíthatunk meg szignifikáns összefüggést a kezelések között. (10. ábra.) Ugyanígy nem állapíthatunk meg messzemenő következtetéseket a kalásonkénti szemszám elemzésekor sem. Ugyanakkor figyelemre méltó, hogy a két paraméter összefüggést mutat egyes kivételektől eltekintve. Bizonyos esetekben a kalásonkénti szemszám növekedése követte a területre eső kalászkok számának növekedését. Sajnos statisztikailag itt sem igazolhatóak az eredmények.

4.3. Gumó- és lombtömegre gyakorolt hatás burgonyában

A 11. ábrán találhatóak a burgonyában végzett mérések adatai, melyekből látható, hogy a legnagyobb gumó növekedést a CA-6- és a B-12-es kezeléseknél lehetett mérni. Kérdéses, hogy a tábla heterogenitása mennyire játszott közre e kiugró adatok mérésekor, de látszik, - főleg a CA-6-os kezelésnél -, hogy a lombtömeg nem követte a gumótömeg nagymértékű kiugrását, így valószínűleg ez esetben nem a túl kedvező, lokálisan jelentkező környezeti hatásoknak köszönhető a pozitív eredmény, mert akkor a lombtömegben is jelentősebb emelkedést kellene tapasztalni. Látható továbbá, hogy a gumó/lomb arányra nem igen volt hatással a szer a kontrollhoz képest a fent említett kezeléseket kivéve. Egyedül a B-6-os kezelésnél mértem negatív gumó/lomb arányt, tehát itt a lomb tömege meghaladta a gumóét. Ezen adatok alapján, melyek statisztikailag szintén nem támaszthatók alá, nem állapítható meg a szerek egyértelmű pozitív hatása. Megjegyzem, hogy a vizsgált burgonya állomány csak kétszeri kezelést kapott.



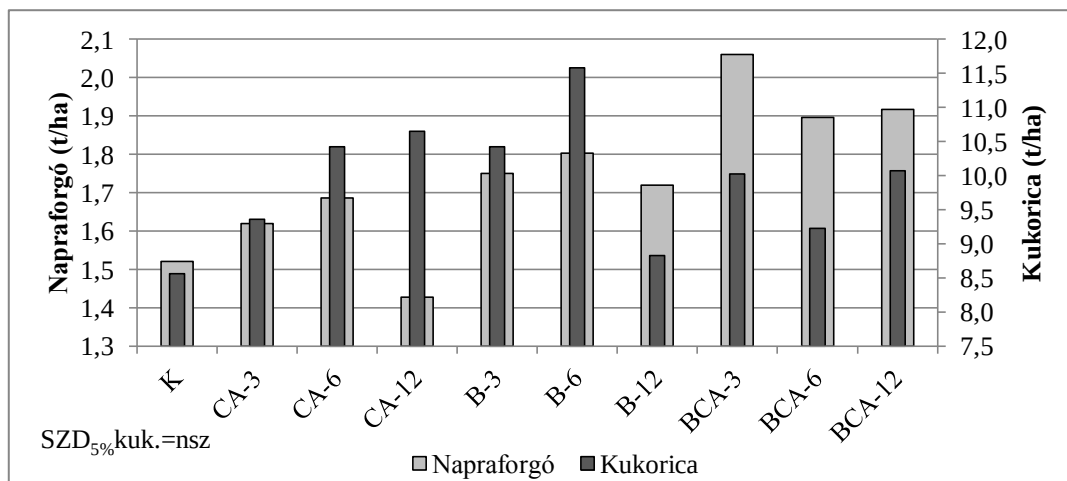
10. ábra: Területre eső kalászek száma és kalásonkénti szemszám változása tavaszi árpában



11. ábra: Burgonya gumó és lombtömege, ill. azok aránya

4.4 Terméshozamára gyakorolt hatás

A tavaszi árpa esetében nem találtam logikus összefüggést a kezelések és a terméshozamok változása között. Napraforgónál és kukoricánál azonban megfigyelhető (12. ábra), hogy nem szignifikáns módon ugyan, de előbbinél CA-12-es kezelés kivételével a kezelt parcellák nagyobb termést adtak. Megfigyelhető itt, hogy a legnagyobb (12-es) dózisok kisebb mértékű terméstöbbletet okoztak. A kukorica esetében ez már nem mondható el, de itt is tapasztalhatjuk, hogy főleg a CA-6-os és CA-12-es, valamint B-3-as és B-6-os, illetve a kombinált szerekkel beállított parcellák jelentős terméstöbbletet mutattak.

