

DEBRECENI EGYETEM
AGRÁR - ÉS GAZDÁLKODÁSTUDOMÁNYOK CENTRUMA
MEZŐGAZDASÁG-, ÉLELMISZERTUDOMÁNYI ÉS
KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI KAR
NÖVÉNYTUDOMÁNYI INTÉZET
MEZŐGAZDASÁGI NÖVÉNYTANI ÉS NÖVÉNYÉLETTANI TANSZÉK

Intézetigazgató
Prof. Dr. Pepó Péter
egyetemi tanár

Tanszékvezető
Dr. Lévai László
egyetemi docens

BIOTIKUS TÉNYEZŐK HATÁSA KUKORICA HIBRIDEK FŐBB
FIZIOLÓGIAI MUTATÓIRA

Írta:
BODNÁR KARINA BIANKA
élelmiszermérnök hallgató, II. B.Sc.

Konzulens:
Tóth Brigitta
egyetemi tanársegéd

Debrecen
2012

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	2
1. BEVEZETÉS	3
2. CÉLKITŰZÉS	5
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
3. 1. A talaj pH szerepe a tápanyagok felvételében	6
3. 2. Mikroorganizmus rizoszféra kölcsönhatások.....	8
3. 3. A mikroorganizmusok szerepe a növények tápanyagellátásában	9
3. 4. A mikroorganizmusok sziderofor termelése	10
3. 5. A mikroorganizmusok antibiotikum termelése.....	10
3. 6. A mikroorganizmusok hormon termelése	11
3. 7. A mikroorganizmusok szerepe a talaj eredetű betegségeknél	13
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	15
3. 1. A relatív klorofill tartalom meghatározása (SPAD-érték)	15
3. 2. A klorofill-a, b és karotinoid meghatározása spektrofotometriásan	15
3. 3. A száraz tömeg mérése	16
3. 4. Csírázási teszt.....	16
3. 5. A tápoldaton nevelt növényekkel végzett vizsgálatok	16
3. 6. Az alkalmazott biotrágyák	16
3. 7. A vizsgált hibridek jellemzése	17
3. 8. Az eredmények statisztikai kiértékelése	19
4. AZ EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK	20
4. 1. A különböző hibridek csírázási százaléka	20
4. 2. A biotrágya kezelések hatása a kukorica hibridek száraz tömegére	20
4. 3. A relatív klorofill tartalom (SPAD-érték) alakulása a biotrágya kezelések hatására ..	25
4. 4. A fotoszintetikus pigmentek mennyiségének változása biotrágya kezelések hatására	25
5. KÖVETKEZTETÉSEK	30
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	31
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	32
IRODALOMJEGYZÉK.....	33

1. BEVEZETÉS

Az általános környezetvédelmi elvárások egyik alapvető eleme a felhasznált kémiai anyagok mennyiségének csökkentése. A műtrágyák alkalmazásának visszaszorulása kettős hatású: egyrészt csökken a termés mennyisége, másrészt javul a minőség és mérséklődik a környezet, a felszíni vizek szennyezettsége. A talajélet meghatározó szerepet tölt be a tápanyagok mobilizálásában és felvehetőségében. A szabadon élő N-fixáló szervezetek a talaj N-készletét gyarapítják. A mikroorganizmusok a szerves maradványok bontását gyorsítják, ezáltal nő a növények számára hozzáférhető tápanyagok mennyisége. A talaj mikroorganizmusainak légzése miatt nő a növényállományban a CO₂ koncentrációja, ami a hatékonyabb fotoszintézis miatt termésnövelő hatást fejt ki. A fenntartható mezőgazdaság egyik kulcskérdése jelenleg és várhatóan a jövőben is: rendelkezünk-e olyan technológiákkal, amelyek alkalmazásával csökkenteni tudjuk a kémiai szerek felhasználását? Az élelmiszer minőséggel szembeni követelmények felvetik a növény-táplálás kérdéseit, amely a végtermék minőségét is meghatározza. Talajainkat a növénytermesztés szempontjából akkor tudjuk a legoptimálisabban felhasználni, illetve helyesen megművelni, ha nem tisztán fizikai és kémiai sajátosságokkal rendelkező élettelen tömegnek tekintjük, hanem olyan élő szervezetnek, amely az anyagszere körfolyamatok következtében állandóan változtatja összetételét. A talajok termőképességének megítélésénél tisztában kell lenni azok élettani sajátosságaival. A talajokban élő mikroorganizmusok felderítésével párhuzamosan olyan kísérletek is folynak, amelyek talajkémiai területekre vezetnek át. A biológiai növénytermesztés egyik módja az alkalmazott művelési és növénytermesztési eljárások mellett a talaj termőképességének minél teljesebb feltárása, ezáltal kedvezőbb terméseredmények elérése.

A rizoszféra tulajdonságai jelentősen eltérnek a gyökértől távolabb lévő talajrészek tulajdonságaitól. A kedvező hatású, a növények növekedését kedvezően befolyásoló rizoszféra mikroorganizmusok kutatása intenzív. Ezekhez a mikroorganizmusokhoz sorolhatjuk azokat a szimbionta és a szabadon élő mikroorganizmusokat, amelyek kedvező hatást fejtenek ki a növények növekedésére. A rizoszféra baktériumok közül néhány közvetlen úton serkenti a növények növekedését és hatásukra nő a termés mennyisége is. Ismertek azonban olyan rizoszféra baktériumok is, amelyek közvetett módon befolyásolják a növények életfolyamatait. Vannak olyan baktérium törzsek, amelyeket a mezőgazdasági gyakorlat már ma is talajinokulumként használ. A talajtani tényezők meghatározzák a mikroorganizmusok szaporodását és általános életfeltételeit. A talajtani tényezők rendszerezése Bowen és Rovira (1976) nevéhez fűződik. Ezek a talajtani tényezők befolyásolják a mikroorganizmusok szaporodását a talajban. Ahhoz, hogy egy mikroorganizmus a növényi növekedést elősegítő rizobaktérium (Plant Growth Promoting Bacterium: PGPB) minősítést kaphasson, a legfontosabb követelmény, hogy tartósan életképes legyen a talajban. A másik igen

lényeges elvárás a PGPB-ok esetében, hogy kolonizációra képesek legyenek a gyökér felszínén, hogy hatásukat közvetlenül is kifejthessék. Ugyanakkor a PGPB-ok jelentős része kolonizációra képtelen, ezek a kedvező hatásukat közvetetten fejtik ki (Suslow, 1982). Ismert példa, hogy Ausztráliában lehetetlen volt lucernát termesztetni addig, amíg a talajokat nem „fertőzték” Európából származó talajjal. Az ausztrál talajokból ugyanis hiányzott a speciális *Rhizobium* faj.

A savanyú talajokon folytatott növénytermesztés és erdőgazdálkodás egyik fő kérdése, hogy tudnak-e a növények alkalmazkodni a talaj alacsony pH-jához, képesek-e tolerálni a potenciálisan mérgező fémeket.

A talajok elsavanyodásáért az alkalmazott mezőgazdasági technológiák is felelősek. Bizonyos műtrágyák savanyító hatása közismert. Bár a műtrágya felhasználás csökkent az elmúlt évszázadban, aminek elsősorban gazdasági okai voltak, és nem átgondolt környezetvédelmi elgondolások mentén valósult meg. A talajt savanyító műtrágyák hatására számos fém felvétele fokozódik. A legtöbb fémion, így a nehézfémek felvételére az enyhén savas, savas pH a kedvező. A növénytermesztés végtermékének minősége és mennyisége között antagonisztikusnak tűnő ellentmondás feszül. Azok az eljárások, amelyek a természetes adottságok kihasználásával biztosítják egy területen a fenntartható növénytermesztést, megkülönböztetett jelentőséggel bírnak. Ezek közé tartoznak a baktérium alapú biotrágyák. A talajok nehézfém tartalma azonban nem csak a növénytermesztés eredményességét határozza meg. A humán-egészségügyi szempontok egyre fontosabbak. A minőségbiztosító rendszerek által támasztott szigorú követelmények az élelmiszer vertikum egészét átfogják, a termeléstől a feldolgozáson keresztül az áruházak polcáig.

2. CÉLKITŰZÉS

Ma Magyarországon sajátos kínálati piac alakult ki a biotrágyák területén. Bőség van a különböző hibridekből is. A biotrágyák többnyire néhány azonos, de eltérő törzsű baktériumot tartalmaznak, amelyeknek jellemzője, hogy szinte kivétel nélkül van bennük a N-fixáló baktérium, több más pl. foszformobilizáló, vagy cellulózbontó baktériummal együtt.

Nem ismert ugyanakkor, hogy a termesztett hibridjeink miképpen viselkednek a különböző biotrágya kezelések hatására. Felvetődik a kérdés; hasonló eredményességgel alkalmazható-e bármely biotrágya bármely termesztett növénynél?

Munkám fő célkitűzése ezért az volt, hogy a fenti kérdésre választ keressek, azaz igazoljam, vagy elvessem a biotrágyák alkalmazásának eddigi - mindenhol-mindig-ugyanazt - gyakorlatát, és rámutassak az esetleges termesztett fajta - biotrágya kapcsolat specifikusságára a kísérleteimbe vont kukorica hibrideknél.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3. 1. A talaj pH szerepe a tápanyagok felvételében

A talaj pH-ja meghatározza a növény növekedését a tápanyagok hozzáférhetőségén és a mikroorganizmusok aktivitására gyakorolt hatásán keresztül. A karbonátok, foszfátok és szulfátok oldékonysága a pH csökkenésével nő. Az alacsony pH kedvezően hat a K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Cu^{2+} , és Mn^{2+} és más fémionok felvételére. A foszfor és szulfát valamint az alapvető kationok fokozott hozzáférhetősége általában pozitívan hat a termés mennyiségére is. Ugyanakkor ez a fokozott oldékonyság a talaj tápanyagban való elszegényedéséhez vezet csapadékos időjárás, vagy humid klíma esetén. Ekkor ugyanis a könnyen oldódó tápanyagokat a csapadék kimossa a termőrétegből. Az alacsony pH mellett nő a nehéz fémek oldékonysága is, ami számos növényre toxikus. Azt tapasztalták, hogy az Al^{3+} és a Mn^{2+} fokozottan hozzáférhető a savas talajokon, ami humán- és növény-egészségügyi szempontból is káros (Wolf, 1999).

A gyökerek által indukált talaj pH-változásban a leglényegesebb tényező az anion/kation felvétel aránya és ennek megfelelően a H^+ , HCO_3^- , vagy OH^- és a szerves savak kiválasztása. A szerves savakat a talaj mikroorganizmusai is termelhetik, aktivitásukat a gyökerek által kiválasztott szerves anyagok és a talajban termelődő CO_2 stimulálják. A jól szellőzött talajokon, a talaj eredetű CO_2 -nek a talaj pH-ára gyakorolt szerepe elhanyagolható, ugyanis a CO_2 gyorsan diffundál a talajból (Nye, 1986). A talajok pufferkapacitása a talaj eredeti pH-jától, a szerves anyag-, és a karbonát tartalomtól függ elsősorban. A talaj legalacsonyabb puffer kapacitását akkor tapasztalták, amikor a talaj eredeti pH-ja 6,0 volt. Az eredeti pH növekedésével és csökkenésével a talaj puffer kapacitása is nőtt (Schaller and Fischer, 1985; Nye, 1986).

