

## A mezőgazdasági növények vesicularis-arbuscularis mikorrhizája a Szovjetunió gyepes podzol talajaiban

A magasabb rendű növényekkel szimbiotikus együttélést kialakító vesicularis-arbuscularis típusú mikorrhiza gombák széles körben elterjedtek a természetben. Ezek az endomikorrhiza gombák gyakorlatilag valamennyi talaj és éghajlati körülmény között megtalálhatók, s igen sok mezőgazdasági növényvel, közülük a pillangósokkal és pázsitfűfélékkel, alakítanak ki szimbiózist.

Az ektomikorrhizától eltérően az endomikorrhiza nem képez tömött micéliumhüvelyt a gyökerek felszínén, s elsősorban a háncsrétegben növekszik. A vesicularis-arbuscularis mikorrhiza gombák legfontosabb diagnosztikai bélyege, vesiculumok és arbusculumok képzése, valamint micéliumok előfordulása a gyökér háncsrétegében.

A gyökér felszínén vastag micéliumból ritka, hálószerű bevonat képződik, s a hifák végén óriási nyugvó spórák alakulnak ki. Rendszerezésük alapjául morfológiai sajátosságaik szolgálnak. Az endomikorrhiza gombákat az *Endogonaceae* családhoz sorolják. Ezen utóbbihoz csupán az *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis* nemzetség tartozik.

Hosszú időn keresztül az ektomikorrhiza gombák tanulmányozását részesítették előnyben a kutatók, s így az endomikorrhiza gombákkal kapcsolatban kevés irodalmi forrásmunka jelent meg. Ez mindenekelőtt módszertani nehézségekből következett, mivel az endomikorrhiza gombák, lévén obligát szimbioták, mesterséges táptalajon nem növekednek. Az endomikorrhiza gombák iránt MOSSE (1957) felfedezését követően nyilvánult meg széles körű érdeklődés, aki kimutatta, hogy ezek a gombák fokozzák a növények P-felvételét. Ebben az irányban az utóbbi időben szélesedtek a kutatások (HAYMAN, 1978; MOSSE et al., 1981; stb.)

A legutóbbi időig elsősorban a nitrogén volt minimumban a talajokban, ma már azonban a P-hiány mutatkozik jelentősebbnek. A N-tartalmak a természetben gyakorlatilag végtelenek, ugyanakkor a P-lelőhelyek meglehetősen korlátozottak. A nitrogéntől és más makroelemektől eltérően, a foszfornak nincsenek gázalakú vegyületei, s ezért egyirányúan mozog, bemosódik a tengerekbe. A felhasznált P-műtrágyák hasznosulási koefficiense nem haladja meg a 25%-ot, túlnyomó részük megkötődik a talajban, s átalakul a növények számára nehezen hasznosuló vegyületekké. Számos vizsgálat igazolta, hogy a talaj beoltása endofita gombákkal jelentősen növeli a P-felvételt és -felhalmozódást a növényekben (BORIE és BAREA, 1981).

SZELIVANOV (1981) munkái bebizonyították az endomikorrhiza széles körű elterjedését a Szovjetunió talajaiban. Az endomikorrhiza gombák szerepének vizsgálata a növények P-táplálkozásában és hatásuk a mezőgazdasági növények terméshozamára a Szovjetunióban az 1970-es évek végén kezdődött a VASZHNIL Össz-szövetségi Mezőgazdasági Mikrobiológiai Intézetében, Leningrádban. Feladatunkat képezte egyrészt a talajokban előforduló endofiták hatásának megismerése a mezőgazdasági növények növekedésére, másrészt az endofita gombák gyakorlati hasznosítási lehetőségeinek kutatása, elsősorban a rekultivációs területeken. E célból tanulmányoztuk az endomikorrhiza gombák elterjedését a Szovjetunió északnyugati zónájának gyepes podzol talajaiban. Vizsgáltuk továbbá a helyi törzsek taxonómiáját és tenyészedény-

kísérletekben ellenőriztük hatásukat néhány mezőgazdasági növényre. Összehasonlítás céljából két endofita fajt, a *Glomus mosseae* (spóratípus YV) és *Gl. fasciculatum* (spóratípus E<sub>3</sub>) használtunk fel, amelyeket D. HAYMANTÓL, a rothamstedti Mezőgazdasági Kísérleti Intézet kutatójától kaptunk.

### Anyag és módszer

Munkánk során a leningrádi terület gyepes podzol talajának két különböző változatával végeztünk kísérleteket:

1. gyepes, gyengén podzolos könnyű vályog (felvehető P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalom: 2,3 mg/g talaj),
2. gyepes, közepesen podzolos nehéz vályog (felvehető P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalom: 29,5 mg/g talaj).

Az első talaj ugar volt, növényzete különböző természetes fűfélékből tevődött össze, a második művelésbe vont talaj, számoáültetvényel. A talajmintákat októberben gyűjtöttük be a növények gyökérszónájából. Az endomikorrhiza gombák spóráit GERDEMANN-féle (1955) nedves szitálás módszerével különítettük el. A gombaspórák morfológiáját fénymikroszkóppal és GsM-200 típusú Scanning elektronmikroszkóppal vizsgáltuk (TRAPPE és SCHENCK, 1982). A spóra típusát MOSSE és BOWEN (1968) határozókulcsa alapján állapítottuk meg. A gombák géniuszig történő identifikációját GERDEMANN és TRAPPE (1974) módszerkönyve alapján végeztük.