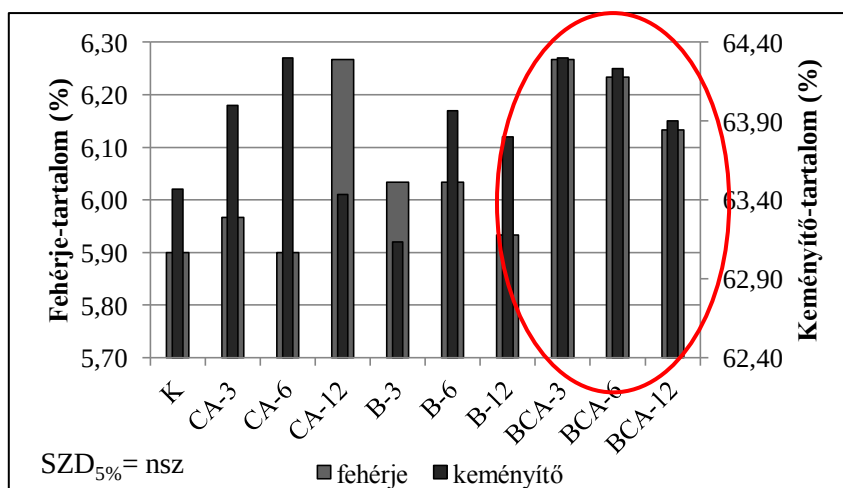


12. ábra: Napraforgó és kukorica terméshozama.

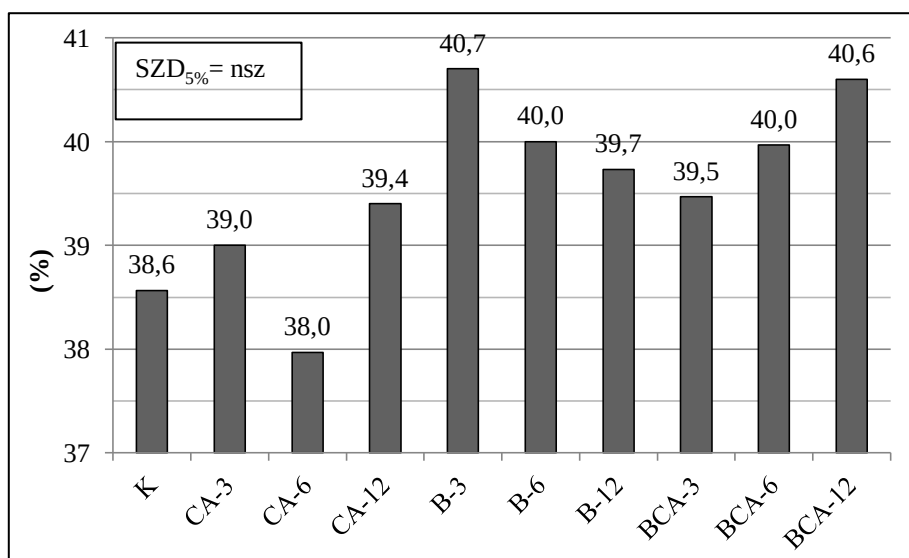
4.5. Beltartalmi vizsgálatok eredményei

A beltartalmi értékek változása sem mutatja a szerek szignifikáns hatását. A tavaszi árpa fehérjetartalma csak a CA-3 és CA-6-os kezeléseknél mutatott magasabb szintet, de ez a mozgás is csak 0,1%-os. A kísérleti tábláról betakarított termés átlag fehérje tartalma 6,99%, ehhez képest a kontroll parcellában mért fehérjetartalom 7,1%-os értéket mutat.

Kukorica esetében látványosabb összefüggést vettem észre a szemtermés fehérje- és olajtartalmának változása között. Ezt a 13. ábra szemlélteti. Megfigyelhető, hogy a BCA kezelések szinte megegyező módon befolyásolták a fehérje- és keményítő tartalmat, illetve a kontrollhoz képest magasabb értékeket kaptam ezeknél a kezeléseknél. Továbbá elmondható, hogy a kalcium alapú szerekkel kezelt növényeknek némileg magasabb keményítő tartalma volt. Statisztikailag nem igazolható a mérés.