A talaj pH-ját befolyásolja az emberi tevékenység is. Az alkalmazott műtrágyák a kation/anion felvételi arányon keresztül hatnak a talaj pH-ra. Az egyik legjelentősebb hatást a rizoszféra pH-ára nitrogén műtrágyák fejtik ki, az éves (Marschner and Römheld, 1983) és az évelő fajok esetében is. A nitrát nitrogén alkalmazása magasabb nettó HCO_3^- kiválasztással, illetve kisebb H^+ felhasználással jár, mint amilyen a H^+ kiválasztás mértéke, a talaj lúgosodik. Ammónium nitrogén alkalmazásakor a helyzet fordított, a talaj savasodik. Az NH_4NO_3 alkalmazásakor a talaj pH-ra gyakorolt hatás függ attól, hogy melyik nitrogénformát részesíti a növény előnyben. Semleges, vagy bázikus talajokon a rizoszféra savasodása az ammónium nitrogén alkalmazásakor növeli a gyengén oldható kalcium-foszfátok mobilitását és ezért kedvez a növények foszfát (Gahoonia et al., 1992) és a mikroelemek, a bór, a vas, a mangán és cink felvételének (Reynolds et al., 1987). Savanyú talajokon a nitrát alkalmazása növeli a pH-t. Ez ugyancsak kedvez a foszfát felvételének, ugyanis a kiválasztott HCO_3^- lecseréli a vashoz és az alumínium oxidokhoz kötött foszfátot (Gahoonia et al., 1992). Szoros összefüggést találtak a savanyú talajokon található foszforhiányos gyepeket

vizsgálva, a foszforban elszegényedett rizoszféra és a rizoszféra pH-jának emelkedése között (Armstrong and Helyar, 1992). Feltűnő különbségek mérhetők az eltérő növényfajok rizoszféra pH-jában nitrát nitrogén adagolásakor. A hajdínát (Raij and van Diest, 1979) és a borsót (Marschner and Römheld, 1983) vizsgálva nagyon alacsony rizoszféra pH-t találtak a búzához és a kukoricához viszonyítva. Feltételezik, hogy ezek a genotípusos különbségek a kation/anion felvétel eltérő arányából adódnak (Bekele et al., 1983).

A szimbióta nitrogén kötő növények szintén befolyásolják a talaj pH-t.

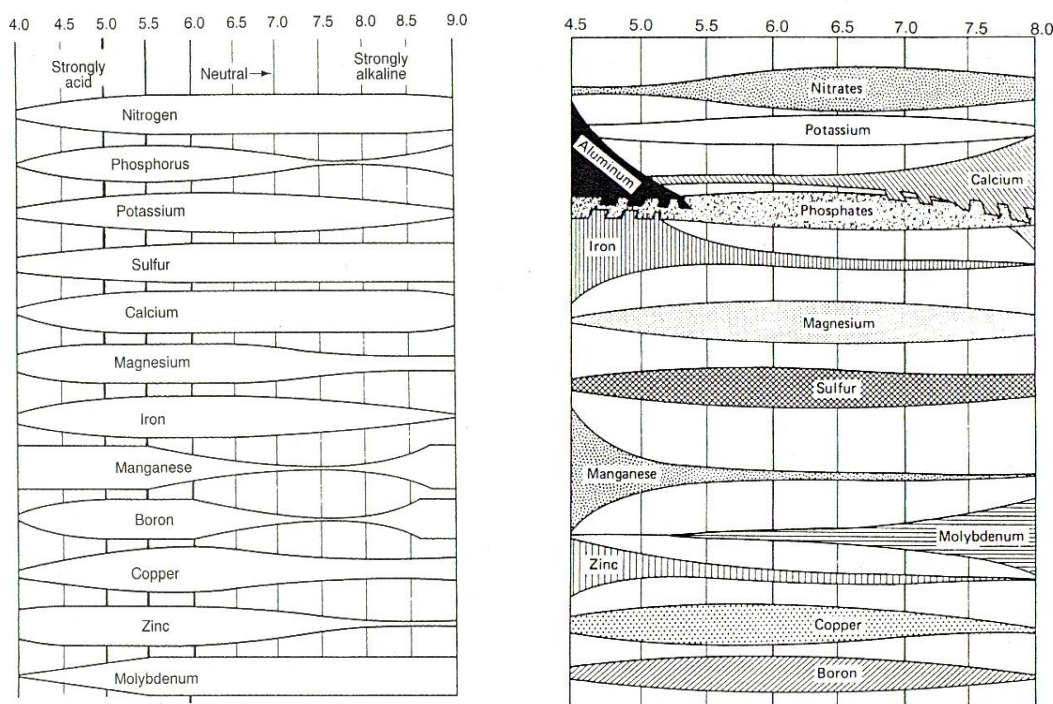
A $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ szénatermést adó lucerna esetében a gyökerek savasító hatását 600 kg/ha CaCO_3 – tal mérték egyenértékűnek (Nyatsanaga and Pierre, 1973). Ez a tapasztalat figyelmeztet arra a veszélyre is, hogy a tartósan nitrogénkötő, pillangósokkal hasznosított területeken, a talaj savanyodása miatt megnövekszik az oldható mangán és az alumínium mennyisége, amely toxikózist eredményezhet (Bromfield et al., 1983 a; b).

A rizoszféra pH gyökerek által indukált változásai kapcsolatban vannak a növények tápanyag-ellátottságával is. Ismert a cink hiányos gyapot és más kétszikű növények (Cakmak and Marschner, 1990) valamint a vas-hiányos nem-fűféle növények (Römheld, 1987) rizoszférájának savasodására. Mindkét példa esetén a nettó proton kiválasztás növekedése szorosan összefügg a kation/anion felvétel arányával. Vas-hiányban ez a savasodás akkor is megfigyelhető, amikor a növényeket nitráttal tápláljuk (Grinsted et al., 1982).

Az optimálistól eltérő talaj pH sajátos stresszorként is hathat. Ez a hatás lehet direkt, amikor az alacsony, vagy magas pH közvetlenül hat a gyökerekre, illetve lehet indirekt, amikor meghatározza a talajból felvehető tápanyagok mennyiségét. Mindkét hatás megfigyelhető savanyú talajokon. Közvetlen hatás a magas H^+ koncentráció, míg közvetett hatás az alacsony pH által indukált Mn és Al toxicitás, illetve számos tápelem (pl. Ca, Mg, P, Mo) hozzáférhetetlensége (Adams, 1981). A talajban lévő mikroelemek oldékonysága és felvehetősége általában csökken a pH emelkedésével. Ennek oka az emelkedő pH-val fokozódó adszorpció és precipitáció.

Tápoldatos kísérletekben azt tapasztalták, hogy a tápanyagok felvehetősége pH 6,0-6,5 között a legjobb, miközben a legtöbb tápoldat koncentrációja természetes módon pH 5,0 és 6,0 közötti Islam és munkatársai (1980) kimutatták, hogy a növények egészséges növekedéséhez szükséges tápelemek koncentrációja a szövetnedvben akkor optimális, ha a tápközeg pH-ja 5,5. A pH, mint természetes stressz, hatása vitathatatlan a növények növekedésére és a tápanyagok felvételére. Nehéz ugyanakkor mérsékelni a pH kedvezőtlen hatásait, annak ellenére, hogy számos termesztési körzetben komoly erőfeszítéseket tesznek a növények normális növekedésének érdekében (Alam et al., 1999).

A növények által felvett tápanyagok szállítása és a célsejtekbe juttatása bonyolult folyamatok összessége. A szövetnedv pH-ja, hasonlóan a talaj, vagy a tápoldat pH-jához, meghatározhatja a már felvett tápanyagok, hasznosulását, bejutását a sejtekbe.



1. ábra: A pH hatása a tápanyagok hozzáférhetőségére szerves talajokon (A) (Lucas and Davis, 1961) és váztalajokon (B) (B.Wolf, 1999 *The Fertile Triangle: The Interrelationship of Air, Water, and Nutrients in Maximizing Soil Productivity* 159 p.).

3. 2. Mikroorganizmus rizoszféra kölcsönhatások

A rizoszféra a gyökereket közvetlenül körbevevő talajrész, amelynek biológiai, kémiai és fizikai tulajdonságaira jelentősen hat az élő gyökérzet, ugyanakkor helye a növény- mikroorganizmus kölcsönhatásoknak is (Curl and Truelove, 1986). A rizoszféra mikrobiális élete, a fizikai állapota számos tényező függvénye. Meghatározó tényezők a növény anyagcseréje, a szezonális, időjárási tényezők, a talajadottságok és a területen alkalmazott mezőgazdasági technológia. A jelzett feltételektől függően, a paradicsom, a fotoszintetikus produkciójának több mint 20%-át kiválaszthatja a gyökereiken keresztül a talajba (Whipps, 1986). A rizoszféra baktériumok anyagcsere termékeiken keresztül befolyásolják a gyökerek szerves anyag kiválasztását.

A rizoszféra ugyanakkor a mikroorganizmusok közötti versengés és a szelekció helye is. A talajok baktériumos inokulálása jelentősen megnöveli az egységnyi talajban mérhető baktérium számot, viszont néhány hónap elteltével az inokulált baktérium mennyiség csekély százaléka számolható vissza. Egy vegetációs periódus végén pedig kifejezetten nehéz izolálni az inokulációhoz használt törzseket (Drahoš et al., 1992). A talajba oltott baktériumok gyorsan kolonizálódnak a gyökerek felszínén, ideiglenesen dominálnak a rizoszféra baktériumai között, de helyüket lassan a talaj „endogén” mikroorganizmusai foglalják el. Előnyös megoldás lehet a talaj többszöri, megismételt

beoltása, vagy perzisztens törzsek felkutatása. A rizoszféra fitopatogén baktériumai, a hasznos baktériumok és a rizoszféra környezeti feltételei közötti összefüggés rendszer még nem eléggé tisztázott. A talajok beoltása antibiotikumot termelő mikroorganizmusokkal kedvező eredményeket hozott.

A talaj mikroorganizmusai között jelentősek az életképes, de nem tenyésztethető fajok. Ezek a mikroorganizmusok képesek túlélni a talaj tápanyagkészletének kedvezőtlen változásait és bizonyos kémiai hatásokat is (Roszak and Colwell, 1987). Hasonlóságot mutattak ki a rizoszféra baktériumok által termelt antibiotikumok és a növény védekezési mechanizmusában szerepet játszó fitoalexin termelés között (Cook et al., 1995). A megállapítás alapja az, hogy a fitoalexinek és az antibiotikumok szerkezete hasonló és a termelésüket szabályozó mikrobiális és növényi gének is hasonlóak. Ez utóbbi megfigyelés felveti a génátültetés lehetőségét.

A mikroorganizmusok hatásának alapfeltétele, hogy kolonizálódjanak a gyökér felületén. A kolonizálódásban jelentős szerepe van a kemotaxisnak. A kémiai ingert a gyökerek által kiválasztott szerves anyagok jelentik. A sikeres kolonizáció feltétele az állandó asszociáció a gyökérfelszínnel. Ez számos tényező függvénye (Weller, 1988).

3. 3. A mikroorganizmusok szerepe a növények tápanyagellátásában

A gyökerek, a talaj és a mikroorganizmusok között sajátos kölcsönhatás van (Pethő, 2002). A gyökerek által, a rizoszférába kiválasztott szerves anyagok nem csupán szervesanyag forrást jelentenek az ott élő mikroorganizmusok számára, hanem sajátos jeleknek is felfoghatók. Számos esetben a flavonoidok a gyökér exudátumok aktív komponensei. A luteolin már 10^{-9} M koncentrációban kémiai ingert jelent a rizóbium kemotaxisában (Bauer and Caetano-Anolles, 1990). Más kutatók kimutatták, hogy a flavonoidok egyes csoportjai gátolják a patogén gombák megtelepedését a gyökerek közelében (Hartwig et al., 1991). Bizonyos rizoszféra baktériumok közvetlenül serkentik a növények növekedését és fokozzák a termést, míg más mikroorganizmusok indirekt módon, a rizoszférára gyakorolt kedvező hatása révén hatnak. A mezőgazdasági gyakorlat már használ néhányat a kedvező hatású baktériumok közül, mint mikrobiális talaj inokulátumokat (Okon, 1985).

A mikroorganizmusok számos csoportja, ide sorolva az *Arthrobacter*, a *Bacillus*, *Enterobacter*, *Serratia* és *Pseudomonas* fajokat, közvetlenül hatnak a szója (*Glycine max* L.) növekedésére (Kloepper et al., 1992). Ugyanakkor a burgonya és a cukorrépa rizoszférájából izolált mikroorganizmus populációknak csupán az 1-4%-a hatott kedvezően a növekedésre (Suslow et al., 1979). Ezek közül a legtöbb a *Pseudomonas* fajokhoz tartozott. Kedvező hatásuk oka, hogy szervesanyagot, többnyire szerves anionokat, növekedésszabályozókat és antibiotikumokat termelnek (Schippers et al., 1987).