A kinyert spórákból tenyészedényben nevelt növények gyökérzetén tenyésztettük ki az endofitákat MOSSE (1953) módszerével. A tenyészedény-kísérletben részben az endomikorrhiza gombák két, Angliából kapott típusos kultúráját, a *Glomus mosseae* YV és a *Gl. fasciculatum* E<sub>3</sub> tenyészeteket alkalmaztuk, részben pedig a gyepes podzol talajokból általunk kinyert törzseket *Glomus* sp.-1, *Glomus* sp.-2 és *Glomus* sp.-3-t. Oltóanyagként talaj és felaprított zabgyökér keveréket használtunk, amely tartalmazta a vizsgált endofitatorzset. A kontroll nem tartalmazott mikorrhiza gombát. A tenyészedényben levő talajhoz, illetve a talajhoz kevert bányászati hányóföldhöz 50 g oltóanyagot vittünk be.

Az első kísérletben 1,1 kg abszolút száraz, előzőleg sterilizált, gyengén podzolos könnyű vályogtalajt mértünk 1—1 tenyészedénybe. A talaj 2,35 mg felvehető foszfort, 0,18% összes nitrogént és 3% humuszt tartalmazott, meszesítés utáni pH-ja 6,6-ig emelkedett. A trikalcium-foszfátot részben jelzés nélkül, részben izotópindikációval (<sup>33</sup>P 740 kbc) alkalmaztuk, 0,1 g jelzett P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ot számítva 1 kg talajra.

A második kísérletnél ugyanezt a talajt használtuk fel, azonban nem sterilizáltuk és meszet sem adtunk hozzá. Egy tenyészedény 3 kg talajt tartalmazott.

A harmadik tenyészedény-kísérletben művelés alatt álló közepesen podzolos nehéz vályogtalajt használtunk. Ennek humusztartalma 3,5%, összes N-tartalma 0,19% volt, a felvehető P-mennyisége 74 mg/100 g talaj, pH 6,0. A tenyészedényekbe zabot vetettünk.

A negyedik tenyészedény-kísérletben Moszkva környéki külfejtéses barnaszénbányatelepről hányóföldkeveréket vittünk be a rekultivációt követően. A hányóföldkeveréket a Földtani Tudományos Kutató Intézet kísérleti parcelláiról gyűjtöttük be május hónapban.

A kísérleti parcellák talajának rekultivációja az alábbi módszerekkel történt:

1. A nyershányó felületére 15 cm vastagságban meszes vályogtalajt terítettek, majd annak a felszínére 40 cm vastagságban csernozjom talajt (pH 7,0; felvehető P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalom 13,3 mg/100 g talaj) vittek.

2. A nyershányó felszínére 60 cm vastagságban a hányóföldnek meszes vályoggal 3 : 1 arányban készített keveréke került (pH (H<sub>2</sub>O) 6,3; felvehető P: 16,7 mg/100 g hányókeverék). A kísérletben sterilizált és nem steril hányóföldkeverék variánsokat alkalmaztunk. A kísérletet 1,5 kg-os tenyészedényben folytattuk le bükköny- és árpanövényekkel. A bükköny magvakat *Rhizobium leguminosarum* gümöbaktériummal is beoltottuk NOVIKOVA és AFANASZJEVA (1981) módszerével.

A kísérleti edények négy ismétlésben kerültek beállításra. A magvakat vetés előtt 0,1%-os szublimátoldattal kezeltük 10 percen át. Az első és negyedik kezelésnél 5—5 növényt neveltünk fel, a második és harmadik variánsnál 10—10 növényt. A tenyészedényben a nedvességet a maximális vízkapacitás 60%-ának megfelelő szinten tartottuk. A zab- és árpanövényeket teljes érésig neveltük fel, míg a búkkönyt zölden vágtuk le. A kísérlet befejezésekor az árpánál és zabnál magtermést, a búkkönynél pedig zöldtömeget mértünk. Meghatároztuk továbbá a növények P-tartalmát, valamint a mikorrhizas fertőzés gyakoriságát %-ban, SZELIVANOV (1976) módszerével. A magvak P-tartalmát Truoga-Meyer módszerével mutattuk ki (GINZBURG, 1975).

A mikorrhiza fertőzés gyakoriságának mutatója számszerű értékeket ad az endomikorrhiza gombák fejlődéséről a növények gyökérzetén és tükrözi az arányt a mikorrhizas és steril gyökérrészek között. Ez a mutató az  $n/N \cdot 100\%$  képlettel számítható ki, ahol az  $N$  a mikroszkóppal vizsgált összes látómezők száma, az  $n$  pedig azoknak a látómezőknek a száma, ahol endomikorrhiza micéliumok voltak láthatók. Minden növénynél 20 cm gyökérfelületet mikroszkopizáltunk a másod- és harmadrendű gyökerek közül 200 látómező adatai alapján (KRJUGER et al., 1968).

### Eredmények

A zab-, árpa-, búza-, kukorica- és borsóföldeken végzett megfigyeléseink igazolták az *Endogonaceae* családhoz tartozó endomikorrhiza gombák növekedését a természetben kultúrák gyökérzetén. A mikorrhizas fertőzés előfordulási gyakorisága az árpagyökereken a bokrosodás fázisában elérte a 80,5%-ot (MUROMCEV et al., 1981).