13. ábra: Kukorica szemtermésének fehérje- és keményítő tartalma.



14. ábra: Napraforgó kaszat olaj tartalma.

Kiemelem napraforgó kaszatokban az olajtartalom vizsgálatainak eredményeit, amelyeket a 14. ábra tartalmaz. Látható, hogy a baktériumos és összevont kezelések nagymértékben megnövelték a kaszattermés olajtartalmát, ezen kívül a CA-3 és CA-12-es kezelés is növelő hatást fejtett ki, de az értékeléskor nem találtam szignifikáns összefüggést.

5. ÉRTÉKELÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálataimat a Gödöllő délkeleti részén fekvő Szárítópusztán állítottam be, viszonylag gyenge termőhelyi adottságok között.

A kezelt kultúrák mindegyike megkapta a hagyományos alaptrágyázást, amely elnyomhatja a vizsgált ásványi és biológiai növénykondicionáló szerek összetett és nem kellően ismert hatását. A mérések eredményei között találtam olyan összefüggéseket, melyek statisztikailag ugyan nem igazolhatók, de a felhasznált szerek pozitív hatását támaszthatják alá:

- Energia fűz esetében a kapott pozitív, de nem szignifikáns eredményekből következtetni lehet a szerek pozitív hatására.
- Tavaszi árpánál ott, ahol adott területen magasabb kalászszaámot mértem, a kalászonkénti szemszám is növekedést mutatott. Ebből az következik, hogy a bokrosodás mértékének közvetlen hatása van a termésképzésre is.
- Napraforgóban és kukoricában a kezelt parcellák több termést adtak, így statisztikailag nem megerősítve, de kimutatható a szerek hatása.
- A napraforgó kaszattermésének olajtartalmát főleg a baktérium alapú szerek növelték (nem szignifikáns módon), ugyanakkor a kalcium alapú készítménynél is megfigyelhetünk kisebb mértékű olajtartalom javulást. Ez igaz a kukorica keményítő, illetve kisebb mértékben fehérje tartalmára is. E beltartalmi értékek változásában nagyobb mértékben vehetnek részt a levélfelületre juttatott baktériumok, melyek valóban végezhetnek effektíven hasznos asszimilációs tevékenységet.

A mért eredmények igen nagy szórást mutattak a különböző felvételezések között az adatok statisztikai elemzésekor. Emiatt nem állapíthatom meg a szerek egyértelműen pozitív, vagy negatív hatását a vizsgált paraméterekben, ugyanakkor a kapott pozitív eredmények további szántóföldi vizsgálatok folytatását indokolják.

Véleményem szerint szükség lehet olyan kísérletek beállítására is, melyekben nem történik megelőző tápanyag utánpótlás, így vizsgálva a kedvezőtlenebb körülmények közé kerülő növények stressz tűrő képességét és betegség ellenállóságát, melyre a növénykondicionáló szerek hatással lehetnek. Valódi termelésben kivitelezett kísérletekkel pontosabb képet kaphatunk a felhasznált szerek költséghatékonyságáról is. Műtrágya kísérlettel együttesen beállítva vizsgálható, hogy e biológiai trágyák milyen mértékben képesek kiváltani a műtrágya adagokat adott termőhelyi körülmények között.

A vizsgált szerek egyes szakirodalmak szerint gyérítő hatást fejthetnek ki bizonyos fitopatogén mikroorganizmusokra, erre nem tértem ki vizsgálataimban.

A jövőben indokoltnak látom a levélen ható baktériumtrágyák növényi kórokozók elleni harcban betöltött szerepét részletesebben vizsgálni, mikroelemeket tartalmazó lombtrágyázással kiegészítve, melyek befolyásolhatják a kijuttatott mikroorganizmusok aktivitását, ezáltal növényi kórokozó-elnyomó képességüket. Mindennek szerepe lehet a termesztés során kijuttatott fungicidek mérséklésében, ezáltal költséghatékonyabbá és környezetkímélőbbé téve növénytermesztésünket.

Továbbá indokoltnak tartom a különböző cellulózbontó törzseket tartalmazó készítmények hosszabb távú tudományos vizsgálatba vonását, hogy pontosabb képet kaphassunk azok, a talajok nitrogéngazdálkodásában betöltött szerepéről.