A mikroorganizmusok elősegítik a növények tápanyagfelvételét is. Ez két alapvető hatásra vezethető vissza: 1. fokozzák a tápanyagok feltáródását, mobilitását, 2. közvetlenül is fokozzák a tápanyagfelvételt. Korai kutatások eredményeként tisztázódott (Gerretsen, 1948; Katznelson and Bose, 1959), hogy az inokulált baktériumok elősegítették a foszfor felvehetőségét, a szerves foszfátok mineralizációját fokozták, az oldhatatlan foszfátot oldhatóvá tették. A talaj inokulálása *Azospirillum brasiliense*-vel a búza, a cirok és a kukorica esetében jelentősen növelte a nitrogén, a kálium és a foszfor felvételét (Morgenstein and Okon, 1987). A búza talaját inokulálva *Azospirillum*-mal, azt tapasztalták, hogy a gyökér csúcs mögötti része intenzívebben fejlődött, megnőtt a gyökérszőrök felülete, ami a tápanyagok fokozott felvételéhez vezetett (Okon et al., 1988). Más kísérletében az tapasztalták, hogy a *Pseudomonas putida* törzsével inokulált talajon fokozódott a ^{32}P felvétele, és szignifikánsan emelkedett a gyökér és a hajtás ^{32}P tartalma is (Lifshitz et al., 1987). Szántóföldi körülmények között azt tapasztalták, hogy a fokozott tápanyagfelvétel oka az intenzívebb gyökérnövekedés. Mások azt állapították meg, hogy a *Pseudomonas cepacia* R85-ös törzsével kezelt gyökér szövettanában a hajszál gyökerek képződése meghaladta a kontrollnál mértet. Ismert a mikroorganizmusok szerepe a növények vaskészletében is.

3. 4. A mikroorganizmusok sziderofor termelése

A szideroforok mikroorganizmusok által termelt kis molekulájú szerves vegyületek, amelyek nagy affinitással kötik az Fe^{3+} -at (Neilands and Leong, 1986). Az aerob és a fakultatívan aerob baktériumok jelentős része termel sziderofort, a különbség ezek termelésének intenzitásában van. A mikroorganizmusok által kiválasztott sziderofor nagy hatékonysággal köti a ferri ionokat, ezáltal gátolják a többi, többek között fitopatogén mikroorganizmusok szaporodását, ugyanis ezek a vasért folytatott versengésben alul maradnak. A vasért folytatott verseny különösen fontos a rizoszférában (Kloepper et al., 1988). A mikroorganizmusok sziderofor termelő hatékonysága függ a talaj pH-jától. A talaj pH csökkenésével nő a vas oldékonysága, hozzáférhetősége, mobilitása. Ez a sziderofor termelést csökkentő tényező (Scher and Baker, 1980).

Az egyszikű növények tápanyagfelvételében, különösen a vas és cink esetében, fontos szerepet játszanak a gyökerek által kiválasztott fitoszideroforok. Ezek a rizoszféra mikroorganizmusai számára is megfelelő, tápanyagként szolgáló szervesanyagok. Ezért bizonyos esetekben a rizoszféra mikroorganizmusai mérsékelhetik a fitoszideroforok hatékonyságát és mennyiségét a rizoszférában (Wirén et al., 1993).

3. 5. A mikroorganizmusok antibiotikum termelése

A talajlakó mikroorganizmusok antibiotikum termelése szerepet játszhat a fitopatogén baktériumok és gombák elleni védekezésben. Az antibiotikumok jelentős része erősen diffuzibilis, gyorsan

lebomlik, vagy kötődik az agyagásványokhoz. Antibiotikum termelő *Bacillus* és *Streptomyces* törzsekkel inokulált talajban a rizóbium fajok intenzívebb kolonizációját tapasztalták a lucerna gyökerein (Li and Alexander, 1988). A hatás elmaradt, ha nem antibiotikum termelő törzseket alkalmaztak. Arra következtettek, hogy az antibiotikum gátolja a rizóbiumokkal versengő fajokat (Li and Alexander, 1988). Izogenetikus mutánsokkal végzett kísérletekben kimutatták, hogy az antimikrobiális hatás összetett (Howie and Suslow, 1986). Többen arra a következtetésre jutottak, hogy a rizoszféra mikroorganizmusok antibiotikum termelése a növények betegségekkel szembeni ellenállóságának a része (Meyer et al., 1992).

3. 6. A mikroorganizmusok hormon termelése

A rizoszférában élő baktériumok jelentős része növényi növekedésszabályozókat termel, mint amilyen az auxin, a gibberellin és a citokinin (Brown, 1974). Szántóföldön nevelt kukoricánál többszörös citokinin, auxin és abszcizinsav koncentrációt mértek a rizoszférában, mint a gyökerektől távolabb. A mért koncentrációk elégségesek voltak a morfológiai változások kiváltásához (Müller et al., 1989). *Azotobacter chroococcum* tenyészetéhez kukorica gyökereinek vialadékat adva a jelentősen emelkedett a baktérium citokinin és auxin termelése (Gonzales-Lopez et al., 1991). Hormonprekurzorok adagolásával a mikroorganizmusok hormontermelése megemelkedett. Ezek a hormonprekurzorok a magasabbrendű növények természetes gyökérvialadékai (Arshad et al., 1993). A kedvező hatás lehetséges módja, hogy a baktériumok által termelt növényi hormonok fokozzák a növény anyagcseréjét, növekedését, ezáltal a biológiai produkciót is. Kimutatták, hogy *Azospirillum* inokulálást követően csökkent a gyökerek kötött auxin tartalma, míg emelkedett a szabad auxin szint (Fallik et al., 1994). A baktériumok egyik kedvező hatása tehát a serkentő hormonok termelése. Ugyanakkor kimutatták, hogy bizonyos *Pseudomonas* törzsek gátolják az etilén képződését az amino-ciklopropán-karbonsavból (ACC). A gátló hatású etilén termelésének mérséklése a növények növekedését kedvezően befolyásolja (Klee et al., 1991).

A mikroorganizmusok serkenthetik, gátolhatják, vagy akár hatás nélkül is lehetnek a gyökerek növekedésére. Hatásuk a mikroorganizmus típusától, a növénytől és a környezeti feltételektől függ. A komplex rizoszféra mikroflórával injektált talajon az elsődleges gyökérnövekedés valamint hajszálgyökér képződés gátlását tapasztalták a steril talajon nevelt növényekhez viszonyítva (Fusseder, 1984; Rovira et al., 1983).

Bowen és Rovira (1991) két csoportba osztotta a talajlakó mikroorganizmusokat. A negatív hatásúak közé sorolta, pl. a gyökérpato géneket, a cianidot termelőket, stb. A pozitív hatásúak közé, pl. a rizóbiumokat, a mikorrhizákat, a negatív hatású mikroorganizmusok antagonistáit, a hormontermelőket, és a növényi tápanyagfelvételt segítő, szerves anyagokat kiválasztókat. Ezeket

együttesen „növényi növekedést segítő baktériumoknak” (**p**lant **g**rowth **p**romoting **b**acteria, PGPB) nevezte el. A kedvező hatású (PGPB) baktériumok hatása a talajban közvetett. Bizonyított, hogy gátolják a patogén mikroorganizmusokat, így a *Fusarium oxysporum* fejlődését burgonyánál (Beauchamp et al., 1991), az *Alternáriát* napraforgónál (Hebbar et al., 1991) és a nematódák fejlődését a szójánál (Kloepper et al., 1992).

A PGPB mikroorganizmusok jelentős hormon-termelők is. Ismert az *Azospirillum brasiliense* IES termelése. Az *A. brasiliense*-vel injektált talajon a gyökér növekedés és az oldalgyökerek fejlődése meghaladta a kontroll értékeket és hasonló eredményt kaptak, amikor a gyökereket IES-sel kezelték (Martin et al., 1989). A fejlettebb gyökérzet fokozottabb tápanyagfelvételt eredményez, ez közvetlenül is növeli a termést (Kretzschmar et al., 1991). A PGPB hormontermelése nem korlátozódik csak az IES termelésére. Az *Azotobacter* fajok citokinin termelése kifejezetten magas, aminek eredményeképpen a „gyökér növények” gyökértömege igen jelentős mértékben növekszik (Nieto and Frankenberger, 1990). Az *Azotobacter chroococcum*-mal injektált talajokban a citokinin és az IES mennyiségének emelkedését mérték, ez pozitívan hatott a szerves anyag akkumulációra (Gonzales-Lopez et al., 1991; Frankenberger and Poth 1987).

A rizoszféra mikroorganizmusai és a gyökér között sajátos kapcsolat van. A rizoszféra mikroorganizmusainak szerves anyag szükségletét 75-85 %-ban a növény elégíti ki (Barber and Martin, 1976; Haller and Stolp, 1985). Alapszabálynak tekinthető, hogy nem pillangós növénykultúrákban, a megfelelő nitrogén ellátással a talaj mikrobiális aktivitása fokozható (Liljeroth et al., 1990). A PGPB-ok rövid életciklusúak, mineralizálódva fokozzák a növény tápanyagellátását. A talaj szerves anyagainak bontásával jelentősen hozzájárulnak a talómaradványok gyorsabb bontásához, jelentős segítséget adva a talajok megfelelő elmunkálásához. Elégtelen nitrogén ellátás esetén a PGPB-ok mineralizációja drasztikusan csökken, közvetetten gátolva a növények növekedését (Baath and Johanson, 1990).

Általánosan elfogadott, hogy a PGPB-ok hatással vannak a növények tápanyagfelvételére. Azonban a mikroorganizmusok kedvező hatása csak megfelelő talajfeltételek mellett érvényesül. Levegőtlen talajon, alacsony pH mellett, a mikrobiális aktivitás eredményeként fokozódhat a mangán felvétele, ami toxikózishoz vezet (Warden, 1991).

A mikroorganizmus-gyökér kölcsönhatás legáltalánosabb példái a mikorrhiza gombák. Ezeken a mikroorganizmusokon, jelen esetben, nem a szimbióta szervezeteket értjük. A legtöbb szárazföldi növény gyökere mikorrhizás. Globális szinten a kétszikű növények gyökereinek 83%-a, míg egyszikűek gyökereinek 79%-a mikorrhizás (Wilcox, 1991). A Keresztesvirágúaknál és a Libatopféléknél viszont teljesen hiányoznak (Harley and Harley, 1987).

A mikorrhiza gombák részben, vagy teljesen a magasabb rendű növényektől függenek, ezért, hatásuk lehet kedvező és kedvezőtlen is. Csak néhány orchidea esetében mutatták ki a gombák esszenciális jellegét. A környezeti feltételektől függ a káros, a semleges, vagy a hasznos szerepük.

A mikorrhiza gombák hatnak a gyökerek és a hajtások növekedésére. Tápanyagszegény körülmények között a mikorrhizás gyökerek nagyobb mennyiségben tudták felvenni a növekedést limitáló tápanyagokat (Bell et. al., 1989). A növény mérsékelt fotoszintézise esetén a növekedés gátlás intenzívebb a vártnál, ha a gyökér mikorrhizával erősen kolonizált. Ennek oka, hogy a növény mérsékelt szerves anyag termelése nem tudja kompenzálni a gomba asszimiláta igényét (Sanders, 1993).

A mikorrhiza gombák szerepe a növények tápanyagellátásában bizonyított. A gomba hífái képesek felvenni, és a gyökerek közelébe szállítani a tápanyagokat. Különösen jelentős a szerepük a növények foszfor-ellátásában (Tinker et al., 1992).

