

Szárazság és nitrogén-műtrágyázás hatása kukorica és gyep endomikorrhizáira, valamint a szabadonélő fonálférgekre

¹ BAKONYI GÁBOR, ² POSTA KATALIN, ¹ NAGY PÉTER, ¹ FÁBIÁN MIKLÓS,
¹ KISS ISTVÁN és ³ NOSEK JÁNOS

¹ Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék, Gödöllő, ² Szent István Egyetem, Mikrobiológia Tanszék, Gödöllő és ³ MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet, Vácrátót

A környezetkímélő növénytermesztés során egyre nagyobb figyelmet fordítanak arra, hogy a talajban végbemenő természetes folyamatok segítségével, azok irányításával növeljék a terméseredményeket (ÁNGYÁN et al., 1997). Jelenleg intenzív kutatások folynak a mikorrhiza kapcsolat (mikorrhiza) szerepének tisztázására a növények tápanyagfelvételében természetközeli biocönózisok növényein és a mezőgazdasági szempontból fontos, termesztett növényfajok esetében is (BETHLENFALVAY, 1992; BETHLENFALVAY & SCHÜEPP, 1994; BIRÓ et al., 1993). A mikorrhiza szerepét a növények P-felvételének elősegítésében különösen intenzíven kutatják (POSTA, 1997). Hasonlóképpen, jelentős tudományos erőfeszítések történnek a zoológusok részéről abból a célból, hogy megállapítsák az zoedafon hatásait a termesztett növényfajok és -fajták tápanyagfelvételére (BENKISER, 1997). Az említett folyamatokról, különösen ami az állatok szerepét illeti, jelenleg még meglehetősen kevés és sporadikus ismeretünk van.

A mikorrhiza gyakran megnöveli a növények szárazságtűrő képességét. Ezt tapasztaljuk akkor, ha a talaj víztartalmát a kísérlet folyamán mindvégig alacsony szinten tartjuk, illetve ha a kísérlet közben száraz és átlagos talajnedveségi viszonyok váltakoznak (BETHLENFALVAY et al., 1988). Még ma is vitatott kérdés azonban, hogy a szárazságtűrés fokozódása a mikorrhiza közvetlen hatásának következménye, amit a vízfelvitelre és hasznosításra kifejt, vagy mindez inkább a mikorrhiza közvetett hatásaként a fokozott P-felvétellel függ össze. Számos kísérleti eredmény ismert mindkét elmélet igazolására az arbuskuláris mikorrhiza gomba partnerének (AM gomba) vízfelvitelben betöltött közvetlen (FABER et al., 1991), valamint közvetett (GEORGE et al., 1992) szerepére vonatkozóan. A mikorrhiza szárazságtűrő képességet befolyásoló hatásáról közölt eredmények túlnyomó többsége azonban ellenőrzött, klímakamra körülmények között történt. Szántóföldi körülmények között SYLVIA és munkatársai (1993) számoltak be elsőként az arbuskuláris mikorrhiza kukoricánál előidézett szá-

razságtűrésről. Nem kétséges, hogy a növények tápanyagfelvételi mechanizmusai komplexek, a talaj sok komponensétől, azok kölcsönhatásaitól és ezek térbeli-időbeli változásaitól erősen függenek (KILLHAM, 1994).

Számos adat áll rendelkezésre arra vonatkozóan, hogy a gombaevő fonálféreg különböző kapcsolatokat létesítenek az AM gombákkal. A fonálféreg jelentősen csökkentheti a mikorrhiza tápanyag-abszorbeáló felületét és így csökkenti a növények P- és N-felvételét (INGHAM et al., 1985). Általánosan elfogadott vélemény szerint az AM gombákkal kolonizált növények toleránsabbak a növényparazita fonálféreggel szemben, mint azok, melyek nem rendelkeznek ilyen szimbióta gombákkal (GRANDISON & COOPER, 1986). A mikorrhizák jelenléte csökkenti egyes kártevő fonálféregfajok lárváinak behatoló képességét, a fejlődés sebességét és a reprodukciót is. Ritka eset az, amikor a fonálféreg populációja szignifikánsan nagyobb a mikorrhizával rendelkező növényeken (ATILANO et al., 1981).

Jelenleg nincs információ arra vonatkozóan, hogy a mikro- és/vagy mezo-fauna a szimbiózison keresztül terepviszonyok között hogyan befolyásolja a növények N-felvételét. MCGONIGLE (1995) összefoglaló cikke foglalkozik a gombafogyasztó állatoknak a tápanyagok biogeokémiai ciklusára gyakorolt hatásaival. Az említett kérdésre vonatkozó adatok azonban ebben a dolgozatban sem találhatók.