Dolgozatom célkitűzése ezen kívül az egyes talajoltó baktériumkészítmények alkalmazása során felmerülő kérdések és problémák áttekintése. A felhasznált szakirodalmakból szerzett információk alapján arra következtetek, hogy a legtöbb talajoltásra használt baktérium-készítmény csak akkor működhet eredményesen, ha alapvetően jó kultúrállapotban tartjuk talajainkat és harmóniát igyekszünk teremteni azok tápanyag forgalmában. Az olyan területeken, ahol valamilyen gátló körülmény érvényesül, e talajoltó és növénykondicionáló szerek nem képesek önmagukban megoldani a legtöbb esetben alapvetően agrotechnikai eredetű problémákat.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdaság nagymértékű iparosítása és a sokszor okszerűtlen agrotechnikai gyakorlat káros hatásai, az egyre növekvő input anyag árak költséghatékony és környezetkímélő, új technológiák alkalmazására sarkallnak bennünket. E törekvések egyik eleme a különböző mikrobiológiai alapú terménynövelő szerek használata. Eredményességét és gazdaságosságát illetően nagy viták és ellentmondások övezik e tárgykört ma is az agráriumban. E vita álláspontjait ütköztetem és válaszokat keresek a felmerülő kérdésekre, vizsgálva talajaink biológiájára vonatkozó ismereteinket.

Szántóföldi kisparcellás vizsgálataimat levélen keresztül ható, folyékony baktérium-készítménnyel ("B": Nourivit Plus) és Ca-alapú, por alakú ásványi levéltrágyával ("CA": Nourivit) végeztem a Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában. A kísérletet tavaszi árpa, kukorica, napraforgó, burgonya és energiafűz kultúrákban állítottam be a gyártó ajánlása szerint. A három ismétléses kísérlet alapvetően négy kezelést tartalmaz (kontroll ("K"), "B"-készítmény, "CA"-készítmény, "B"- és "CA"-készítmény), amelyeken belül 3-3 dózis különítettünk el (3, 6, 12 kg, ill. liter/ha). Így összesen 30 db, 6m x 10m-es parcellát állítottam be. Ezen elrendezéstől a burgonya, az energiafűz és a lucerna eltér. A kijuttatás 6 m szélességű, függesztett szántóföldi permetezőgéppel történt, 300 liter/ha lémenyiséget alkalmazva, három, ill. burognya esetén csak két időpontban.

Az egyes kultúrákban vizsgáltam azokat a paramétereket (pl.: növénymagasság, kalásonkénti szemszám, gumó tömeg, termés átlag, stb.), és beltartalmi értékeket, melyekre a használt szerek hatással lehetnek.

Az eredmények alapján megállapítottam, hogy csak egyes esetekben figyelhető meg a szerek pozitív hatása. Árpa esetében átlagban 3,7%-al több szem található kalásonként a kezelt parcellákban, illetve három mérés átlagában 5,7%-al magasabb a kezelt állomány, viszont a terméseredmények a kontroll alatt maradnak. A tavaszi árpa bokrosodása összefüggést mutatott a kalásonkénti szemszám alakulásával. A bokrosodás mértékének emelkedése, több szemet eredményezett kalásonként. A kukorica esetében a baktérium és kalcium alapú szer átlagban 1,5 - 1,7 tonnás terméstöbbletet eredményezett hektáronként, de a szerkombináció nem adott ilyen mértékű terméstöbbletet. Napraforgó esetében a baktérium készítmény és kombináció 1,4 - 1,5 %-kal magasabb olajtartalmat eredményezett, illetve a burgonya esetében is látható kis mértékű gumótömeg növekedés.

E pozitív eredmények nem támaszthatók alá statisztikailag, mivel igen nagy szórást mutattak az egyes mérések. Ennélfogva nem állapítható meg egyértelműen a szerek termésmnövelő hatása, de a kapott pozitív eredmények további kutatások folytatását indokolják.