A mikorrhiza gombák kedvező hatását a növénytermesztési és a kertészeti gyakorlat is alkalmazza, bár Magyarországon az eljárások kevésbé elterjedtek. Palántanevelők és faiskolák talajait mikorrhiza gombával injektálva jelentősen emelkedett a kiültetés utáni eredés és nagyobb volt a palánták és csemeték növekedési erélye is (Villeneuve et al., 1991). Különösen hatékonyak találták az injektálást elhagyott bányaterületek újraerdősítésekor (Jasper et al., 1989). A szántóföldi kísérletek egyértelmű termésnövekedést mutattak (Sieverding, 1991). A változó termesztési feltételek esetén is a szántóföldi kultúráktól várhatjuk a legkecsegtetőbb eredményeket (Sattelmacher et al., 1991). Általános kutatói vélemény, hogy a talajok mikroorganizmusokkal való injektálása fokozott figyelmet kell, hogy kapjon. Érveik mögé gazdasági, ökológiai és környezetvédelmi érvek tömegét sorakoztatják fel (Thompson and Wildermuth, 1989; Sieverding, 1991).

A mikroorganizmusok által kiválasztott hormonok kedvező hatással vannak a magvak kezdeti csírázására.

3. 7. A mikroorganizmusok szerepe a talaj eredetű betegségeknél

A talajban élő mikroszervezetek mennyiségét és minőségi összetételét számos, elsősorban talajtani tényező befolyásolja. A kedvező hatású és a patogén mikroorganizmusok egyidejű jelenléte és az egymáshoz viszonyított arányuk sokszor a növénytermesztés eredményességét is befolyásolja. Számos megfigyelés utal arra, hogy a talajeredetű gyökérbetegségek fellépése a talaj hasznos, és patogén mikroszervezetei közötti egyensúly megváltozásának a következménye. A mikorrhiza gombákkal végzett kísérletekben azt tapasztalták, hogy a kezelés hatására fokozódott a tápanyagok felvehetősége és nőtt a gyökerek stressz toleranciája. Gerdemann (1975) megfigyelte, hogy a mikorrhizával kezelt gyökerek rezisztensé váltak a *Thielaviopsis basicola* fertőzéssel szemben.

Schoenbeck (1979) hasonló tapasztaltról, számolt be fonálféreg fertőzést vizsgálva. Mikorrhiza gombával kezelt dohány gyökereket vizsgálva azt tapasztalták, hogy a *Thielaviopsis basicola* fertőzés a tizedére csökkent. A mikorrhizával kezelt dohány gyökérkivonata gátolta a klamidospórák képződését (Baltruschat and Schönbeck, 1972).

A búza torsgombájának (*Gaeumannomyces graminis* Sacc.) kórtanát vizsgálva arra a következtetésre jutottak, hogy a fertőzés különösen foszfor-hiányos talajokon, vagy látens foszfor hiány esetén jelentős. Foszfor tartalmú műtrágyák alkalmazásával a torsgomba jelentősen visszaszorítható volt számos kísérletben. A hasznos mikroorganizmusok fontos szerepet játszanak a talaj nehezen oldódó tápanyagainak mobilizálásában. Aktív talajélet esetén a vas mellett a foszfor felvehetősége is javul. Kísérletekkel igazolták, hogy jelentősen növekedett a felvehető foszfor mennyisége és ezzel párhuzamosan csökkent a búza torsgomba betegsége, amikor a talajt mikorrhizával oltották be (Khan, 1975). Hasonló eredményeket kapott Graham és Menge (1982) is, amikor a búza torsgomba betegsége, a növény foszforellátása és a mikorrhiza inokulálás kapcsolatát vizsgálta.

A talaj eredetű gyökérbetegségekre a mikroelem ellátás is hatással van. Azt tapasztalták, hogy a mangán-hiány, vagy az oxidált mangán túlsúlya a talajban, jelentősen fokozza a búza torsgomba fertőzöttségét. A fertőzés mértéke jelentősen csökkent, amikor mangánt juttattak a talajba. Hasonló megállapításra jutottak a gyapot fuzáriumos betegségével, és számos burgonya betegséggel kapcsolatosan is (Graham, 1983).

A mikroelemek felvehetőségét, fiziológiai aktivitásukat azok oxidáltsági állapota is meghatározza. A redukált mangán sokkal hatékonyabbnak bizonyult a kísérletekben, mint az oxidált forma. A változó vegyértékű mikroelemek redukcióját a gyökér (pl. a nem fűfélék vasfelvételénél) és a talajlakó mikroszervezetek végezhetik. Dél-Ausztrália talajából izolált öt, Mn-redukcióra képes baktérium törzs hatását vizsgálták a patogén *Gaeumannomyces graminis* növekedésére és a búza mangán felvételére. Azt tapasztalták, hogy a mangán redukciójával mérséklődött a fertőzés, a patogén növekedése gátlódott és a növények mangán felvétele is fokozódott, különösen akkor, amikor a búzaszemeket MnSO_4 oldattal csávázták (Marschner et al., 1991). A redukált mangánnak fontos szerepet tulajdonítanak a növényvédekezési reakcióiban. A fotoszintézis nélkülözhetetlen elemeként hatással van a gyökerek által kiválasztható szervesanyag mennyiségére, amellyel befolyásolja a gyökér mikroflórájának összetételét. Másrészt a Mn^{2+} szerepet játszik a fenolok és a lignin bioszintézisében, ezzel a növények betegség-ellenállóságát növeli (Brown et al., 1984). A Mn^{2+} több gombánál ektoenzimek (pl. pektin-metilészteráz) inhibitora.

A talaj érzékeny egyensúlyában tehát megkülönböztetett jelentőséggel bírnak a mikroszervezetek. A tápanyagok hozzáférhetőségének növelése mellett fontos szerepük van a talaj eredetű gyökérbetegségek visszaszorításában is.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3. 1. A relatív klorofill tartalom meghatározása (SPAD-érték)

A klorofill méréshez a növények második illetve harmadik legfiatalabb, de már teljesen kifejlett leveleit használtuk (1. kép). A relatív klorofill tartalmat SPAD-502 (MINOLTA, Japán) klorofill mérővel mértük (Uddling et al., 2007). A táblázatokban az eredményeket SPAD-értékként szerepeltettem.



1. kép: SPAD-502 relatív klorofill mérő készülék (Fotó: Bodnár K., 2012)

3. 2. A klorofill-*a*, *b* és karotinoid meghatározása spektrofotometriásan

Az abszolút klorofill *a*, *b* és karotinoid tartalmat Metertek SP 80 Spektrométerrel mértem Moran és Porath (1980) alapján. 50 mg friss levélmintát 5 ml N,N-dimetil-formamidban oldottam 4 ° C-on, 72 órán keresztül. Ezt követően a klorofill-*a* mennyiségét 664 nm-en, a klorofill-*b*-t 647 nm-en, a karotinoid-tartalmat 480 nm-en mértem.

Az alábbi képletbe behelyettesítve, a fotoszintetikus pigmentek mennyisége mg g⁻¹-ban, a friss tömegre vonatkoztatva számítható:

$$\text{klorofill-a} = (11,65 \cdot a_{664} - 2,69 \cdot b_{647})$$

$$\text{klorofill-b} = (20,81 \cdot b_{647} - 4,53 \cdot a_{664})$$

$$\text{karotinoidok} = (1000 \cdot \text{car}_{480} - 1,28 \cdot a_{664} - 56,7 \cdot b_{647})$$

A második és harmadik levélben mértem az abszolút klorofill-*a*, *b* és karotinoid tartalmat.

3. 3. A száraz tömeg mérése

A száraz tömeg meghatározásához a mintákat 85°C-on tömegállandóságig szárítottuk, majd szobahőmérsékletre történt visszahűtés után analitikai mérlegen (OHAUS) mértük (Nakano és Monita, 2007).

3. 4. Csírázási teszt

A csírázási teszthez minden hibridből 100 magot számoltunk ki és nedvesített szűrőpapírra helyeztük, majd nedves szűrőpapírral fedtük. A magvakat 22 °C-on, termosztátban csíráztattuk.

3. 5. A tápoldaton nevelt növényekkel végzett vizsgálatok

Kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays L. cv. GH 2042, SPIRIT, DKC 4608, DKC 4590, DKC 5007, DKC 5276, DKC 5190, DKC 4795, DKC 4014, EF 4503, EG 4707, EG 5009, EF 5209, EH 3605, EF 4705*) használtam. A magvak felületének fertőtlenítését 5x-ös hígítású H₂O₂-dal végeztük el. A fertőtlenített magvakat desztillált vízzel többször öblítettük, majd 10 mM-os CaSO₄ oldatban 4 óráig áztattuk a jobb csírázás érdekében. A magvakat nedves szűrőpapír között csíráztattuk, úgy, hogy a csíranövények polaritása természetes legyen. A termosztát hőmérséklete 22 °C volt. A 4 cm-es koleoptilú kukorica csíranövényeket tápoldatra helyeztük. A növények neveléséhez az alábbi összetételű tápoldatot használtuk: 2,0mM Ca(NO₃)₂, 0,7mM K₂SO₄, 0,5mM MgSO₄, 0,1mM KH₂PO₄, 0,1mM KCl, 10μM H₃BO₃, 1μM MnSO₄, 1μM ZnSO₄, 0,2 μM CuSO₄, 0,01μM (NH₄)₆Mo₇O₂₄. A növények a vasat 100 μM Fe(III)-EDTA formában kapták (Lévai, 2004).

A DKC 5190, GH 2042, DKC 4014, DKC 4590, DKC 4608 hibrideknél káliummal, a EG 5009 hibridnél pedig kalciummal egészítettük ki a tápoldatot, hogy ne mutassanak a növények hiánytünetet.

Az alkalmazott biotrágyákat 1 ml dm⁻³ koncentrációban adtuk a tápoldathoz.

A növények nevelésére a Növénytudományi Intézet, Mezőgazdasági Növényteni és Növényélettani Tanszék klímaszobájában került sor. A környezeti feltételek szabályozottak voltak: a fényintenzitás 300 μmol m⁻²s⁻¹, a hőmérséklet periodicitása 25/20°C (nappal/éjjel), a relatív páratartalom (RH) 65-75%, a megvilágítás/sötét periódus 16 óra/8 óra volt.

3. 6. Az alkalmazott biotrágyák

Az egyik alkalmazott biotrágya (jelölése „A”) viszkózus folyadék, mely két baktériumot, az *Azotobacter chroococcumot* (1-2x10⁹ db cm⁻³) és a *Bacillus megateriumot* (1-2x10⁸ db cm⁻³) tartalmaz, a használata biogazdálkodásban is ajánlott.

A másik biotrágya (jelölése „B”) viszkózus folyadék, mely az alábbi baktériumokat tartalmazza: *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter vinelandii*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Sterptomyces albus*. Az összes csírszám: $4,3 \times 10^9$ db/cm⁻³.

3. 7. A vizsgált hibridek jellemzése

DKC4014 (EH3605)

FAO szám: 320

Termésátlag (t/ha): 10,29

Nedvesség (%): 14,3

Korai éréscsoportba tartozó hibrid. Kiváló termőképességű és vízleadási tulajdonsággal rendelkezik. Rendelkezik minden olyan tulajdonsággal, amely alapján kiérdemelte a HD logót. (HD logó: hőség- és szárazság tesztelt: terméseredménye az aszályos kísérleti helyeken is az átlag felett volt.)

DKC4590 (EF4503)

FAO szám: 360

Termésátlag (t/ha): 10,66

Nedvesség (%): 14,5

Középmagas hibrid. A tenyészidő során különböző időszakokban jelentkező stresszt egyaránt jól tolerálja, évjárat és termőhely stabilitása kiemelkedő. Szárszilárdsága és szemtípusa jó.

DKC4608 (EG4707)

FAO szám: 390

Termésátlag (t/ha): 10,56

Nedvesség (%): 14,8

Magminősége kiváló, hektolitertömege magas. Magasabb termésszintű termőhelyeken igen nagy termést ad. Szára igen erős. Szemtípusa szerint lófogú, kiváló magminőségű.

DKC5007 (EG5009)

FAO szám: 450

Termésátlag (t/ha): 10,48

Nedvesség (%): 16,1

Hosszú, hengeres csőve hatalmas terméspotenciálról árulkodik. A termés magminősége igen jó, hektolitertömege magas. Megfelelő tápanyag- és vízellátás mellett a tőszámsűrítésre jelentős terméstöbblettel reagál. Hatalmas terméshez igen jó termésminőség is társul.