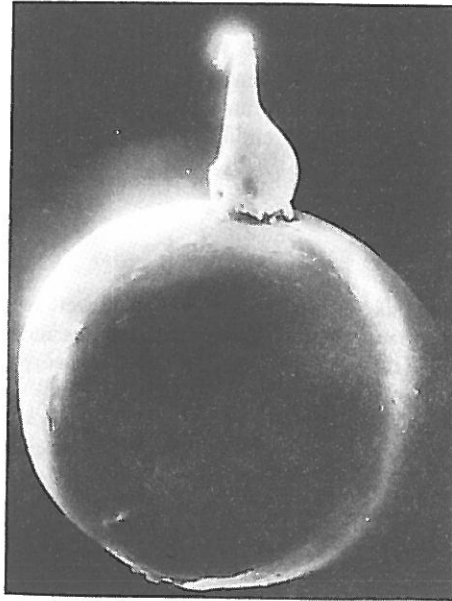
Munkánk további részében meghatároztuk az *Endogonaceae* családhoz tartozó endofiták számát a kísérletbe vont két eltérő sajátosságú Leningrád-környéki gypes podzol talajban. A gypes, gyengén podzolos könnyű vályogtalaj 100 g-jában 394 endofita spórát számoltunk meg, amelyek a *Glomus*, *Gigaspora* és *Sclerocystis* nemzetségek eltérő morfológiai típusaiból tevődtek össze (1., 2., 3. és 4. ábra). A gypes, közepesen podzolos nehéz vályogtalaj jóval kevesebb endomikorrhiza spórát tartalmazott (1. táblázat). A szamócaparcellából

#### 1. táblázat

Az endomikorrhiza gombák spóráinak száma ( $d > 100 \mu$ ) és összetétele a Leningrádi Terület gypes podzol talajaiban

Talajok	Növényzet	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g talaj	A spórák száma 100 g légszáraz talajban	A spórák morfo- lógiai típusa (MOSSE és BOWEN (1968) után)	Az endofiták génuszi (GERDEMANN és TRAPPE (1974) után)
Gyengén podzolos könnyű vályogtalaj	vegyes lágyszárú fűfélék	2,3	394	sárgás vakuólás tölcsérszerű fehér erezett hagyma formájú erezett (1. ábra)	<i>Glomus</i> <i>Glomus</i> <i>Glomus</i> <i>Gigaspora</i> <i>Sclerocystis</i> sporakarpiumok (3. ábra)
Közepesen podzolos nehéz vályogtalaj	szamóca ( <i>Fragaria grandifolia</i> )	29,5	23	fehér erezett (2. ábra), sárga vakuólás tölcsérszerű	<i>Glomus</i> <i>Glomus</i> <i>Glomus</i> spora- karpiumok

begyűjtött mintából csupán 20 endofita spórát sikerült kimutatni 100 g talajra átszámítva. Ezek a *Glomus* nemzetség három különböző morfológiai típusához tartoztak. 1200 g gyepes, gyengén podzolos könnyű vályogtalajból összesen 4462 spórát választottunk ki, amelyek VAM mikorrhizával rendelkeztek. Ezek 98%-a a *Glomus* nemzetséghez tartozott, míg a maradék 2% *Gigaspora* és *Sclerocystis* genusokhoz volt sorolható. A gyepes, közepesen podzolos nehéz vályogtalajból 2823 spórát választottunk ki, amelyek mindegyike a *Glomus* nemzetséghez tartozott. A későbbiekben ezeket a spórákat mikotróf növények előállításához használtuk fel, cserép kultúrákban. *Glomus* nemzetséghez tartozó endofitákkal tenyészedény-kísérleteket állítottunk be.



1. ábra

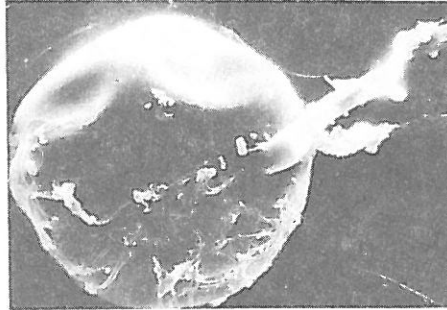
A *Gigaspora* nemzetséghez tartozó endomikorrhiza gomba spórája (750 × nagyítás)

2. táblázat

Az endofiták virulenciája és hatásuk a zabtermésre sterilizett gyepes podzol talajjal beállított tenyészedény-kísérletben

Az endofiták megnevezése	A mikorrhizás infekció előfordulási gyakorisága, F %			Magtermés, g/tenyészedény		
	foszfor hozzáadása nélkül	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Ca <sub>3</sub> ( <sup>33</sup> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	foszfor hozzáadása nélkül	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Ca <sub>3</sub> ( <sup>33</sup> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
Oltás nélkül (kontroll)	0	0	0	3,8	6,2	5,7
<i>Glomus fasciculatum</i> (E <sub>3</sub> )	17,1	35,5	19,7	2,4	5,7	5,4
<i>Glomus mosseae</i> (Y. v.)	36,9	28,7	24,5	4,6	6,4	5,9
<i>Glomus</i> sp.-1	95,6	84,5	80,6	4,2	6,1	5,8
<i>Glomus</i> sp.-2	94,0	91,7	94,8	5,2	6,6	6,1
SzD <sub>5%</sub>		1,8			0,5	

A zabnövény oltási kísérlet — amelynél a talajt gamma-besugárással csíráatlanítottuk — azt mutatta, hogy a vizsgált endofiták virulenciája eltérő volt (2. táblázat). Az általunk kiválasztott törzsek (*Glomus* sp.-1 és *Glomus* sp.-2) bizonyultak leginkább virulenseknek, s előfordulási gyakoriságuk a mikorrhizas oltás eredményeképpen kétszerese volt a *Glomus mosseae* YV és *Glomus fasciculatum* E<sub>3</sub> gombákkal kezelt növények gyökérfertőzöttségének. P-műtrágya alkalmazása valamelyest csökkentette a mikorrhiza gombák növekedését a *Glomus* sp.-2 kivételével. Eltérő volt az endofita infekció hatása a magtermésre. A *Glomus fasciculatum*



2. ábra

A *Glomus* nemzetséghez tartozó endomikorrhiza gomba spórája (110 × nagyítás)