Saját kísérletem eredményei is rávilágítottak azokra a problémákra és vitás kérdésekre, melyekkel a szakirodalomban találkozhatunk. A legtöbb talajbiológus kutatónk véleménye az, hogy csak olyan gazdálkodásban van szerepe a baktériumtrágyázásnak és ez csak ott lehet eredményes, ahol jó kultúrállapotban tartjuk a talajt. Ahol e kedvező körülmények érvényesülnek, ott is kérdésessé válhat a szerek alkalmazása, mivel a legnagyobb mértékben és leggyorsabban a talajműveléssel tudunk csak hosszabb távon beavatkozni talajaink mikrobiális éltébe, így esetlegesen céltalanná válhat a talajoltás. Továbbá a dolgozatban említett növénykondicionáló szerek igen széles és összetett hatásspektrummal rendelkeznek, mely elemeit nem lehet minden esetben tisztán meghatározni, így a vizsgált paraméterek nem minden esetben mutatják közvetlenül a szerek markáns hatását.

Összegezve a fenti gondolatokat és szem előtt tartva a szakirodalmi forrásokat, elmondható, hogy a talaj életének serkentése hosszú távon sokkal inkább a helyes talajművelésen és agrotechnikán múlik, mintsem a talajok mikrobatömegének csekély mértékű és sok esetben bizonytalan növelésén. Bizonyos szélsőséges esetekben, rövid távon azonban várhatunk pozitív hatást a mikrobiológiai készítményektől, de semmiképpen sem szabad ezekre alapozni az alkalmazott agrotechnikát.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm témavezetőmnek, **Dr. Gyuricza Csabának**, hogy szakmai iránymutatásával segítette munkámat és részt vehettem e vizsgálatokban, melyeknek körülményeit és feltételeit megteremtette számomra.

Köszönetemet szeretném kifejezni **Soltész Andrásnak**, akitől segítséget kaptam a kísérletek beállításában és kivitelezésében, valamint köszönettel tartozom **Dr. Mikó Péternek** a mérések végrehajtásában és az eredmények statisztikai értékelésében nyújtott nagylelkű segítségéért.

Továbbá köszönetet illeti a **Növénytermesztési Intézet munkatársait** a laboratóriumi munkák kivitelezéséért, és doktorandusz hallgatóit, **Balla Istvánt, Kovács Gergő Pétert** és **Pósa Barnabást** a méréseknél való segítségükért.

Ezen kívül köszönettel tartozok a Szent István Egyetem **Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központ dolgozóinak**, akik segítségével nem valósulhatott volna meg a kísérlet.

IRODALOMJEGYZÉK

- BIRKÁS M. - SZEMŐK A. (2006): A biológiai tényezők befolyása. In: BIRKÁS M. (2006): Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés. Akaprint Kiadó, Budapest, 367. p., 133-154. p.
- BIRKÁS M. (1993): Talajművelés. In: NYIRI L. (szerk.) (1993): Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 438 p., 101-103. p.
- CSUNDEROVA, A. I. - IVANOVA, A. I. (1974): Effektivnosztj nitragina pod klevér i poszledejsztvie biologicseszkiego azota v szeveoborote. In: MUROMCEV, G.SZ. (Otv. red.): Aktualjnüe problemu szeljszkohozjajsztvennoj mikrobiologii, 11-25. Vsesz. Naucsno-Iszszled. Inszt. Szeljszkohoz. Mikrobiol., Leningrad.
- DUNGER, W. (1983): Tiere im Boden. Die Neue Brehm Bücherei Ziemsen-Verl., Wittenberg-Luherstadt.
- DZSUMANIJAZOV, I.D. (1979): Vlijanie protokokkovüh vodoroszlej na nakoplenie i razloszenie gmuszovüh vescsestv v orosaemüh szerozemah. Trans. Int. Symp. "Studies about Humus et Planta VI" (Praha, 1975), 187-192.
- DZSUMANIJAZOVA. G. (2000): Bakterialjnüe i biologicseszkie udobreni ja. Szah. Szvekla (9), 21.
- FEHÉR D. (1954): Talajbiológia. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1263 p.
- FILIPPOVA, K. F. - KOLOTOVA, SZ. SZ. (1971): Vlijanie molibdena i nitragina na biohimicseszkie proceszszkü mikroorganizmov v rasztenijah kormovüh bobov i ih rizosfere. In: Mikrobiologicseszkie i biohimicseszkie iszszledovanija pocsvü. 188-193. Izd. Urozsaj, Kiev.
- FÜLEKY GY. (szerk.) (1999): Tápanyag gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 714. p.
- GÖNCZI K. (2012): Baktériumtrágya. Haszon Agrár magazin, 6 (6): 28-30.
- GRÁBNER E. (1956): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1013 p.
- GRANT, B. (2012): Lactobacillus for Plant Growth. <http://www.gardenguides.com/137151-lactobacillus-plant-growth.html> Megtekintve: 2012.10.10.
- GYURICZA CS. (2000): Az értékőrző és hagyományos talajművelés egyes fizikai és biológiai hatásainak értékelése [doktori értekezés]. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- GYURICZA CS. (2001): A fenntartható talajművelés fizikai és biológiai alapjai. In: BIRKÁS M. (2001) Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. Akaprint Kiadó, Budapest, 292. p., 90-91. p.
- HARGITAI L. (1964a): Talajbiológia. In: FEKETE Z. (szerk.): (1964): Talajtan és agrokémia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 430 p.
- HARGITAI L. (1964b): Talajbiokémia. In: FEKETE Z. (szerk.): (1964): Talajtan és agrokémia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 430 p.
- HARPER, S.H.T. - LYNCH, J.M. (1978): Effects of Azotobacter chroococcum on Barley Seed Germination and Seedling Development. Journal of General Microbiology (1979), 112, 45-51. p.
- HORNOK L. (2001): Mikrobiológiai alapismeretek. [egyetemi jegyzet]. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- JARAK, M - PROTIC, R. - GOVEDARICA, M. - MILOŠEVIC, N. - DJURIC, N. (1997): Mikrobiološka aktivnost u zemljistu pod pšenicom inkulisanom diazotrofima. Zb. Naucn. Rad. 3, 39-44.
- KEMENESY E. (1961): A földművelés irányelvei. Budapest, Akadémiai Kiadó, 518 p., 95-117. p.