DKC5190 (EF5209)

FAO szám: 480

Termésátlag (t/ha): 13,77

Nedvesség (%): 15,2

Kiváló stressz tűrésének köszönhetően még aszályosabb körülmények között is sikerrel termesztető, emellett megfelelő körülmények esetén abszolút rekord termések elérését teszi lehetővé, éréscsoportjának megfelelő vízleadás mellett. Alacsony, generatív típusú hibrid. Kiváló szárszilárdság jellemzi. Csőtípusa kúpos, hengeres hosszú cső, melyen akár 22 szemsor is lehet. Szemtípus szerint lófogú, mélyen ülő sárga szemek jellemzik. Magminősége kiváló. Erős kezdeti fejlődés jellemzi.

DKC5276

FAO szám: 470

Termésátlag (t/ha): 12,00

Nedvesség (%): 16,3

Óriási termést adó, páratlan évjárat stabilitású hibrid. Alacsony - közepes magasságú növény. Szár: Jó szárszilárdság jellemzi. Csőtípus: Hengeres cső 18-22 szemsorral. Szemtípus: Lófogú, sárga szemek jellemzik. Kukorica csíkos mozaikvírussal szemben ellenálló.

Csemege kukoricák

GH2042

Hőegység: 843

Átlagos növénymagasság: 210 cm

Átlagos csőméret csőhossz: 21 cm

Csőátmérő: 4,8 cm

Átlagos szemsorszám: 16-20

Átlagos szemmélység: 11-12 mm

Egyöntetű csövek kiváló szemkihozattal. Egyöntetű késztermék: szín és szem alak. Nagyon magas potenciális termőképesség.

SPIRIT

Hőegység: 760

Átlagos növénymagasság: 210 cm

Átlagos csőméret csőhossz: 20 cm

Csőátmérő: 4,7 cm

Átlagos szemsorszám: 14-16

Átlagos szemmélység: 10-11 mm

Jó termőképességű normál édes fajta, jól tűri a korai vetést. Szabályos alakú, nagy csöveket terem, amelyek jól értékesíthetők. A cső 19,6 cm átlaghosszúságú, 14 szem sorral, a szem színe sárga.

3. 8. Az eredmények statisztikai kiértékelése

Az eredmények kiértékeléséhez Microsoft Excel 2003 és Sigma Plot 8.0 verziót használtunk.

4. AZ EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

4. 1. A különböző hibridek csírázási százaléka

A gyököcske megjelenése jelentette méréseinkben azt az állapotot, amikor a csírázás vizuálisan is megkezdődött. Tekintettel arra, hogy a magvak nem egyszerre csíráztak több mérési napon mértük a csírázást.

A második mérési napon a csírázási százalék az összes hibridnél meghaladta a 70 %-ot. Az EF 4503 és EG 4707 hibridek 100 %-a kicsírázott a második napon. Az összesírázási százalékot tekintve a DKC 4608 hibridnél volt még 100 % a csírázás. A csírázási százalék a SPIRIT esetében volt a legalacsonyabb – 75,25 % (1. táblázat).

1. táblázat: A vizsgált hibridek csírázási százaléka (%)

Mérési napok				
Hibridek	2.	3.	4.	összesen
DKC 5007	92,66	1,83	2,75	97,24
DKC 5190	77,00	6,00	6,00	89,00
DKC 5276	88,00	1,00	10,00	99,00
EF 5209	87,00	3,00	3,00	93,00
EG 5009	85,00	6,00	4,00	95,00
Mérési napok				
Hibridek	2.	3.	4.	összesen
EF 4503	94,00	5,00	0,00	99,00
EF 4705	100,00	0,00	0,00	100,00
EG 4707	100,00	0,00	0,00	100,00
EH 3605	99,00	0,00	0,00	99,00
GH 2042	78,00	0,00	2,00	80,00
SPIRIT	75,24	0,01	0,00	75,25
Mérési napok				
Hibridek	2.	3.	4.	összesen
DKC 4014	97,97	1,01	0,00	98,98
DKC 4590	99,00	0,00	0,00	99,00
DKC 4608	98,99	1,01	0,00	100,00
DKC 4795	97,97	1,01	0,00	98,98

4. 2. A biotrágya kezelése hatás a kukorica hibridek száraz tömegére

Az alkalmazott két biotrágya különbözőképpen hatott a vizsgált kukorica hibridekre. A 2. táblázatban a kukorica hibridek hajtásának és gyökerének száraz tömege látható.

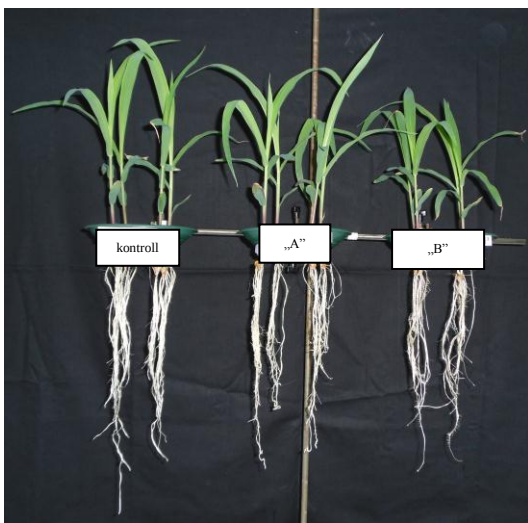
Az „A” jelű biotrágya a kontrollhoz képest a DKC 5007, DKC 5276, EF 4705, EH 3605 és DKC 4590 hibridek hajtásának száraz tömegét növelte. A DKC 5276 hibridnél a növekedés szignifikáns.

A gyökér száraz tömegének vizsgálatakor a DKC 5276, EF 4705, EG 4707 és DKC 4590 hibrideknél tapasztalható növekedés az „A” jelű biotrágya alkalmazásakor, a kontrollhoz képest. A DKC 5276 hibridnél bekövetkezett növekedés itt is szignifikáns volt, akárcsak a hajtásnál.

A „B” jelű biotrágya a DKC 5109, EG 5009, EG 4707, GH 2042, DKC 4014 és DKC 4795 hibridek hajtásának száraz tömegét növelte. A növekedések nem voltak szignifikánsak.

A gyökér száraz tömege a DKC 5109, EG 4707, GH 2042, DKC 4014 és DKC 4795 hibrideknél nőtt, a kontrollhoz képest, a „B” jelű biotrágya kezelés hatására. A növekedés csak a DKC 5109 hibridnél volt szignifikáns.

A kapott eredményeket a 2-16. képek is szemléltetik.



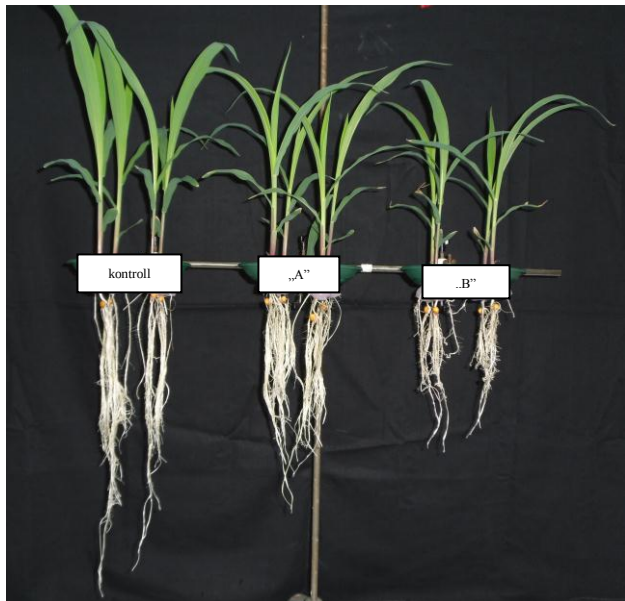
2. kép: DKC 5007 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



3. kép: DKC 5109 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



4. kép: DKC 5276 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



5. kép: EF 5209 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



6. kép: EG 5009 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



7. kép: EF 4503 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



8. kép: EG 4705 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



9. kép: EG 4707 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



10. kép: EH 3605 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



11. kép: GH 2042 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



12. kép: SPIRIT hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



13. kép: DKC 4014 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



14. kép: DKC 4590 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



15. kép: DKC 4608 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására



16. kép: DKC 4795 hibrid növekedése biotrágya „A” és „B” kezelések hatására

2. táblázat: A vizsgált hibridek hajtásának és gyökerének száraz tömege „A” és „B” jelű biotrágya kezelésekre hatására. n=9± S.E. (g növény⁻¹) Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

A vizsgált kukorica hibridek hajtásának száraz tömege															
Kezelések	DKC 5007	DKC 5109	DKC 5276	EF 5209	EG 5009	EF 4503	EF 4705	EG 4707	EH 3605	GH 2042	SPIRI T	DKC 4014	DKC 4590	DKC 4608	DKC 4795
Kontr	0,206±0,06	0,243±0,05	0,183±0,05	0,271±0,04	0,151±0,03	0,252±0,05	0,257±0,05	0,290±0,1	0,368±0,08	0,171±0,05	0,218±0,08	0,214±0,09	0,187±0,14	0,321±0,08	0,258±0,09
„A”	0,261±0,03	0,201±0,05	0,257±0,02**	0,205±0,05***	0,092±0,04**	0,215±0,05	0,265±0,08	0,290±0,1	0,380±0,05	0,105±0,04*	0,145±0,05	0,159±0,11	0,246±0,06	0,249±0,1	0,217±0,06
„B”	0,232±0,03	0,291±0,06	0,180±0,04	0,221±0,02**	0,117±0,01**	0,203±0,03	0,234±0,03	0,359±0,03	0,325±0,08	0,205±0,08	0,119±0,02*	0,306±0,09	0,245±0,07	0,275±0,06	0,260±0,05

A vizsgált kukorica hibridek gyökerének száraz tömege															
Kezelések	DKC 5007	DKC 5109	DKC 5276	EF 5209	EG 5009	EF 4503	EF 4705	EG 4707	EH 3605	GH 2042	SPIRIT	DKC 4014	DKC 4590	DKC 4608	DKC 4795
Kont	0,045±0,01	0,052±0,01	0,033±0,008	0,057±0,007	0,037±0,006	0,049±0,01	0,046±0,01	0,053±0,01	0,071±0,01	0,033±0,01	0,042±0,01	0,046±0,01	0,052±0,02	0,062±0,01	0,053±0,02
„A”	0,036±0,009	0,040±0,01**	0,045±0,005**	0,030±0,01*	0,022±0,009**	0,039±0,01	0,047±0,01	0,052±0,02	0,079±0,01	0,022±0,01	0,027±0,01**	0,054±0,01	0,056±0,01	0,055±0,01	0,041±0,01*
„B”	0,046±0,008	0,063±0,01*	0,041±0,01*	0,044±0,005*	0,027±0,005**	0,045±0,01	0,042±0,001	0,063±0,01	0,073±0,02	0,043±0,02	0,025±0,01**	0,063±0,03	0,052±0,01	0,061±0,01	0,056±0,01*

4. 3. A relatív klorofill tartalom (SPAD-érték) alakulása a biotrágya kezelések hatására

A száraz tömegnél tapasztaltakhoz hasonlóan a két biotrágya kezelés eltérően hatott a kukorica hibridekre (3. táblázat). A DKC 5276, EG 5009, DKC 4608 és DKC 4795 hibridek második levelében mért relatív klorofill tartalom mind a két biotrágya kezelés hatására nőtt, a kontrollhoz képest. A „B” jelű biotrágya csak az EG 5009 hibrid relatív klorofill tartalmát növelte nagyobb mértékben, mint az „A” jelű.