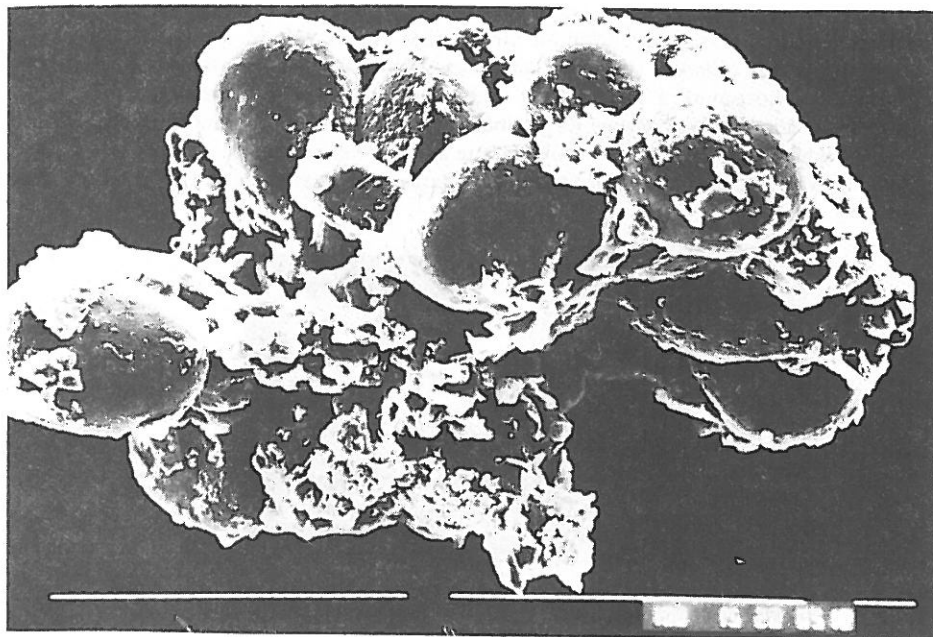
csökkentette, a *Glomus mosseae*, különösképpen pedig a *Glomus* sp.-2 fokozta a zab terméshozamát (2. táblázat).

A magtermés P-tartalmának vizsgálata azt mutatta, hogy a kísérletbe vont endofita gombák különböző mértékben fokozták a növény P-felvételét (3. táblázat). Különösen a *Glomus* sp.-2 növelte a termés P-tartalmát, hasonlóan a növényi hozam fokozásához. A <sup>33</sup>P-al jelzett kezeléskor el tudtuk különíteni egymástól a műtrágyából és a talajból felvett foszfort. A 4. táblázatból látható, hogy a *Glomus fasciculatum* kivételével a másik három endofita fokozta a műtrágya P-tartalmának felvételét. Különösen jelentős, 8,5% többlet mutatkozott a P-felvételben a *Glomus* sp.-2 endofitánál. E kísérletünk gyakorlati jelentőségét alátámasztja az a

3. táblázat

**Az endofiták hatása a zabnövény magvainak P-tartalmára steril gyepes podzol talajjal végzett tenyészedény-kísérletben**

Az endofiták megnevezése	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/g mag			Az összes P-felvétel a tenyészedényből a magtermésben, mg/edény		
	foszfor hozzáadása nélkül	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Ca <sub>3</sub> ( <sup>33</sup> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	foszfor hozzáadása nélkül	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Ca <sub>3</sub> ( <sup>33</sup> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
Oltás nélkül (kontroll)	4,7	4,7	4,9	18,7	28,9	27,8
<i>Glomus fasciculatum</i> (E <sub>3</sub> )	5,8	5,6	5,3	16,9	32,0	28,8
<i>Glomus mosseae</i> (Y. v.)	5,1	5,1	5,4	23,6	32,5	32,4
<i>Glomus</i> sp.-1	5,4	5,3	5,0	22,5	32,0	29,6
<i>Glomus</i> sp.-2	6,1	6,6	6,7	31,7	43,1	41,1
SzD <sub>5%</sub>		0,5			3,2	



3. ábra

A *Sclerocystis* nemzetséghez tartozó endomikorrhiza gomba sporakarpiuma (500× nagyítás)

tény, hogy a P-műtrágyák érvényesülési koefficiense a mezőgazdaságban meglehetősen alacsony. Fokozódott a P-felvétel a talajból is, a többlet 8,3—12,2 mg között volt edényenként, a kontrollhoz viszonyítva.

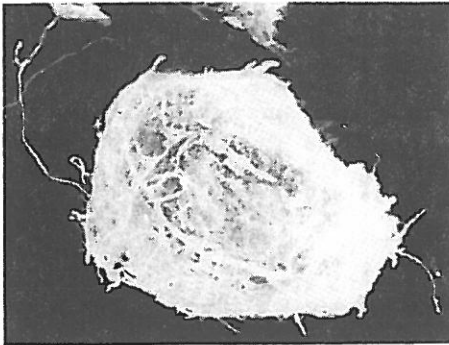
Az általunk kiválasztott endofita gombák effektivitását ezt követően vizsgáltuk, ugyanazon talajban. Nem steril körülmények között 400 endofita spórát számoltunk meg 100 g talajban (1. táblázat), amelyek intenzív növekedést biztosítottak a kontrollnövények számára.

4. táblázat

A zabnövény magvainak P-felvétele a talajból és műtrágyából steril gyepes podzol talajjal végzett tenyészedény-kísérletben

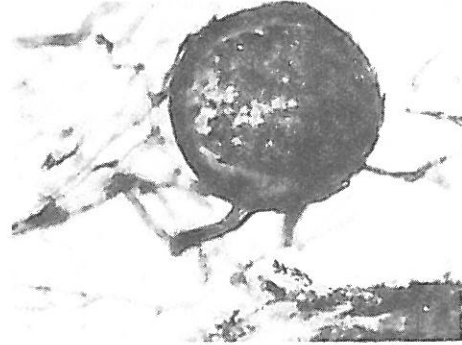
Az endofiták megnevezése	A magvak P-felvétele műtrágyából, a bevitt P %-ában	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -tartalom, mg/g mag			A felvett foszfor, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/g edényenként		
		műtrágyából	talajból	összesen	műtrágyából	talajból	összesen
Oltás nélkül (kontroll)	17,6	3,4	1,4	4,8	19,5	8,3	27,8
<i>Glomus fasciculatum</i> (E <sub>3</sub> )	18,0	3,7	1,6	5,3	19,9	8,9	28,8
<i>Glomus mosseae</i> (Y. v.)	23,8	4,4	1,0	5,4	26,4	6,0	32,4
<i>Glomus</i> sp.-1	22,0	4,1	0,9	5,0	24,3	5,3	29,6
<i>Glomus</i> sp.-2	26,1	4,8	1,9	6,7	28,9	12,2	41,1
SzD <sub>5%</sub>	4,4			0,7			4,5