Laboratóriumi körülmények között az AM gomba externális hifákon keresztül történő anyagfelvételének maximális értékei foszfor esetében 80 %-ot, nitrogén esetében 25 %-ot értek el (MARSCHNER & DELL, 1994). Több laboratóriumi kísérlet eredménye szerint, ha az ugróvillások kis mértékben fogyasztották a mikorrhiza gombákat, az stimulálta a növények P-felvételét. Növekvő állatsűrűség az ellenkező hatással járt (FINLAY, 1985; HARRIS & BOERNER, 1990). Hasonló eredményt kaptak EK és munkatársai (1994) a N-felvételre vonatkozóan is. Terepvizsgálatok azonban a kérdéssel kapcsolatban még nem történtek. A mikorrhiza gombák jelentős mértékben növelhetik a növények tápanyagfelvételét, különösen száraz körülmények között. A növény-mikorrhiza szimbiózis funkcionálása szempontjából az állatok hatása a mikorrhiza gomba hifákra kiemelkedően fontosnak tűnik (FITTER & GARBAYE, 1994).

Az ismertetett okok miatt a jelen dolgozatban a következő kérdéseket vizsgáltuk meg:

1. Gyakorol-e hatást a szárazság és a N-műtrágyázás a mikorrhiza kapcsolatra és a szabadon élő fonálféreg (Nematoda) fajegyüttesekre Ramann-féle barna erdőtalajon szántóföldi viszonyok között?

2. Van-e különbség a kezelésekre hatásaiban a kukorica és a gyeper növénykultúrák között?

Anyag és módszer

A kísérletek a GATE Botanikus kertjében kialakított kisparcellákon, gyeper és kukorica jelzőnövényekkel, Ramann-féle barna erdőtalajon történtek. A gyeper

mesterségesen telepítették *Poa pratensis*, *Lolium perenne* és *Festuca rubra* fajokkal a kísérlet kezdete előtt mintegy 15 évvel. A területre azóta betelepültek a természetes flóra következő fajai: *Arrhenatherum elatis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Lotus corniculatus*, *Melandrium album*, *Plantago lanceolata*, *Trifolium pratense*, *Vicia villosa*, de a telepített fajok dominanciája megmaradt.

Azon kívül, hogy a parcella gyepét évente rendszeresen kaszálták, a területen más beavatkozás nem történt. A kukoricaparcellák talaját a kísérlet kezdete előtt két héttel felásták, majd elgereblyézték. Előveteménye szarvaskerep volt.

Mindkét növény esetén a parcellákat négy részre osztottuk. A kísérlet az alparcellák közepén kijelölt 1 m²-es területen folyt, amit minden oldalról 1 m széles, a kísérleti parcellán található növényeket tartalmazó pufferzóna határolt. A gyepen végzett kísérlet négy alparcellájának növényzete a kísérlet kezdetén több-kevésbé egyező volt. Két, átellenesen fekvő alparcellát a napfény hullám-spektrumát nem befolyásoló műanyag tetővel lefedtünk, így ezekre csapadék nem esett. A másik két alparcella a természetes esőmennyiséget kapta. Mind a fedett, mind a fedetlen alparcellák egyikére 100 kg N/ha hatóanyagot megfelelő, 1,5 l csapvízben feloldott NH₄Cl-műtrágyát adtunk ki. Így a következő négyféle kezelést kaptuk:

1. Fedetlen alparcella, műtrágyázás nélkül (K),
2. Fedett alparcella, műtrágyázás nélkül (F),
3. Fedett alparcella, műtrágyázva (FM),
4. Fedetlen alparcella, műtrágyázva (M).

A kezelések ismétlés nélküliek voltak.

A csapadékot minden esőt követő nap reggelén, a talajhőmérsékletet hetente egy alkalommal, azonos időpontban 5, 10 és 20 cm mélyen mértük.

A kísérlet végén a teljes föld feletti növényi részeket levágtuk, 80 °C-on súlyállandóságig szárítottuk és tömegét lemértük. A növények és a talajok kémiai analízise a GATE Központi Laboratóriumában történt. A kísérletet 1997. május 7-én kezdtük és 1997. július 1-jén fejeztük be.

A mikrobiális biomasszát AMATO és LADD (1988) módszere szerint határoztuk meg. Két gramm alaposan összekevert talajt 24 óráig etanolmentes kloroform gőzében tartottuk. Ezután a kloroformmal kezelt és nem kezelt mintákat 10 ml, 2 M KCl-oldattal 30 percig ráztuk. Az oldatot azután 42 µm-es szűrőpapíron (Millipore) átszűrtük. Az így kapott oldat antron-reaktív nitrogéntartalmát fotométerrel, 620 nm hullámhosszúságon mértük. A mikrobiális biomassza értékét az antron-reaktív nitrogén 3,1-szerese adta.