A kukorica hibridek harmadik levelében mért relatív klorofill tartalom vizsgálatakor azt tapasztaltam, hogy a DKC 5007, DKC 5109, EF 4503, EG 4707 és DKC 4795 hibrideknél mind a két biotrágya kezelés hatására nőtt a relatív klorofill tartalom a kontrollhoz képest. A SPAD-értékek nagyobb mértékben emelkedtek a harmadik levélben, mint a másodikban, a kezelések hatására. A relatív klorofill tartalom 6 SPAD-értékkel nőtt az „A” jelű biotrágya kezelés hatására, a kontrollhoz képest a DKC 5007 hibridnél. A legnagyobb növekedés a DKC 5109 hibridnél volt „B” biotrágya kezelés hatására, ahol megközelítőleg 9,5 SPAD-értékkel nőtt a relatív klorofill tartalom.

4. 4. A fotoszintetikus pigmentek mennyiségének változása biotrágya kezelések hatására

Mivel a relatív klorofill tartalom csak egy viszonylagos értéket ad, ezért mértem a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét is a második és a harmadik levélben (4. táblázat).

A DKC 5109 hibrid második levelében mért klorofill-*a* koncentrációja megközelítőleg 2 mg g⁻¹-mal nőtt „A” biotrágya és 3 mg g⁻¹-mal „B” jelű biotrágya kezelés hatására. Növekedés figyelhető meg a klorofill-*a* mennyiségében a biotrágya kezelések hatására a DKC 5276, EG 5009 és EF 4705 hibrideknél. Az EF 4503 hibridnél a klorofill-*a* mennyisége csökkent mind a két biotrágya kezelés hatására, a csökkenés az „A” jelölésű biotrágyánál nagyobb, mint a „B” jelűnél. Szintén csökkenés figyelhető meg az EH 3605, GH 2042, DKC 4590, DKC 4608 és DKC 4795 hibridnél is.

A klorofill-*b* koncentrációja a DKC 5007, DKC 5109, DKC 5276, EG 5009, DKC 4014, DKC 4590 és 4608 hibrideknél nőtt a „B” jelű biotrágya kezelés hatására, a kontrollhoz és az „A” jelű biotrágyához képest a második levélben.

A karotin-tartalom a DKC 5007 és DKC 5276 hibridek második levelében nőtt az „A” jelű biotrágya kezelés hatására, a kontrollhoz és a „B” jelű biotrágya kezeléshez képest.

A DKC 5109, EG 5009, GH 2042, SPIRIT, DKC 4014 és DKC 4608 hibrideknél a „B” jelű biotrágya hatására nőtt a karotin mennyisége.

A DKC 5109 hibrid harmadik levelében mért klorofill-*a* koncentrációja megközelítőleg 2 mg g⁻¹-mal nőtt „A” biotrágya és 3 mg g⁻¹-mal „B” jelű biotrágya kezelés hatására. A növekedések szignifikánsak. Növekedés figyelhető meg a klorofill-*a* mennyiségében az „A” jelű biotrágya

kezelések hatására az EF 5209, EF 4503, EF 4705, EG 4707 és DKC 4975 hibrideknél. Az EH 3605, GH 2042, SPIRIT, DKC 4014, DKC 4590 és DKC 4608 hibrideknél mind a két biotrágya kezelés hatására csökkent a klorofill-*a* mennyisége a harmadik levélben (5. táblázat).

A klorofill-*b* koncentrációja az EF 4503, EF 4705, EG 4707, DKC 4590 és DKC 4795 hibrideknél nőtt az „A” jelű biotrágya kezelés hatására, a kontrollhoz és a „B” jelű biotrágyához képest a harmadik levélben.

A karotin-tartalom az EF 4503, EF 4705, EG 4707 és GH 2042 hibridek harmadik levelében nőtt az „A” jelű biotrágya kezelés hatására, a kontrollhoz és a „B” jelű biotrágya kezeléséhez képest. Ezek a növekedések nem szignifikánsak.

A DKC 5007, DKC 5109, DKC 5276, EG 5009, SPIRIT és DKC 4975 hibrideknél a „B” jelű biotrágya hatására nőtt a karotin mennyisége. A növekedés több esetben is szignifikáns.

3. táblázat: A kukorica második és harmadik levelében mért relatív klorofill tartalom (SPAD-érték) alakulása biotrágya kezelések hatására. n=60± S.E. Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

A kukorica hibridek második levelében mért relatív klorofill tartalom (SPAD-érték) alakulása

Kezelések	DKC 5007	DKC 5109	DKC 5276	EF 5209	EG 5009	EF 4503	EF 4705	EG 4707	EH 3605	GH 2042	SPIRIT	DKC 4014	DKC 4590	DKC 4608	DKC 4795
Kontr	45,64±	46,48±	44,96±	46,99±	40,67±	38,73±	40,22±	40,58±	42,02±	37,33±	40,33±	41,48±	43,37±	43,28±	39,96±
oll	1,80	3,06	1,28	2,31	3,97	3,49	2,05	2,19	2,87	4,70	1,18	1,82	2,81	2,37	2,39
„A”	43,50±	48,00±	45,46±	45,80±	42,38±	38,20±	39,95±	40,52±	38,99±	36,12±	39,04±	40,36±	43,10±	44,55±	44,40±
	3,55	1,81	2,75	1,84	2,41	2,68	3,69	2,16	2,42	4,64	2,53	2,81	1,85	1,93	2,63***
„B”	44,49±	47,73±	42,52±	46,02±	44,49±	37,20±	39,37±	37,06±	37,77±	36,84±	38,54±	43,09±	42,11±	43,80±	41,82±
	3,14	3,95	4,00	2,64	3,14*	3,29	1,81	2,58	2,79	3,07	2,42	2,52*	2,99	2,82	1,81**

A kukorica hibridek harmadik levelében mért relatív klorofill tartalom (SPAD-érték) alakulása

Kezelések	DKC 5007	DKC 5109	DKC 5276	EF 5209	EG 5009	EF 4503	EF 4705	EG 4707	EH 3605	GH 2042	SPIRIT	DKC 4014	DKC 4590	DKC 4608	DKC 4795
Kontr	34,48±	34,29	38,56±	43,88±	37,94±	37,75±	38,53	40,93	43,68±	33,15	39,02±	37,88	38,66±	39,45±	34,78
oll	2,24	±4,68	4,11	3,31	4,71	3,78	±4,23	±2,74	2,86	±2,12	1,98	±2,92	2,78	2,78	±2,66
„A”	40,50±	39,42	39,34±	45,37±	38,06±	39,12±	40,23±4	44,98±2	43,48±	30,58±2	38,03±	38,25	38,20±	38,92±	38,45±2
	3,86	±2,45**	3,75	3,41	4,61	4,48	,09*	,37*	2,47	,90*	1,59	±2,86	2,37	2,56	,54*
„B”	37,63±	43,86±3,	38,08±	40,40±	37,63±	39,11±	38,46	42,09	42,88±	34,37	36,62±	41,76±3	32,06±1,	36,08±	35,53
	3,97	60***	5,66	4,93	3,97	2,68	±1,86	±2,15	1,65	±4,38	2,70	,08*	04***	2,82	±1,81

4. táblázat: A klorofill-*a*, *b* és karotin tartalom alakulása a kukorica hibridek második levelében biotrágya kezelések hatására (mg g⁻¹)n=3± S.E. Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: *p<0,05; **p<0,01.

Kukorica hibridek második levelében mért klorofill- <i>a</i>															
Kezelések	DKC 5007	DKC 5109	DKC 5276	EF 5209	EG 5009	EF 4503	EF 4705	EG 4707	EH 3605	GH 2042	SPIRI T	DKC 4014	DKC 4590	DKC 4608	DKC 4795
Kontr.	14,12±1,00	12,41±0,55	13,20±0,81	15,80±0,84	12,94±1,41	15,03±0,03	13,52±0,66	12,86±0,16	15,35±0,19	14,19±0,14	12,48±0,80	15,44±0,75	16,03±0,28	14,95±0,5	14,67±0,83
„A”	14,21±1,58	14,63±1,46*	14,69±1,00*	15,39±0,97	13,82±1,86*	12,34±0,36	14,00±0,45	14,97±0,82*	12,85±0,49*	14,17±0,36	12,93±0,89	14,83±0,16*	15,14±0,6*	14,59±0,03	13,86±0,76
„B”	14,34±1,09	15,54±1,01**	14,29±0,37*	14,07±1,76	15,70±0,76**	12,84±1,00	13,78±0,51	12,58±0,84	12,78±0,23*	12,17±0,89*	13,49±0,47	16,35±0,12*	15,34±0,4	14,21±0,82	13,47*±1,64

Kukorica hibridek második levelében mért klorofill- <i>b</i>															
Kezelések	DKC 5007	DKC 5109	DKC 5276	EF 5209	EG 5009	EF 4503	EF 4705	EG 4707	EH 3605	GH 2042	SPIRI T	DKC 4014	DKC 4590	DKC 4608	DKC 4795
Kontr.	4,77±0,66	3,86±0,39	4,39±0,38	6,07±0,67	4,25±1,86	4,72±0,81	4,81±0,54	4,40±0,15	5,57±0,32	4,57±0,39	4,53±0,77	5,8±0,55	5,67±0,95	5,35±0,67	5,5±0,50
„A”	4,92±0,76	3,98±0,74	5,03±0,75	5,81±0,65	4,82±1,42	4,18±0,48	4,55±0,24	4,45±0,83	3,90±0,25*	4,82±0,20	4,48±0,67	4,8±0,72	5,46±0,49	5,06±0,09	4,9±0,34
„B”	5,01±0,80	5,79±0,83*	5,07±0,51	4,94±0,99*	5,45±1,50	3,83±0,51	4,39±0,61	3,75±0,21	3,78±0,29*	4,63±0,87	4,26±0,35	6,6±0,00	5,68±0,48	5,66±0,57	4,8±0,16

Kukorica hibridek második levelében mért karotin-tartalom															
Kezelések	DKC 5007	DKC 5109	DKC 5276	EF 5209	EG 5009	EF 4503	EF 4705	EG 4707	EH 3605	GH 2042	SPIRI T	DKC 4014	DKC 4590	DKC 4608	DKC 4795
Kontr.	9,06±0,05	8,14±0,36	8,33±0,52	10,29±0,95	6,76±0,12	9,86±0,14	8,80±0,35	8,02±0,19	10,10±0,48	9,29±0,21	7,79±0,85	9,79±0,07	10,13±0,74	9,66±0,69	10,5±0,97
„A”	9,42±0,14	8,19±0,98	9,33±0,97	9,94±0,47	8,49±0,31*	8,09±0,02	8,85±0,38	8,59±0,65	8,24±0,19*	9,35±0,38	8,00±0,67	8,77±0,64	9,93±0,58	9,18±0,14	9,25±0,72
„B”	9,16±0,93	10,13±0,95*	9,05±0,79	9,60±0,18	9,98±0,32*	7,02±0,48	8,69±0,89	8,45±0,45	8,26±0,00*	10,34±0,29	8,31±0,55*	11,26±0,93**	10,13±0,58	10,11±0,66	9,33±0,04

5. táblázat: A klorofill-*a*, *b* és karotin tartalom alakulása a kukorica hibridek második levelében biotrágya kezelések hatására (mg g⁻¹)n=3± S.E. Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: *p<0,05; **p<0,01.