Ettől eltekintve a zabnövény növekedését az általunk kitenyészített *Glomus* sp.-1 és *Glomus* sp.-2 jelentősen fokozták. Csírázás után egy hónappal a növények magassága 3,6 illetve 15,1 cm-rel volt nagyobb, mint a kontrollédényekben. Ez a különbség a vegetációs periódus végéig megmaradt és a termésben is megmutatkozott (5. táblázat). A P-felvétel közötti különbség azonban csak a terméseredményekben jelentkezett, de nem volt eltérés a P-tartalom tekintetében.



4. ábra

A *Glomus* nemzetséghez tartozó endomikorrhiza gomba sporakarpiuma (170× nagyítás)



5. ábra

A *Glomus* sp.-3 endomikorrhiza gomba spórája és micéliuma bükköny gyökerén (400× nagyítás)

A továbbiakban vizsgáltuk, hogy miként hatnak a különböző *Glomus*-törzsek (*Glomus* sp.-1, *Glomus* sp.-2 és *Glomus mosseae*) a bükköny és a borsó terméshozamára steril és nem steril hányóöldkeverékekben, amelyek a Moszkva alatti külfejtéses barnaszénbányából származtak.

A kísérletbe bevont növények gyökérzetének mikroszkópos vizsgálata során természetes endomikorrhiza fertőzést figyeltünk meg a kontrollkezelésnél. Ezek a spontán endomikorrhiza gombák morfológiai sajátosságai alapján a *Glomus* és *Acaulospora* (TRAPPE és SCHENCK, 1982) nemzetségekhez állnak legközelebb. Az oltott variánsoknál a gyökerek felszínén nagy tömegben fordulnak elő az oltóanyagból származó *Glomus* sp.-1, *Glomus* sp.-2, *Glomus mosseae* gombák. Különösen a kísérlet steril kezeléseivel jelentkezik az oltás céljára használt törzsek magas fertőzőképessége (6. és 7. táblázat).

5. táblázat

**A mikorrhiza oltás hatása a zabnövény növekedésére gyepes, gyengén podzolos könnyű vályogtalajban**

Az endofiták megnevezése	A növények magassága 35 napos korban, cm	Magtermés, g/tenyész-edény	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -tartalom a magban, mg/g	P-felvétel a termésben, mg/tenyész-edény	A mikorrhizás infekció gyakorisága, F %
Oltás nélkül (kontroll)	27,1	2,22	6,33	14,05	89,2
<i>Glomus mosseae</i> (Y: v.)	28,9	2,33	6,48	15,09	98,0
<i>Glomus fasciculatum</i> (E <sub>3</sub> )	30,1	2,24	6,51	14,58	97,0
<i>Glomus</i> sp.-1	30,7	2,65	5,73	15,18	98,8
<i>Glomus</i> sp.-2	42,2	3,35	5,10	17,08	100
SzD <sub>5%</sub>	3,4	0,40	0,74	2,58	2,9



6. táblázat

Az endomikorrhiza gombák hatása az árpa termésére rekultivációs hányóföldekkel beállított tenyészedény-kísérletben

Hányóföldtípusok	Az endofita megnevezése	Sterilizett hányóföld			Nem sterilizett hányóföld		
		A mikorrhizas fertőzés előfordulási gyakorisága, F %	A magtermés súlya, g/edény	%	A mikorrhizas fertőzés előfordulási gyakorisága, F %	A magtermés súlya, g/edény	%
Vályog + csernozjom	Kontroll	0,0	3,9	100,0	81,0	1,5	100,0
	<i>Glomus mosseae</i>	68,2	3,8	97,4	61,2	2,1	140,0
	<i>Glomus sp.-1</i>	79,5	3,7	94,9	74,3	1,9	126,7
	<i>Glomus sp.-3</i>	68,0	0,4	10,2	77,4	0,8	53,3
SzD <sub>5%</sub>			0,4		0,5		
Vályog + nyers hányó	Kontroll	0,0	2,4	100,0	77,3	1,4	100,0
	<i>Glomus mosseae</i>	58,7	3,1	129,2	51,2	1,9	135,7
	<i>Glomus sp.-1</i>	66,4	2,2	91,2	77,6	1,5	107,1
	<i>Glomus sp.-3</i>	49,2	0,7	29,2	71,8	1,3	92,8
SzD <sub>5%</sub>			0,2		0,9		

A három vizsgált endofita közül csak a *Glomus mosseae* fokozta az árpa szemtermését a rekultivációs hányóföldekben. 40 %-kal emelkedett a magtermés a csernozjossal fedett területről vett mintában sterilizálás nélkül, és 29,2 %-kal a vályoggal kevert hányóföldmintában steril körülmények között (6. táblázat). Az árpa gyökerének fertőzöttsége a *Glomus mosseae* alkalmazásakor alacsonyabb volt, mint a nem steril kontrollédegyekben (aborigén endofiták), valamint a másik két törzssel történő oltás esetében. Eltekintve attól, hogy az árpanövénynél a *Glomus mosseae* volt a leghatékonyabb szimbionta, a *Glomus sp.-3* törzs gátolta a növekedést az adott körülmények között.