A mikorrhiza gomba gyökérkolonizációjának megállapításához a gyökereket óvatosan csapvízzel mostuk, közel egy centiméteres darabokra vágtuk, és az így előkészített gyökérminta egy részét 70 %-os alkoholba helyeztük. A kolonizáció mértékét a gyökérszövet tripánkékes festése után GIOVANNETTI és MOSSE (1980) látótér-mezőbeosztásos módszere alapján végeztük. Minden egyes növény minta hajszálgököreibe az arbuszkulumok száma alapján határoztuk meg a gyökérkolonizáció százalékos arányát.

Az externális hifamennyiség agarfilm-módszerrel történő meghatározása BAATH és SÖDERSTRÖM (1979), céljainknak megfelelően módosított eljárása alapján történt. Egy gramm talajmintát 20–25 ml desztillált vízzel alaposan összeráztunk, majd az oldatot 100 ml-re egészítettük ki. Kézi mixer segítségével a szuszpenziót 5 s-ig kevertük, majd 20 s várakozási idő után a felső 70–80 ml oldatot szitasorozatra (65 μm –2 mm) öntöttük. A szitasorozatot vízzel többször átöblítettük, majd a 65 μm pórusméretű szűrőről a hifákat tartalmazó 5–10 ml oldatot petricsészébe öntöttük. 1 %-os agar és 0,05 %-os tripánkék oldat 10 ml-nyi mennyiségét a szuszpenzióba kevertük, a mikorrhiza gomba külső hifahálózatának könnyebb azonosítása céljából. A hifa hosszának mérését az agar megszilárdulása után TENNANT (1975) gyökérhossz-mérésre kifejlesztett útmutatása alapján, sztereomikroszkóp segítségével végeztük.

Az arbuskuláris mikorrhiza gomba spóráinak mennyiségi és minőségi vizsgálatára nedves szitálásos frakcionálást (GERDEMANN & NICHOLSON, 1963) alkalmaztunk, az eljárást vizsgálati céljainknak megfelelően módosítva. 50 g talajt egy 1000 ml-es lombikban 500 ml csapvízben 10–15 s-ig kevertünk, majd a durva részecskék üleptése miatt 15–20 s-ig állni hagytuk. A talaj-víz keveréket szitasorozaton (200, 160, 63 μm pórusméretek) mostuk. A fenti lépéseket négyszer megismételtük, hogy a talajban lévő spórák többségét kinyerjük. A különböző pórusméretű szitán fennmaradó frakciókat külön-külön mérőhengerbe átmostuk, majd a vizes szuszpenziót 100 ml-es centrifugacsövekben 3000 rpm fordulatszám mellett (1000 g) 5 percig centrifugáltuk. A felülúszót elöntöttük, a csöveket 30 %-os szacharózzal feltöltöttük. A szuszpenziót felkeverés után 3000 rpm-en 2 percig centrifugáltuk. A spórákat tartalmazó felülúszót többször desztillált vízzel mostuk, majd sztereomikroszkóp segítségével vizsgáltuk.

A talaj összcsíraszámának meghatározása speciális táptalajon, szélesztéses módszerrel történt. Az összcsíraszám mérésére 3 %-os tripton-szója agart (MARTIN, 1950) használtunk.

A fonálférgeket 2 cm belső átmérőjű talajfúróval gyűjtöttük a talaj felső 10 cm-éből. Az állatokat 300 g-nyi talajból nyertük ki a S'JACOB és VAN BEZOOIJEN (1984) által módosított Cobb-féle szitasorozatos módszert alkalmazva. A fonálférgek számát mikroszkóp alatt állapítottuk meg, majd a mintákat 80–90 °C-os forró formalinban (cc. 8 %) fixáltuk és így tároltuk. A denzitást száraz talajra átszámítva adjuk meg.

A variancia-analíziseket (egyutas ANOVA) Microsoft Excel programcsomaggal végeztük. A Maturity Index (MI) értékeit és a Plant Parasite Index-et (PPI) BONGERS (1990) szerint számoltuk. A szignifikáns különbség határát minden esetben $P < 0,05$ valószínűségi szinten közöljük.