Kukorica hibridek harmadik levelében mért klorofill- <i>a</i>															
Kezelé sek	DKC 5007	DKC 5109	DKC 5276	EF 5209	EG 5009	EF 4503	EF 4705	EG 4707	EH 3605	GH 2042	SPIRI T	DKC 4014	DKC 4590	DKC 4608	DKC 4795
Kontr.	14,91± 0,01	12,34± 0,36	13,41± 0,01	15,02± 0,90	12,13± 0,02	14,72± 0,77	15,39± 0,53	15,49± 0,50	16,91± 0,17	12,42± 0,71	13,98± 0,68	16,12± 0,51	15,01± 0,64	15,46± 0,44	13,75± 0,4
„A”	15,21± 0,03	14,62± 0,11*	14,71± 0,71	15,27± 0,02	13,14± 0,03*	16,03± 0,17*	15,71± 0,41	16,76± 0,89	16,57± 0,23	12,97± 0,29	13,13± 0,16	14,99± 0,23*	15,26± 0,83	15,6±0, 02	14,69± 1,65*
„B”	15,34± 0,51	15,21± 0,27*	14,93± 0,41*	14,91± 0,01	14,91± 0,01**	15,06± 0,38*	15,14± 0,50	16,31± 0,46	16,26± 0,42	10,99± 0,24*	14,71± 0,44	15,70± 0,94	13,56± 0,67	14,85± 0,27	14,62± 0,29*

Kukorica hibridek harmadik levelében mért klorofill- <i>b</i>															
Kezelé sek	DKC 5007	DKC 5109	DKC 5276	EF 5209	EG 5009	EF 4503	EF 4705	EG 4707	EH 3605	GH 2042	SPIRI T	DKC 4014	DKC 4590	DKC 4608	DKC 4795
Kontr.	5,17± 0,27	3,85± 0,09	4,71± 0,11	6,49± 0,98	4,31± 0,01	5,11± 0,65	5,42± 0,47	6,22± 0,27	6,85± 0,44	4,31± 0,68	4,61± 0,62	6,22± 0,42	5,33± 0,5	5,64± 0,22	4,50± 0,06
„A”	5,32± 0,01	5,17± 0,11*	5,90± 0,03*	5,51± 0,45	4,52± 0,03	5,86± 0,21	5,80± 0,40	6,92± 0,33	6,29± 0,20	4,13± 0,23	4,62± 0,83	5,77± 0,8	5,64± 0,66	5,50± 0,66	5,11± 0,94
„B”	5,41± 0,11	5,91± 0,21**	5,90± 0,71*	4,74± 0,02*	5,24± 0,02*	5,26± 0,37	5,26± 0,86	6,42± 0,17	6,15± 0,25	3,97± 0,88	5,14± 0,15	5,96± 0,71	4,46± 0,4	5,29± 0,45	5,00± 0,08

Kukorica hibridek harmadik levelében mért karotin-tartalom															
Kezelé sek	DKC 5007	DKC 5109	DKC 5276	EF 5209	EG 5009	EF 4503	EF 4705	EG 4707	EH 3605	GH 2042	SPIRI T	DKC 4014	DKC 4590	DKC 4608	DKC 4795
Kontr.	9,77± 0,75	8,43± 0,51	8,71± 0,01	10,95± 0,40	6,74± 0,12	9,72± 0,69	9,57± 0,17	12,05± 0,44	12,21± 0,03	7,76± 0,38	9,24± 0,22	10,51± 0,25	9,93± 0,45	10,29± 0,71	8,66± 0,43
„A”	10,13± 0,12	9,41± 0,23	9,17± 0,11	9,77± 0,81	7,52± 0,21	10,98± 0,12	10,19± 0,17	12,54± 0,36	11,67± 0,25	8,39± 0,30	8,70± 0,34	9,82± 0,74	9,58± 0,47	9,77± 0,83	9,25± 1,24
„B”	10,32± 0,03	9,89± 0,10*	9,91± 0,17*	8,71± 0,01*	8,41± 0,45**	9,99± 0,19	9,01± 0,44	12,01± 0,64	11,46± 0,09	6,64± 0,03	9,58± 0,23	9,92± 1,2	8,66± 0,48	9,61± 0,47	9,55± 0,14*

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A kísérleteim eredményéből az a lényeges következtetést vonom le, hogy a kukorica hibridek között különbség van a biotrágyával szembeni érzékenységükben. A kiválasztott hibrideknél feltűnő volt a két biotrágyával szembeni eltérő viselkedés, ami arra hívja fel a figyelmet, hogy az általunk vizsgált biotrágyák eredményes alkalmazhatósága fajtafüggő. Kísérleteim alapján feltételezem, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható biotrágyák mindegyikére vonatkozhat ez a megállapítás, bár kétségtelen, hogy célszerű valamennyi biotrágya hasonló tesztelése.

A következtetés háttérében az lehet, hogy az eltérő biotrágyák tápoldata – különösen a szerves komponens esetében – eltérő összetételű lehet, ami a kísérleteimben tapasztalt különbséget okozza. Abból kiindulva, hogy a kiválasztott kukorica hibrideknél különbségek voltak, valószínűsíthető, hogy más gazdasági növénynél is hasonló hatást tapasztalunk.

Szükségesnek tartom a hasonló típusú vizsgálatok elvégzését napraforgóval, gabonafélékkel és repcével, és szükségesnek ítélem azt is, hogy újabb biotrágyákat vonjunk a kísérletbe.

Meggyőződésem, hogy a leginkább megfelelő biotrágya – termesztett növény kapcsolat feltárásával az ökológiai szemléletű gazdálkodás is eredményesebbé tehető.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Talajainkat a növénytermesztés szempontjából akkor tudjuk a legoptimálisabban felhasználni, illetve helyesen megművelni, ha nem tisztán fizikai és kémiai sajátosságokkal rendelkező élettelen tömegnek tekintjük, hanem olyan élő szervezetnek, amely az anyagcsere körfolyamatok következtében állandóan változtatja összetételét. A talajok termőképességének megítélésénél tisztában kell lenni azok élettani sajátosságaival. A talajok mikroorganizmusainak felderítésével párhuzamosan olyan kísérletek is folynak, amelyek talajkémiai területekre vezetnek át. A biológiai növénytermesztés egyik módja az alkalmazott művelési és növénytermesztési eljárások mellett a talaj termőképességének minél teljesebb feltárása, ezáltal kedvezőbb terméseredmények elérése.

Munkám során két baktérium alapú biotrágya hatását vizsgáltam 15 kukorica (*Zea mays* L.) hibriden (GH 2042, SPIRIT, DKC 4608, DKC 4590, DKC 5007, DKC 5276, DKC 5190, DKC 4795, DKC 4014, EF 4503, EG 4707, EG 5009, EF 5209, EH 3605, EF 4705), laboratóriumi körülmények között. Az egyik biotrágya, melyet „A”-val jelöltem 2 baktérium törzset tartalmaz az *Azotobacter chroococcumot* és a *Bacillus megateriumot*. A másik biotrágya („B”) *Azospirillum brasiliense*, *Azotobacter vinelandii*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Sterptomyces albus* törzseket tartalmaz.

A kísérletet megelőzte egy „előkísérlet”, ugyanis a különféle hibrideknek eltérő lehet a tápanyag-igénye. Ekkor azt tapasztaltuk, hogy a laborban az egyszikű növényekhez használt tápoldatot 5 hibridnél (DKC 5190, GH 2042, DKC 4014, DKC 4590, DKC 4608) káliummal, egy hibridnél (EG 5009) pedig kalciummal kellett kiegészíteni, hogy ne mutasson hiánytünetet.

A kísérlet során mértem a kukorica gyökérének és a hajtásának száraz tömegét, a második és harmadik levél relatív klorofill tartalmát (SPAD-érték), a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét (klorofill-a, klorofill-b, karotinoidok), és a levélterületet.

Eredményeim alapján azt a következtetést vonom le, hogy a különböző kukorica hibridekre eltérő módon hatott a két baktérium alapú biotrágya. Az „A” jelű biotrágya a DKC 5007, DKC 5276, EF 4705, EH 3605 és DKC 4590 kukorica hibridek hajtásának száraz tömegét növelte nagyobb mértékben, míg a „B” jelű baktériumtrágya a DKC 5109, EG 4707, GH 2042, DKC 4014 és DKC 4795 hibrideken volt hatékony. A többi vizsgált paramétereknél is eltérő eredményt adott a két baktérium alapú biotrágya összehasonlítása.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki:

Tóth Brigittának, konzulensemnek,
Dr. Lévai László egyetemi docens, tanszékvezetőnek
valamint

Csákyné Faragó Erzsébet laboránsnak
hogy a munkám végzésében segítségemre voltak.

IRODALOMJEGYZÉK

- Adams, F.** (1981). Nutritional imbalances and constraints to plant growth in acid soils. *J. Plant Nutr.* 4, 81.p.
- Alam, S. M., Naqui, S. S. M., and Ansari, R.** (1999). Impact of Soil pH on Nutrient Uptake by Crop Plants. *In: Handbook of Plant and Crop Stress* 2nd Ed. p. 51-60. Edited: Mohammad Pessarakli, Marcel Dekker AG, Basel.
- Armstrong, R. D. and Helyar, K. R.** (1992). Changes in soil phosphate fractions in the rhizosphere of semi-arid pasture grasses. *Aust. J. Soil Res.* 30. 131-143. p.
- Arshad, M., Hussain, A., Javed, M., Frankenberger jr., W.T.** (1993). Effect of soil applied L-methionine on growth, nodulation and chemical composition of *Albizia lebbek* L. *Plant Soil* 148, 129-135.
- Baath, E., Johanson, T.** (1990). Measurement of bacterial growth rates on the rhizoplane using ³H-thymidine incorporation into DNA. *Plant Soil* 126, 133-139.
- Baltruschat H and Schonbeck F.** (1972). The influence of endotrophic mycorrhiza on the infestation of tobacco by *Thielaviopsis basicola*; *Phytopathol.* Z84 172–188
- Barber, D.A., Martin, J.K.** (1976). The release of organic substances by cereal roots into soil. *New Phytol.* 76, 69-80.
- Bauer WD., Lagares A, Caetano-Anollés G.** (1990). Rhizobium meliloti exopolysaccharide Mutants Elicit Feedback Regulation of Nodule Formation in Alfalfa. *Plant Physiol.* 1990 Feb;92(2):368–374.
- Beauchamp, C.J., Dion, P., Kloepper, J.W., Antoun, H.** (1991). Physiological characterization of opine-utilizing rhizobacteria for traits related to plant growth promoting activity. *Plant Soil* 132, 273-279.
- Bekele, T., Cino, B. J., Ehlert, P. A. I., van der Mass, A. A. and van Diest, A.** (1983) An evaluation of plant borne factors promoting the solubilization of alkaline rock phosphates. *Plant Soil* 75. 361-378.p.
- Bell, M.J., Middleton, K.J., Thompson, J.P.** (1989). Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth and phosphorus and zinc nutrition of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in an oxisol from subtropical Australia. *Plant Soil* 117, 49-57.
- Bromfield, S. M., Cumming, R. W., David, D. J., and Williams, C. H.** (1983a). Change in soil pH, manganese and aluminium under subterranean clover pasture. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 23. 181-191.p.

- Bromfield, S. M., Cumming, R. W., David, D. J. and Williams, C. H.** (1983b). The assessment of available manganese and aluminium status in acid soils from subterranean clover pastures of various age. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 23.192-200.p.
- Brown, P.H., Welch, R.M. and Cary, E.E.** (1987). Nickel: a micronutrient essential for higher plants. *Plant Physiol.* 85, pp. 801-803.
- Brown P. H., Graham R.D., Nicholas D. J. D.** (1984). The effects of manganese and nitrate supply on the level of phenolics and lignin in young wheat plants. *Plant Soil* 81, 437-440.
- Bowen, G.D. and Rovira, A.D.** (1976). Microbial colonization of plant roots. *Ann. Rev. Phytopathol.* 14, p. 121-144.
- Cakmak, I., and Marschner, H.** (1990). Decrease in nitrate uptake and increase in proton release in zinc deficient cotton, sunflower and buckwheat plants. *Plant Soil* 129. 261-268.p.
- Cook, E.R., Briffa, K.R., Meko, D.M., Graybill, D.S., Funkhouser, G.** (1995). The 'segment length curse' in long tree-ring chronology development for paleoclimatic studies. *The Holocene* 5 (2), 229-237.
- Curl, Elroy A. and Truelove, Bryan** (1986). *The rhizosphere*. Springer-Verlag, p.288.
- Fallik, E., Sarig, S., Okon, Y.** (1994). Morphology and Physiology of plant roots associated with *Azospirillum*. In *Azospirillum/Plant Associations* (Y. Okon, Ed.). C.R.C., London, pp. 77-86
- Drahoš J., Bradka F. Puncochar M.** (1992). Fractal behavior of pressure fluctuations in a bubble column. *Chemical Engineering Science* 47 (15-16), 4069-4075.
- Frankenberger, W.T.jr., Poth, M.** (1987). Biosynthesis of indole-3-acetic acid by the pine ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*. *Appl. Environ. Microbiol.* 53, 2908-2913
- Filep, Gy.** (1987). *Talajtani Alapismeretek I. Általános talajtan*. DATE Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen, pp. 195.
- Filep, Gy.** (1988). *Talajkémia*. Akadémiai Kiadó, Budapest, p.190.
- Fusseder, A.** (1984). Der Einfluss von Bodenart, Durchlüftung des Bodens, N-Ernährung und Rhizosphärenflora auf die Morphologie des seminalen Wurzelsystems von Mais. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 147, 553-565
- Gahoonia, T. S., Claassen, N., and Jungk, A.** (1992b). Mobilization of phosphate in different soils by ryegrass supplied with ammonium or nitrate. *Plant Soil* 140, p. 241-248.
- Gerretsen, F.C.** (1948). The influence of microorganisms on the phosphate intake by the plant. *Plant Soil* 1: 51-81
- Gonzales-Lopez, J., Martinez-Toledo, M.V., Reina, S., Salmeron, V.** (1991). Root exudates of maize and production of auxins, gibberellins, cytokinins, amino acids and vitamins, by *Azotobacter chroococcum* in chemically-defined media and dialysed-soil media. *Technol. And Environ. Chem.* 33, 69-78.