Az árpagyökerek mikroszkópikus vizsgálata azt mutatta, hogy nagy tömegben fordulnak elő mind aborigén (spontán), mind pedig mesterségesen bevitt endofiták. Ezek aktív és felszívódó arbusculumok formájában voltak megtalálhatók, s csak ritka esetekben magányos vesiculumokkal és micéliumokkal.

Kiemelkedően erős pozitív hatást gyakoroltak az endomikorrhizák a steril hányóföldkeverékben felnevelt bükkönyre. A növény föld feletti részének zöldtömeg-többlete 45,8—140% között volt (7. táblázat). Nem sterilizett hányóföldmintákban a hozam növekedése jóval szerényebb volt, amely a konkurens aborigén mikorrhiza gombák jelenlétével magyarázható. A *Glomus sp.-3* törzs 24,6%-os szignifikáns zöldtömeg-növekedést eredményezett ilyen körülmények között a csernozjossal fedett rekultivációs területről begyűjtött mintában. A három vizsgált endofitatörzs közül ez serkentette leginkább a bükköny növekedését steril és nem steril körülmények között egyaránt (7. táblázat).

Az endomikorrhiza gombák a bükköny gyökérzetén elsősorban vesiculumok és micéliumok alakjában voltak megfigyelhetők; arbusculum kevés volt. Alig volt látható arbusculum a felszívódás stádiumában. Különösen a nem sterilizett hányófölddel beállított tenyészedény-kísérletben növekedett intenzíven a *Glomus sp.-1*, amely jellegzetes tölcser formájú képleteket képezett. Ezeken keresztül rögzült a hifa a spórához. Megfigyelhető volt a



7. táblázat

Az endomikorrhiza gombák hatása a bükköny zöldtömegére rekultivációs hányóföldekkel beállított tenyészédeny-kísérletben

Hányóföldtípusok	Az endofita megnevezése	Sterilizett hányóföld			Nem sterilizett hányóföld		
		A mikorrhizás fertőzés gyakorisága, F %	A zöldtömeg súlya, g/edény	%	A mikorrhizás fertőzés gyakorisága, F %	A zöldtömeg súlya, g/edény	%
Vályog + csernozjom	Kontroll	0,0	3,7	100,0	76,6	6,1	100,0
	<i>Glomus mosseae</i>	78,1	7,5	197,0	76,4	6,4	104,9
	<i>Glomus</i> sp.-1	91,5	6,5	175,7	93,4	6,5	106,5
	<i>Glomus</i> sp.-3	85,4	7,8	211,0	82,0	7,6	124,6
SzD <sub>5%</sub>			1,6		1,1		
Vályog + nyers hányó	Kontroll	0,0	3,5	100,0	81,2	8,4	100,0
	<i>Glomus mosseae</i>	57,2	6,3	180,0	77,6	8,8	104,7
	<i>Glomus</i> sp.-1	98,0	5,9	168,6	86,9	8,4	100,0
	<i>Glomus</i> sp.-3	93,3	8,4	240,0	79,3	9,3	110,7
SzD <sub>5%</sub>			0,9		1,7		

*Glomus* sp.-3 előfordulása is jellegzetes óriás spórákkal (5. ábra). Az aborigén endofiták a bükköny és árpa gyökérzetén elkülönültek az előzőektől, mivel micéliumaik és vesiculumaik jóval kisebbek voltak.

### Az eredmények megvitatása

A leningrádi terület két vizsgált podzol talaja jelentősen különbözött egymástól P-tartalmában, mechanikai összetételében, a podzosodás fokában, valamint a növénytakaró összetétele tekintetében. A felvehető P-tartalom és az endofiták előfordulása közötti összefüggés tekintetében kifejezett negatív korreláció volt megfigyelhető. A foszforban szegény talajban (különböző fűfélék alatt) jóval több endomikorrhiza gombát találtunk, mint a jelentősen több foszfort tartalmazó talajban, amely számocáival volt beültetve. Ez az ismert törvényszerűség, nevezetesen a P-tartalom és a gombák előfordulása közötti negatív korreláció (HAYMAN, 1978) az általunk vizsgált talajok esetében is megmutatkozott. A felvehető foszfort kis mennyiségben tartalmazó gyepes podzol talajból az *Endogonaceae* család *Glomus gigaspora* és *Sclerocystis* nemzetségeihez tartozó endofitákat tenyésztettünk ki, amelyek között a *Glomus* genus tagjai voltak többségben. Ugyanakkor a nagy P-tartalmú talajban kizárólag *Glomus* nemzetséghez tartozó endofitát találtunk.

Az endomikorrhiza gombák előfordulásával kapcsolatos adataink összhangban vannak az irodalmi adatokkal (POWELL, 1980; GIANINAZZI-PEARSON et al., 1980; GIOVANNETTI, 1980; PUPPI és REISS, 1982). A *Glomus* nemzetséghez tartozó fajok többsége, valószínűleg más talajban és éghajlati körülmények között is érvényesül (NICOLSON és SCHENK, 1979; GIOVANNETTI, 1980; NEMEC et al., 1981; ROSE, 1981; PUPPI és REISS, 1982).

A gyepes podzol talajokból kitenyésztett endomikorrhiza gombáknak a mezőgazdasági növények növekedésére gyakorolt hatását tenyészédeny-kísérletekben vizsgáltuk. A zabnövény gyökerének a négy endomikorrhiza gombával való fertőzése lehetővé tette a leginkább effektív

törzsek kimutatását. Ezek a *Glomus* nemzetséghez tartozó különböző aborigén endofiták voltak. Különböző feltételek között eltérő hatást gyakoroltak a növényekre. Így a foszforban szegény, gamma-besugárással csíráltatott gyepes podzol talajban a mikorrhiza oltás növelte a zab termését, a növény P-felvétele és a termés P-tartalmát. Az effektív endofiták lényegesen megemelték a P-hasznosulási koefficiensét a bevitt trikálcium-foszfát esetében. Ezt korábban már MOSSE (1977), valamint POWELL és DANIEL (1978) is megfigyelték. Nem sterilizett talajban a zab oltása effektív endofitákkal ugyancsak pozitíven befolyásolta a magtermést és a P-hasznosítást.