Eredmények

Az alkalmazott kísérleti elrendezés segítségével sikeresen változtattuk a talajnak a mikorrhiza szempontjából egyik legfontosabb abiotikus paraméterét, a közeg nedvességtartalmát. A fedetlen parcellák 112,9 mm természetes csapadékot kaptak a vizsgálati időszak alatt, a fedettekre eső nem esett. A parcellák talajának hőmérséklete megegyező trend szerint változott mindegyik kezelésben, mindegyik talajmélységben és egyforma volt mindkét növénykultúrában. Az egyes kezelések talajhőmérsékletének különbsége a kukoricában egyetlen mérési alkalommal sem volt több, mint 1 °C, a gyeppen pedig 2 °C. A N-műtrágyázás hatása jelentkezett a célparaméterek változásaiban. A talaj C-, N- és P-tartalma csökkent, a gypé viszont nőtt a kísérlet ideje alatt (1. táblázat). A ku-

1. táblázat

A kukorica és a gyp talajának C-, N- és P-tartalma, valamint a növényi biomasza a kísérlet kezdetekor, illetve a kísérlet végén

(1) Paraméter	(2) Parcellák				
	KK/KG	K	F	FM	M
<i>A. Kukorica</i>					
a) C-tartalom, %	1,71	1,52	1,47	1,51	1,49
b) N-tartalom, %	0,169	0,151	0,140	0,145	0,146
c) P-tartalom, ppm	712	542	580	645	671
d) Biomassza, g	0	1630	610	710	1080
<i>B. Gyp</i>					
a) C-tartalom, %	1,41	1,71	1,68	2,03	1,76
b) N-tartalom, %	0,137	0,154	0,147	0,190	0,164
c) P-tartalom, ppm	397	531	399	381	348
d) Biomassza, g	n.a.	370	200	440	400

Megjegyzés: A kukorica (KK) és a gyp (KG) talajának mért adatai a kísérlet kezdetén, valamint a kísérlet végén a kontroll- (K), a fedett (F), a fedett és műtrágyázott (FM), valamint a fedetlen, műtrágyázott (M) parcellákon. n.a.: nincs adat.

2. táblázat

A különböző kezelésben részesült parcellák mikrobiális biomaszája ($\mu\text{g N/g}$ száraz talaj) a kísérlet végén

(1) Növény	(2) Parcellák			
	K	F	FM	M
a) Kukorica	205,0 ^a	237,5 ^a	187,5 ^a	225,0 ^a
b) Gyp	522,0 ^b	483,5 ^b	540,0 ^b	420,0 ^b

Megjegyzés: Két érték akkor különbözik szignifikánsan egymástól, ha a betűjelölésük között nincs azonos betű. Parcellák: lásd 1. táblázat

korica biomasszáját a csapadék hiánya csökkentette, a fedett parcellák biomasszája kisebb volt, mint a fedetleneké. A gyepek esetében viszont azokon a parcellákon mértük a legnagyobb biomasszát a kísérlet végén, amelyek N-műtrágyát kaptak (1. táblázat). A mikrobiális biomassza nem változott a kezelések hatására, de a kukoricában a kísérlet kezdetétől szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a gyepeken (2. táblázat).

A kukorica és a gyepek természetes AM gomba közössége eltérő módon reagált a szárazságra és N-műtrágyázásra. Kukoricában az összcsíraszám a fedett, műtrágya nélküli és a fedetlen, műtrágyázott parcellákon szignifikánsan megnőtt (3. táblázat). Az AM spóraszám a kontrollhoz képest nem változott, de a fedett, nem műtrágyázott parcella spóraszám szignifikánsan alacsonyabbnak bizonyult, a másik két kezelt parcellához viszonyítva. Ugyanakkor ezen a parcellán a kolonizáció mértéke szignifikánsan nagyobb volt az összes többi parcellához képest. A hifahossz mindkét kezeléstípus hatására megnövekedett, de a növekedés csak a fedett, műtrágyázott parcellán volt szignifikáns a kontrollhoz képest.

Gyepen sem az összcsíraszám, sem az AM gomba hifahossza nem változott a kezelések hatására (3. táblázat). A mikorrhiza gomba spóraszám a fedett, nem műtrágyázott parcellán szignifikánsan alacsonyabb, a fedett, műtrágyázott parcellán pedig magasabb volt, mint a kontrollon. A kolonizáció mértéke a műtrágyázott parcellákon alacsonyabb értékeket mutatott, mint a műtrágyázásban nem részesült parcellákon.

Az AM spóraszám és a gyökérekolonizáció mértéke között mindkét növénykultúrában szignifikáns, negatív korreláció állt fenn.

3. táblázat

Mikorrhiza paraméterek kukorica és gyepek talajában a különböző kezelésekben részesült parcellákon a kísérlet végén