- Graham R. D.** (1983). Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. *Adv. Bot. Res.* 10, 221-276.
- Grinsted, M. J., Hedley, M. J., White, R. E. and Nye, P. H.** (1982). Plant-induced changes in the rhizosphere of rape (*Brassica napus* var. Emerald) seedlings. I. pH change and the increase in P concentration in the soil solution. *New Phytol.* 91. 19-29.p.
- Haller, T., Stolp, H.** (1985). Quantitative estimation of root exudation of maize plants. *Plant soil* 86, 207-216.
- Harley, J.L. and Harley, E.L.** (1987). A check-list of mycorrhiza in the British flora. *New Phytol.* (Suppl.) 105, 1-102
- Hartwig, U.A., Joseph, C.M., Phillips, D.A.** (1991). Flavenoids released naturally from alfalfa seeds enhance growth rate of *Rhizobium meliloti*. *Plant Physiol.* 95, 797-803.
- Hebbar, P., Berge, O., Heulin, T. and Singh, S.P.** (1991). Bacterial antagonists of sunflower (*Helianthus annuus* L.) fungal pathogens. *Plant Soil* 133, 131-140.
- Howie, W., and Suslow, T.** (1986). Effect of antifungal compound biosynthesis on cotton root colonization and *Pythium* suppression by a strain of *Pseudomonas fluorescens* and its antifungal minus isogenic mutant. *Phytopathology*
- Islam, A. K. M. S., Edwards, D. G. and Asher, C. J.** (1980). pH optima for crop growth. Results of flowing solution culture experiment with six species. *Plant Soil* 54.339.p.
- Jasper, D.A., Abbot, L.K. and Robson, A.D.** (1989). The loss of VA mycorrhizal infectivity during bauxite mining may limit the growth of *Acacia pulchella* R. Br. *Aust. J. Bot.* 37, 33-42.
- Katznelson, H., and Bose, B.** (1959). Metabolic activity and phosphate dissolving capability of bacterial isolates from wheat roots, rhizosphere and non-rhizosphere soil. *Can. J. Microbiol.* 5: 79-85
- Khan A. G.** (1975). The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations on the growth of cereals. II. Effect on wheat growth. *Annals of Applied Biology* 80, 27-36.
- Klee, H. J., Hayford, M. B., Kretzmer, K.A., et al.** (1991). Control of ethylene synthesis by expression of bacterial enzyme in transgenic tomato plants. *Plant Cell* 3: 1187-1193
- Kloepper, J. W., Lifshitz, R., and Schroth, M. N.** (1988). *Pseudomonas* inoculants to benefit plant production. *Anim. Plant Sci.* 60-64
- Kloepper, J. W., Tuzun, S., and Kuc, J. A.** (1992). Proposed definitions related to induced disease resistance. *Biocontrol Sci. Technol.* 2:349-351.
- Kretschmar, R.M., Hafner, H., Bationa, A. and Marschner, H.** (1991). Long- and short term effects of crop residues on aluminium toxicity, phosphorus availability and growth of pearl millet in an acid sandy soil. *Plant soil* 136, 215-223.

- Lévai L.** (2004). The effect of smut gall tumour infection on iron and zinc uptake and distribution in maize seedlings. *Journal of Agricultural Sciences* 15, 27-32.
- Li DM, Alexander A.** (1988). Co-inoculation with antibiotic-producing bacteria to increase colonization and nodulation by rhizobia. *Plant and Soil*
- Lifshitz, R., Kloepper, J.W., Kozlowski, M.** (1987). Growth promotion of canola (rapeseed) seedlings by a strain of *Pseudomonas putida* under gnotobiotics conditions, *Can. J. Microbiol.*
- Liljeroth, E., Schelling, G.C. and van Veen, J. A.** (1990). Influence of different application rates of nitrogen to soil on rhizosphere bacterial. *Neth. J. Agric. Sci.* 38, 355-364.
- Lucas R. E., Davis J. F.** (1961). Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Sci.* 92, 171-182.
- Marschner, H., and Römheld, V.** (1983). In vivo measurement of root-induced pH changes at the soil-root interface: Effect of plant species and nitrogen source. *Z. Pflanzenphysiol.* 111, p. 241-251.
- Marschner B., Stahr K., Renger M .** (1991). Element inputs and canopy interactions in two pine forest ecosystems in Berlin, Germany. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk* 145, 147-151.
- Martin, P., Glatzle, A., Kolb, W., Omay, H. and Schmidt, W.** (1989). N₂-fixing bacteria in the rhizosphere: Quantification and hormonal effects on root development. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 152, 237-245
- Meyer, J-M., Azelvandre, P., and Georges, C.** (1992). Iron metabolism in *Pseudomonas*: salicylic acid, a siderophore of *Pseudomonas fluorescens* CHA0. *BioFactors*
- Morgenstern E., Okon Y.** (1987). Promotion of plant growth and NO₃⁻ and Rb⁺ uptake in *Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanense* inoculated with *Azospirillum brasilense* – Cd.
- Müller, M., Deigle, C. and Ziegler, H.** (1989). Hormonal interactions in the rhizosphere of maize (*Zea mays* L.) and their effects on plant development. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 152, 247-254.
- Nakano H. – Monita S.** (2007). Effects of twice harvesting on total dry matter yield of rice. *Field Crop Research* 101, 269-275.
- Neilands, J. B. and Leong, S. A.** (1986): Siderophores in relation to plant growth and disease. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 37: 187-208
- Nieto, K.F. and Frankenberger, jr. W.T.** (1990). Influence of adenine, isopentenyl alcohol and *Azotobacter chroococcum* on the growth of *Raphanus sativus*. *Plant Soil* 127, 147-157.
- Nyatsanaga, T. and Pierre, W. H.** (1973). Effect of nitrogen fixation by legumes on soil acidity. *Agron J.* 65. 936-940.p.
- Nye, P. H.** (1986). Acid base changes in the rhizosphere. In: *Advances in Plant Nutrition* Vol.2. (Ed. Tinker B and Läuchli A) 129-153.p. Peager Scientific, New York.
- Okon Y.** (1985). *Azospirillum* as a potential inoculant for agriculture. *Trends Biotechnol.* 3, 223-228

- Okon Y., Saring S. and A. Blum** (1988). Improvement of the water status and yield of field-grown grain Sorghum (*Sorghum bicolor*) by inoculation with *Azospirillum brasilense*. J. Agri. Sciences, Cambridge
- Pethő, M.** (2002). Mezőgazdasági növények élettana. Akadémia Kiadó, Budapest.
- Raij, B. van, and van Diest, A.** (1979). Utilization of phosphate from different sources by six plant species. Plant Soil 51,p. 577-589.
- Reynolds, S. B., Scaife, A., and Turner, M. K.** (1987). Effect of nitrogen form on boron uptake by cauliflower. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 18, p. 1143-1154.
- Roszak D. B., Colwell R. R.** (1987). Survival strategies of bacteria in the natural environments. A. J. P. H. 1987;51:365-379.
- Rovira, A.D., Bowen, G.D. and Foster, R.C.** (1983). The significance of rhizosphere microflora and mycorrhizas in plant nutrition. In' Encyclopedia of Plant Physiology, New Series (A.Lauchli and R.L.Bielski, eds.) Vol.15A, 61-89. Springer Verlag, Berlin.
- Römheld V.** (1987.) Different strategies for iron acquisition in higher plants. Plant Physiol. 70, 231-234.
- Sanders, F.E.** (1993). Modelling plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhizal infection. Adv. Plant. Pathol. 9, 135-166.
- Sattelmacher, B., Reinhard, S. and Pomilkalko, A.** (1991). Differences in mycorrhizal colonization of rhy (*Secale cereale* L) grown in conventional or organic (biological-dynamic) farming systems. J. Agron. Crop Sci. 167, 350-355.
- Schaller G., Fischer W. R.** (1985). Kurzfristige pH-Pufferung von Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenk 148, 471-480.
- Scher, F. M. and Baker, R.** (1980). Mechanism of biological control in a *Fusarium* suppressive soil. Phytopathology 70 412-417
- Schippers B., Bakker A.W., Bakker P.A.H.M.** (1987). Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect on cropping practices. Annu. Rev. Phytopathol. 25. 339-358.
- Sieverding, E.** (1991). 'Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems' Technical Cooperation (GTZ), TZ-Velagsgsellschaft Rossdorf, Germany.
- Stefanovits, P., Filep, Gy. és Fülek, Gy.** (1999). Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 470.
- Suslow, T.V., Kloepper, J.W., Schroth, M.N. & Burr, T.J.** (1979). Beneficial bacteria enhance plant growth. Calif. Agric. 33: 15-17.
- Suslow, T.V. and Schroth, M.N.** (1982). Rhizobacteria of sugarbeets: effects of seed application and root colonization on yield. Phytopathology 72, p.199-206.

- Thompson, J.P. and Wildermuth, G.B.** (1989). Colonization of crop and pasture species with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and a negative correlation with root infection by *Bipolaris sorokiniana*. Can. J. Bot. 69, 687-693.
- Tinker, P.B., Jones, M.D. and Durall, D.M.** (1992). A functional comparison of ecto and endomycorrhizas. In 'Mycorrhizas in Ecosystems' (D.J. Read, D.H.Lewis, A.H. Fitter and I.J. Alexander, eds.) pp. 303-310. CAB International, Wellingford, UK.
- Uddling J., Gelang-Alfredsson J., Piikki K., and Pleijel H.** (2007). Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. Photosynth. Res. 91: 37–46.
- Villeneuve, N., Le Tacon, F. and Bouchard, D.** (1991). Survival of inoculated *Laccaria bicolor* in competition with native ectomycorrhizal fungi and effects on the growth of outplanted Douglas fir seedlings. Plant Soil 135, 95-107.
- Warden, B.T.** (1991). Manganese extracted from different chemical for actions of bulk and rhizosphere soil as affected by method of sample preparation. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 22, 169-172.
- Weller DM.** (1988). Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. Annu. Rev. Phytopathol. 26: 379–407.
- Wilcox, H.E.** (1991). Mycorrhizae. In ' Plant Roots: the Hidden Half' (Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi, eds.), pp. 731-765. Marcel Dekker, New York.
- Wirén N. von – Römheld V. – Morel J. L. – Guckert A. – Marchner H.:** (1993). Influence of microorganisms on iron acquisition in maize. Soil Biol. Biochem. 25, 371-376.
- Whipps J. M., Lynch J. M.** (1986). The influence of the rhizosphere on crop productivity. Adv. Microbial Ecol. 6, 187-244.
- Wolf, B.** (1999). The Fertile Triangle: The relationship of Air, Water, and Nutrients in Maximizing Soil Productivity. Food Products Press, an imprint of The Haworth Press Inc., 10 Alice Street, Binghampton, NY.