Amennyiben a zabot a nagyobb mennyiségű felvehető foszfort tartalmazó gyepes podzol talajba vetettük, az endofitákkal történő oltás hatására csak műtrágyázás mellett figyeltünk meg termésfokozódást. Amikor az endofitákkal történő oltást N- és K-műtrágyázással is összekapcsoltuk, a termés fokozódott az oltatlan kontrollhoz viszonyítva. Az a tény, hogy ilyen körülmények között a P-hasznosulás nem növekedett, sőt a mag P-tartalmában csökkenést figyeltünk meg, valószínűleg az endomikorrhizas oltás egy másik mechanizmusával magyarázható. Lehetséges, hogy ilyen körülmények között az endofiták által szintetizált növekedésserkentő anyagok is hatást gyakorolnak a növényekre (HAYMAN, 1978).

A tenyészedény-kísérleteket sterilizett és nem steril podzol talajokban folytattuk le. Jóllehet, ezeket csak modellkísérleteknek lehet tekinteni, így is tanúsíthatják annak az elméleti lehetőségét, hogy a P-műtrágyák hatásfoka, s ezen keresztül a termés növelése elképzelhető endomikorrhizas oltás segítségével.

Közismert, hogy az endomikorrhiza gombák gyakorlati felhasználását nagyban megnehezíti, hogy nem szaporíthatók mesterséges táptalajokon. Ezért az oltáshoz felaprított endomikorrhizas gyökérdarabkák talajjal készített keverékét alkalmazzák. A megfelelő oltási technológia hiánya akadályozza az endomikorrhiza oltás gyakorlati elterjedését.

A technogén területfelszín rekultivációja az egyik olyan terület, ahol az endomikorrhizas oltás valószínűleg hasznosítható lesz. Ez magyarázható azzal, hogy ez esetben a területfelszín nagysága viszonylag korlátolt, a rekultiváció meglehetősen költséges eljárás, s időtartama 15—20 év. A bányászati hányóföldek biológiai szempontból szegények, s bennük az effektív endomikorrhiza gombák száma, ha elő is fordulnak, rendkívül alacsony (PONDER, 1979; RIVES et al., 1980). Ezért lehet eredményeket várni ilyen esetekben speciálisan összeválogatott endofiták alkalmazásától.

Az endomikorrhiza gombák hatékonyságát steril és nem sterilizett bányászati hányóföldeken tenyészedény-kísérletben tanulmányoztuk. Árpa és bükköny jelzőnövények talaját oltottuk be három különböző endofita-törzssel. E kísérleteknél figyelembe kell venni, hogy a vizsgált hányóföldek viszonylag sok felvehető foszfort tartalmaztak, s a nem steril kezeléseknél a gyökérzet fertőzött volt aborigén endofitákkal. A steril kísérleti variánsok eredményei tanúsítják az általunk alkalmazott oltóanyagok magasfokú virulenciáját.

Érdekes eredményeket kaptunk árpa jelzőnövényen. A *Glomus mosseae*-val való oltás mintegy 30%-kal fokozta a szemtermést a steril hányó + vályog keverék felhasználásával beállított tenyészedény-kísérleteinkben. A fentiekkel ellentétben a *Glomus* sp.-3 törzssel történő oltás jelentősen csökkentette a maghozamot: az oltatlan hányó + vályog keverék hozamának egyharmadára, a csernozjossal és vályoggal fedett parcellából vett minta hozamának pedig egytizedére. Ebben az esetben az említett gomba patogén életmódot folytatott. Nem steril hányóföldkeverékekben a *Glomus mosseae* a fentiekhez hasonlóan a csernozjom + vályog takarással rekultivált parcellából származó mintában 40% termésnövekedést eredményezett.

A bükkönnyel végzett vizsgálatok élesen különböztek az árpa jelzőnövényen lefolytatott kísérletektől. Míg a *Glomus* sp.-3 törzs az árpánál — különösen a steril variánsban — parazita életmódot folytatott, addig hasonló körülmények között a bükköny föld feletti zöldtömegét jelentősen megnövelte. Ez a termésnövekedés a vályog + hányó keverékben 140%, a csernozjom + vályog kezelésből származó mintában pedig 110% volt. Meg kell jegyezni ugyanakkor, hogy a *Glomus mosseae* törzs teljesítőképessége különösen a steril vályog + hányó keverékben

elmaradt a gypes podzol talajban kifejtett hatásától. Nem steril körülmények között a bükköny mikorrhizás oltása igen szerény hatásúnak bizonyult, s csak egy variánsnál nyertünk matematikailag értékelhető 25%-os terméstöbbletet a *Glomus* sp.-3 törzssel történő oltás hatására.

A lefolytatott kísérletek azt mutatják, hogy a mikorrhiza gombák a P-ellátás elősegítésén túlmenően is fontos szerepet játszottak a növények életében. A talajok sterilizése mikorrhiza oltás nélkül ezért csökkentette jelentősen a hozamot, ugyanakkor a mesterséges oltás mindhárom endofita esetében hatásos volt. Az adott kísérleti körülmények között a mikorrhiza gombák jelenléte a bükköny növekedéséhez feltétlenül szükségesnek bizonyult, azok származásától függetlenül.