(1) Mikorrhiza paraméter	(2) Parcellák			
	K	F	FM	M
<i>A. Kukorica</i>				
a) Összcsíraszám (db x 10 ⁶ /g talaj)	66,0 ^a	140,0 ^{bc}	73,0 ^{ab}	160,0 ^c
b) AM spóra (db/10 g talaj)	63,3 ^{abc}	43,3 ^a	90,7 ^{bc}	107,7 ^c
c) Hifahossz (mm/g talaj)	24,0 ^a	41,0 ^{ab}	48,7 ^b	40,3 ^{ab}
d) Kolonizáció (%)	35,1 ^a	49,5 ^b	30,0 ^a	29,5 ^a
<i>B. Gyepek</i>				
a) Összcsíraszám (db x 10 ⁶ /g talaj)	5,2 ^a	7,3 ^a	20,0 ^a	7,2 ^a
b) AM spóra (db/10 g talaj)	189,7 ^a	92,0 ^b	275,0 ^c	222,0 ^a
c) Hifahossz (mm/g talaj)	31,0 ^a	17,3 ^a	35,0 ^a	38,0 ^a
d) Kolonizáció (%)	39,7 ^{ab}	44,1 ^b	28,3 ^c	33,9 ^{ac}

Megjegyzés: Egy soron belül két érték akkor különbözik szignifikánsan egymástól, ha a betűjelölésük között nincs azonos betű. Parcellák: lásd 1. táblázat

A fonálféreg sűrűsége a kukoricában és a gyepen is emelkedett a kísérlet ideje alatt. A növekedés különösen a gyepen kifejezett (4. táblázat). A gyepen a *Filenchus* növényparazita fonálféreg elszaporodása okozta a létszámnövekedést. A fonálféreg fajegyüttesek összetettségét kifejező MI értéke hasonló módon változott a kezelések hatására a kukoricában és a gyepen. A legmagasabb MI értékeket a kontroll- és a fedetlen, műtrágyázott parcellákon mértük. A szárazság csökkentette a fajegyüttesek összetettségének (diverzitásának) mértékét. Ezt a ténytet nem lehet összefüggésbe hozni a növényparazita, vagy a gombaevő fajok elszaporodásával.

A kukoricában a száraz parcellákon a növények C:N aránya nagyobb, a N:P aránya ezzel szemben alacsonyabb volt, mint a nedves parcellákon (5. táblázat). A gyepen ezzel szemben a nem műtrágyázott parcellák növényeinek C:N aránya felülmúlta a műtrágyázottakét, viszont a növények N:P aránya lényegesen alacsonyabb volt a nem műtrágyázott parcellákon.

4. táblázat

A Nematoda fajegyüttesek változásai a kezelések hatására kukoricában és gyepen a kísérlet kezdetekor (KK), illetve a kísérlet végén a különböző kezelésben részesült parcellákon

(1) Paraméter	(2) Parcellák				
	KK	K	F	FM	M
<i>A. Kukorica</i>					
a) Összes fonálféreg (db/100 g talaj)	855	944	2484	1702	917
Maturity Index	2,02	2,66	2,06	1,97	2,69
Plant Parasite Index	2,21	2,19	2,30	2,03	2,28
<i>B. Gyep</i>					
a) Összes fonálféreg (db/100 g talaj)	917	9629	6040	4295	5860
Maturity Index	2,31	3,05	2,89	2,32	2,93
Plant Parasite Index	2,03	2,04	2,06	2,18	2,03

Parcellák: lásd 1. táblázat

5. táblázat

A növények C:N és N:P aránya a kísérlet végén a különböző kezelésben részesült parcellákon

	(1) Kukorica				(2) Gyep			
	K	F	FM	M	K	F	FM	M
C:N arány	19,0	26,5	22,0	17,3	33,2	57,6	29,0	24,3
N:C arány	5,0	4,2	4,5	6,9	5,3	7,0	13,0	12,0

Parcellák: lásd 1. táblázat

Az eredmények értékelése

A két vizsgált növénykultúrában eltérő következményei voltak a szárazságnak és a műtrágyázásnak, bár a kísérleti parcellák egymás mellett helyezkedtek el és így a talajviszonyok és a meteorológiai hatások nem tértek el egymástól. A mért eltérések a növények biológiai különbségeinek, valamint az eltérő AM gomba populációnak tudhatók be (MICHEL-ROSALES & VALDES, 1996; RUIZ-LOZANO et al., 1995; VÉGH, 1992).

A kukoricában világos és egyértelmű volt a reakció a szárazság hatására. A száraz parcellán megnövekedett gyökérkolonizáció, valamint a száraz és műtrágyázott parcellán mért nagyobb hifahossz érték arra mutat, hogy a növények a mikorrhiza kapcsolat növelésével igyekeztek a víz és a tápanyagok felvételére szolgáló rendszerük nagyságát növelni. Ez a jelenség az irodalomban általánosan ismert (POSTA, 1997; STEVENS & PETERSON, 1996). A nagyobb mértékű szimbiózis a kukorica elemösszetételében is megnyilvánult. A kukoricánövények kevés nitrogént tudtak felvenni, a C:N arányuk növekedett, kisebb mértékben a műtrágyázott, nagyobb mértékben a nem műtrágyázott parcellán. Viszont a száraz parcellák növényeinek N:P aránya csökkent a nedves parcellák növényeihez viszonyítva. Itt a szárazság hatására történő, a vízfelvétel növekedésével együtt járó fokozott P-felvételről lehetett szó, hasonlóan BOLAN és munkatársai (1987), valamint FITTER (1988) eredményéhez. Eredményeink azonban nem laboratóriumi, hanem terepkísérlet adataira támaszkodnak. Mindezek ellenére a mikorrhiza nem tudta kompenzálni a víz hiányát és a kukoricánövények biomasszája a száraz parcellákon jóval a másik két nedves parcella biomasszája alatt maradt.