- KIM, K. Y. - JORDAN, D. - MCDONALD, G.A. (1998): Effects of phosphatesolubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. *Biol. Fertil. Soils* 26, 79-87.
- KISS ISTVÁN (2004): A mikroorganizmusokkal beoltott talajok enzimológiája. Scientia Kiadó, Kolozsvár, 114 p.
- LOCH J. (2004): Agrokémia. In: LOCH J. - NOSTICZIUS Á. (2004): Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 407 p.
- MIKÓ P. (2009): A zöldtrágyázás talajállapota és utóveteményre gyakorolt hatásainak vizsgálata [doktori értekezés]. Szent István Egyetem, Gödöllő
- MIKÓ P. (2012): Szóbeli közlés.
- MUCSI I. - SZABÓ J. (szerk.) (1999): Gazdászok zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 359. p.
- NYIRI L. (1993): Természeti adottságaink és a szántóföldi növénytermesztés lehetőségei. In: NYIRI L. (szerk.) (1993): Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 438 p., 81-103. p.
- ORLJANSZKA, N. A. (1978): Nektorije fiziologo-biohimicseszkije izmenenija v kornevoj sziszteme kormovuh bobov pod vlijaniem nitragina. In: BOJKO, L. A. (Glavn. red.): Vlijanie fiziko-himicseszkij faktorov szredu na rasztenija, 112-118. Gos. Univ., Perm.
- PHYLAZONIT KFT. (2012): A beforgatott jövő. Phylazonit KFT., Nyíregyháza, 74 p.
- SACHIN, D. (2009): Effect of *Azotobacter chroococcum* (PGPR) on the Growth of Bamboo (*Bambusa bamboo*) and Maize (*Zea mays*) Plants. *Biofrontiers*, Vol.1, Issue 1, 24-31 p.
- SCHMIDT R. (2001): Tápanyag-gazdálkodás, növénytáplálás. In: GYURICZA CS. (szerk.): (2001): A szántóföldi talajhasználat alapjai. Akaprint Kiadó, Budapest, 292. p. 113-144 p.
- SIPOS G. (1978): A talaj biodinamikája. In: LŐRINCZ J. (szerk.): (1978): Földműveléstan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 330 p., 54-57. p.
- STEFANOVITS P. (1981): Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 379 p.
- SZABÓ I. M. (2008): Az általános talajtan biológiai alapjai. Mundus Magyar Egyetemi Kiadó, Budapest, 405 p.
- SZARKA E. (2008): A növények általános védekezési rendszerének biokémiai és genetikai vizsgálata [doktori értekezés]. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.
- VÁRALLYAI GY. (1943): Változások a talaj reakció- és táplálóanyag állapotában. Kísérletügyi Közlemények. 1-6.f. 254-283. p.
- WAKSMAN, S.A. (1938): Humus. - London