A kísérlet beállítása természetes körülmények között történt, ami a mikorrhiza gomba nélküli növények kontrollként történő beállítását nem tette lehetővé. Mindez magyarázza, hogy a kontrollként kezelt, de mikorrhiza kapcsolatot létesítő kukorica száraztömegében, a szárazság által előidézett redukciót a gyökérkolonizáció mértékének, valamint az AM gomba externális hifahálózatnak a növekedése sem tudta kompenzálni. Mindemellett számos irodalmi adatot találunk arra vonatkozóan, hogy azonos növényfajok, eltérő genotípusai különböznek a szárazságtűrő képességben, melyek az eltérő mikorrhiza-függőségben és externális hifahosszváltozásban is megnyilvánulnak (SUBRAMANIAN & CHAREST, 1997; AL-KARAKI & AL-RADDAD, 1997).

BETHLENFALVAY és munkatársai (1999) eredményéhez hasonlóan nem kaptunk szoros összefüggést az AM gombák hifahossza, a baktériumszám és nematodaszám között normál körülmények között és N-trágyázás hatására, de a szárazság által előidézett hifahossznövekedés kapcsolatba hozható a nagyobb fonálféreg denzitással, hiszen a gombaevő Aphelenchus-ok száma nőtt meg a száraz parcellákon. A fonálféreg általában csökkenti a mikorrhiza hatékonyságát a növények ásványos táplálkozásában (INGHAM et al., 1985), de ATILANO és munkatársai (1981) is a jelen kísérletben tapasztalt eredményeket kapták.

Az eredmények értékelését megnehezíti az a tény, hogy a gyepen nem egy növényfaj, hanem egy társulás növényfajainak mikorrhiza gomba populációi vannak jelen. A mikorrhiza szimbiózis jelenlétét mutató spóraszám, hifahossz szezonális eltérése mellett ismert még a virágzást, valamint több mikotróf fajt befolyásoló hatása is.

Az AM gomba externális hifahálózatának felülete a kezelések hatására nem változott jelentősen. Így a műtrágyázott parcellák alacsonyabb C:N aránya és magasabb N:P aránya a gyökereken, és nem a mikorrhizán keresztül felvett nitrogén következménye. Figyelembe kell még venni a szimbiota gombapartner tápelemfelvételt elősegítő, eltérő képességeit is. TOBAR és munkatársai (1994) eredményei alapján ismert, hogy a *Glomus mosseae* a N-, a *G. fasciculatum* pedig a P-felvételre gyakorol erőteljesebb hatást száraz talajviszonyok között.

Összefoglalás

A szárazság és a N-műtrágyázás hatását vizsgáltuk kukorica és gyepter-mészetes endomikorrhiza kapcsolatára, valamint a szabadonélő fonálféregre szántóföldi kispácellás kísérletben. Kísérletünk eredményei szerint a kukorica szárazság hatására a mikorrhiza szimbiózis megerősödésével segíti elő a víz- és tápanyagfelvételt. Ennek ellenére a növények fejlődése száraz körülmények között visszamaradt és a száraz parcellákon nőtt kukorica-biomassza jóval a nedves parcellák biomasszája alatt maradt. A gyepen ezzel szemben jelen kísérleti körülmények között a műtrágyázás sokkal fontosabb tényezőnek bizonyult. Kompenzálta a vízhiányt, így a műtrágyázott parcellák biomasszája nagyobb volt, mint a műtrágyázatlanoké. A száraz, műtrágyázott parcella biomasszája több, mint kétszerese volt a száraz, nem műtrágyázottéknak. A nagyobb fonálféreg-denzitás valószínűleg a szárazság által előidézett hifahossz növekedéssel hozható kapcsolatba. A műtrágyázott parcellák alacsonyabb C:N és magasabb N:P aránya a gyökereken, és nem a mikorrhizán keresztül felvett nitrogén következménye.

A kutatás az OTKA TO 22777 számú pályázat támogatásával folyt.

Irodalom

- ÁNGYÁN J., et al., 1997. Alkamazkodó növénytermesztés, ésszerű környezetgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.
- AL-KARAKI, G. N. & AL-RADDAD, A., Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Mycorrhiza*. 7. 83–88.
- AMATO, M. & LADD, J. N., 1988. Assay for microbial biomass based on ninhydrin-reactive N in extracts of fumigated soils. *Soil Biol. Biochemistry*. 20. 107–114.

- ATILANO, R. A., MENGE, J. A. & VAN GUNDY, S. D., 1981. Interaction between *Meloidogyne arenaria* and *Glomus fasciculatus* in grape. *J. Nematology*. **13**. 52–57.
- BENKISER, G. (Ed.) 1997. *Fauna in Soil Ecosystems: Recycling Processes, Nutrient Fluxes and Agricultural Production*. M. Dekker Inc. New York.
- BETHLENFALVAY, G. J., 1992. Mycorrhizae in the agricultural plant-soil system. *Symbiosis*. **14**. 413–425.
- BETHLENFALVAY, G. J. & SCHÜEPP, H., 1994. Arbuscular mycorrhizas and agrosystem stability. In *Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems*. (Eds.: GIANINAZZI, S. & SCHÜEPP, H.) 117–133. Birkhäuser Verlag. Basel.
- BETHLENFALVAY, G. J. et al., 1988. Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to water use and phosphate uptake. *Physiol. Plant*. **72**. 565–571.
- BETHLENFALVAY, G. J. et al., 1999. Relationships between soil aggregation and mycorrhizae as influenced by soil biota and nitrogen nutrition. *Biol. Fert. Soils*. **28**. 356–363.
- BIRÓ, B. et al., 1993. Symbiont effect of rhizobium bacteria and VAM fungi on *Pisum sativum* in recultivated mine spoils. *Geomicrobiol. J.* **11**. 275–284.
- BOLAN, N. S., ROBSON, A. D. & BARROW, N. J., 1987. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhiza on the availability of iron phosphates to plants. *Plant and Soil*. **22**. 401–410.
- BONGERS, A. M. T., 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*. **83**. 14–19.
- EK, H. et al., 1994. Extramatrical mycelial growth, biomass allocation and nitrogen uptake in ectomycorrhizal systems in response to collembolan grazing. *Appl. Soil Ecol.* **1**. 155–169.
- FABER, B. A., ZASOSKI, R. J. & MUNNS, D. N., 1991. A method for measuring hyphal nutrient and water uptake in mycorrhizal plants. *Can. J. Bot.* **69**. 87–94.
- FINLAY, R. D., 1985. Interactions between soil micro-arthropods and endomycorrhizal associations of higher plants. In *Ecological Interactions in Soil*. (Eds.: FITTER, A. H. et al.) 319–331. Blackwell. Oxford.
- FITTER, A. H., 1988. Water relations of red clover *Trifolium pratense* L. as affected by VA mycorrhizal infection and phosphorus supply before and during drought. *J. Exp. Bot.* **39**. 595–603.
- FITTER, A. H. & GARBAYE, J., 1994. Interactions between mycorrhizal fungi and other soil organisms. *Plant and Soil*. **159**. 123–132.
- GEORGE, E. et al., 1992. Contribution of mycorrhizal hyphae to nutrient and water uptake of plants. In: *Mycorrhizas in Ecosystems* (Eds.: READ, D. J. et al.) 42–47. CAB International. Cambridge.
- GERDEMANN, J. H. & NICHOLSON, T. H., 1963. Spores of mycorrhizal endogene species extracted from soil by wet-sieving and decanting. *Trans. British Mycological Soc.* **46**. 235–244.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B., 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* **84**. 489–500.

- GRANDISON, G. S. & COOPER, K. M., 1986. Interaction of vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultivars of alfalfa susceptible and resistant *Meloidogyne hapla*. *J. Nematology*. 18. 141–154.
- HARRIS, K. K. & BOERNER, R. E. J., 1990. Effects of belowground grazing by collembola on growth, mycorrhizal infection and P uptake of *Geranium robertianum*. *Plant and Soil*. 129. 203–210.
- INGHAM, R. E. et al., 1985. Interactions of bacteria, fungi and their nematode grazers: Effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological Monographs*. 55. 119–140.
- KILLHAM, K., 1994. *Soil Ecology*. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- MARSCHNER, H. & DELL, B., 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*. 159. 89–102.
- MARTIN, J. P., 1950. Use acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Sci*. 69. 215–233.
- MCGONIGLE, T. P., 1995. The significance of grazing on fungi in nutrient cycling. *Can. J. Bot.* 73. (Suppl. 1.) 1370–1376.
- MICHEL-ROSALES, A. & VALDES, M., 1996. Arbuscular mycorrhizal colonization of lime in different agroecosystems of the dry tropics. *Mycorrhiza*. 6. 105–109.
- POSTA K., 1997. Az endomikorhiza szerepe a környezeti stresszhatások kivédésében. *Agrokémia és Talajtan*. 46. 359–370.
- RUIZLOZANO, J. M., AZCON, R. & GOMEZ, M., 1995. Effects of arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species on drought tolerance physiological and nutritional plant responses. *Appl. Environmental Microbiology*. 61. 456–460.
- S'JACOB, J. J. & VAN BEZOOIJEN, J., 1984. *A Manual for Practical Work in Nematology*. Wageningen Agricultural University Department of Nematology.
- SYLVIA, D. M. et al., 1993. Field response of maize to a VAM fungus and water management. *Agron. J.* 85. 193–198.
- SUBRAMANIA, K. S. & CHAREST, C., 1997. Nutritional, growth, and reproductive response of maize (*Zea mays* L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling. *Mycorrhiza*. 7. 25–32.
- STEVENS, J. K. & PETERSON, R. L., 1996. The effect of a water gradient on the vesicular-arbuscular mycorrhizal status of *Lythrum salicaria* L. (purple loosestrife). *Mycorrhiza*. 6. 99–104.
- TENNANT, D., 1975. A test of modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology*. 63. 995–1001.
- TOBAR, R. M., AZCON, R. & BAREA, J. M., 1994. The improvement of plant N acquisition from an ammonium-treated, drought-stressed soil by the fungal symbiont in arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza*. 4. 105–108.
- VÉGH, K. R., 1992. Root growth and nutrient uptake in drying soils. Proc. 2nd ESA Congress, Warwick Univ. U.K. 310–312.

Érkezett: 2000. március 16.

Effect of Drought and Nitrogen Fertilization on the Endomycorrhiza of Maize and Grass Species and on Soil Nematodes

¹G. BAKONYI, ²K. POSTA, ¹P. NAGY, ¹M. FÁBIÁN, ¹I. KISS and ³J. N. NOSEK

¹Department of Zoology and Ecology, Szent István University, Gödöllő, ²Department of Microbiology, Szent István University, Gödöllő and ³Research Institute for Ecology and Botany of the Hungarian Academy of Sciences, Vácrátót (Hungary)

Summary

The effects of drought and N fertilization on the mycorrhiza of maize and grass species were investigated in a field microplot experiment. Changes in soil nematode associations due to the treatments were also studied. Two microplots were covered to eliminate rainfall and two received 100 kg N/ha. In this way four treatments were set up as follows: control (wet unfertilized), dry unfertilized, dry fertilized, wet fertilized.

Maize and grass were found to have markedly different reactions to drought and N supply. In the soil of the maize plots clear mycorrhiza reactions were observed. A lower number of spores and higher colonization were found on the dry unfertilized plot. On the dry fertilized plot hyphal length was greater. This finding indicates a clear response of mycorrhiza to drought in order to compensate for water deficiency. The response, however, was not enough to compensate for the eliminated rainfall. Maize biomass on the dry plots remained lower compared to the wet plots. In contrast to maize, fertilization was found to be more important on the grass plots. The number of spores was lower on the dry unfertilized plot and higher on the dry fertilized plot than on the control plot. Colonization was higher on both fertilized plots. As a result higher biomass was found on the fertilized plots compared to the unfertilized ones. The biomass of the dry fertilized plot was more than twice as high as the biomass of the dry unfertilized plot.

Table 1. C, N and P contents of the maize (A) and grass (B) soils and the plant biomass at the beginning and end of the experiment. (1) Parameter. a) C content, %; b) N content, %; c) P content, ppm; d) Biomass, g. (2) Plots. Note: Data measured in the soil of maize (KK) and grass (KG) at the beginning, and at the end of the experiment on control (K), covered (F), covered and fertilized (FM) and uncovered, fertilized (M) plots. n.a.: no data available.

Table 2. Microbial biomass ($\mu\text{g N/g}$ dry soil) at the end of the experiment on plots given various treatments. (1) Plant. a) Maize; b) Grass. (2) Plots. Note: Values differ significantly from each other if they are not designated by the same letter.

Table 3. Mycorrhiza parameters in maize and grass soil at the end of the experiment on plots given various treatments. (1) Mycorrhiza parameter. a) Total germ number, $\times 10^6/\text{g}$ soil; b) AM spores/10 g soil; c) Hyphal length, mm/g soil; d) Colonization, %. (2) Plots. A. Maize. B. Grass. Note: see Table 2.

Table 4. Changes in Nematode species associations as the result of the treatments in maize (A) and grass (B) at the beginning (KK) and at the end of the experiment in plots given different treatments. (1) Parameter. a) Total nematodes/100 g soil. (2) Plots. Note: see Table 1.

Table 5. C:N and N:P ratios of the plants at the end of the experiment on plots given various treatments. (1) Maize. (2) Grass. Plots: see Table 1.