A fentieket összefoglalva meg kell jegyezni, hogy a leningrádi terület mezőgazdasági művelés alatt álló gypes podzol talajaiban természetű növények gyökérzetén a vesicularis arbuscularis típusú mikorrhiza gazdagon előfordul. Ezekből a talajokból kiválasztott endofiták a fenti gypes podzol talajokból, valamint rekultivációs hányóföldekből beállított tenyészedény-kísérletekben fokozták a bükköny-, zab- és árpanövények növekedését. Az eredmények meggyőzően bizonyítják az endomikorrhiza gombák pozitív hatását a mezőgazdasági növények növekedésére és a hozamokra. Ez azonban csupán a kezdet, további vizsgálatok szükségesek a mesterséges mikorrhizás oltás hatékonyságának tisztázására. Figyelmet kell fordítani a törzsek effektivitása mellett azok versenyképességére is, mivel természetes viszonyok között az oltás hatékonysága ettől is függ. Ugyanaz az endomikorrhiza gomba kifejtethet pozitív vagy negatív hatást a növényfajtól (sőt a fajtától) és az adott talajtani-éghajlati körülményektől függően. Az endofiták kiválasztásánál ezeket a tényezőket feltétlenül figyelembe kell venni.

### Összefoglalás

A lefolytatott kísérletek tanúsítják az endomikorrhiza gombák széles körű elterjedését a Szovjetunió gypes podzol talajaiban. A mezőgazdasági növények gyökérzetéről *Glomus* nemzetséghez tartozó endomikorrhiza gombákat választottunk ki.

A bükköny-, zab- és árpanövényeket gypes podzol talajokban és bányászati hányóföldekből neveltük fel steril és nem steril körülmények között. Az esetek túlnyomó többségében a fenti növények mikorrhizás oltása elősegítette a P-felvételt, növelte a növény P-tartalmát, valamint a termés-, illetve a zöldtömeghozamokat.

### Irodalom

- BORIE, F. & BAREA J., 1981. Ciclo del Fosforo II. Papel de los microorganismos y su repercusion en nutrición vegetal. *An. Edafol. y Agrobiol.* **4**, 2365—2381.
- GERDEMANN, J., 1955. Relation of large soil-born spore phycomycetous mycorrhizal infections. *Mycologia.* **47**, 619—632.
- GERDEMANN, J. & TRAPPE, J., 1971. Genera and species of *Endogonaceae*. The *Endogonaceae* in the Pacific Northwest. *Mycologia memoir.* **5**, 5—60.
- GIANINAZZI-PEARSON, V. et al., 1980. Ecological variations in endomycorrhizas associated with wild raspberry populations in the Vosges region. *Acta Oecol.* **1**, 111—119.
- GINZBURG, K., 1975. Metodü opredelenija foszfora v pocsv. *Agrohímicseszkie metodü isszledovanija pocsv.* Moszkva, 111—113.
- GIOVANNETTI, M., 1980. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in middle Italy: their occurrence in eroded clay soils. *Ann. Microbiol. & Enzymol.* **30**, 1—5.
- HAYMAN, D., 1978. B. Endomycorrhizae. In: Interaction between nonpathogenic soil microorganisms and plants. (Ed.: DOMMERGUES, J., et al.) 401—442. Elsevier. Amsterdam.

- KRJUGER, L. et al., 1968. K metodike opregyelnija obilija griba v endofitnüh mikorrizan i szposzoban kolicesztvennoj karakterisztiki mikroszimbiotrofizma v rasztitelnüh asszociaciah. Ucsönüe zapszki Permszkogo Gosz.ped. in-ta. Perm. 69—70.
- MOSSE, B., 1953. Fructifications associated with mycorrhizal strawberry roots. *Nature*. **171**, 974.
- MOSSE, B., 1957. Growth and chemical composition of mycorrhizal and non-mycorrhizal apples. *Nature*. **179**, 922—924.
- MOSSE, B., 1977. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. Responses of stylosanthes and maize to inoculation in unsterile soil. *New Phytol.* **78**, 277—288.
- MOSSE, B. & BOWEN, G., 1968. A key to the recognition of some Endogone spore types. *Trans. Br.mycol.Soc.* **5**, 469—482.
- MOSSE, B., STRIBLEY, D. & LE TACON, F., 1981. Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. *Advances in Microbiol. Ecology*. **5**, 137—210.
- MUROMCEV, G. et al., 1981. Povüsenie uroszaja zerna ovsza i szoderzsanie v nyem foszfora pod gyejsztviem endomikorriznüh gribov. *Dokladü VASZHNIL*. (6) 3—5.
- NEMEC, S. et al., 1981. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with citrus in Florida and California and notes on their distribution and ecology. *Mycologia*. **73**, 112—127.
- NICOLSON, T. & SCHENK N., 1979. Endogonaceous mycorrhizal endophytes in Florida. *Mycologia*. **71**, 112—127.
- NOVIKOVA, A. & AFANASZJEVA, L., 1981. Metodika posztanovki vegetacionnüh opütov bobovümi rasztenjami. Metodiceszkie rekomendacii dlja kurszov povüsenija kvalifikacii naucsnuh szotrudnikov po szelszkohozjajsztvennoj mikrobiologii. In: *Metodü isszedovanij klubenkövüh bakterij*. 42—46. Leningrad. Kolosz.
- PONDER, F., 1979. Presence of endomycorrhizal fungi in recently graded coal mine spoil. *J. Soil Water Conserv.* **34**, 186—187.
- POWELL, C., 1980. Mycorrhizal infectivity of eroded soil. *Soil Biol. Biochem.* **12**, 247—250.
- POWELL, C. & DANIEL J., 1978. Mycorrhizal fungi stimulate uptake of soluble and insoluble phosphate fertilizer from a phosphate-deficient soil. *New Phytol.* **80**, 351—358.
- PUPPI, G. & REISS, S., 1982. Notes on the occurrence of endogonaceous spores and vesicular-arbuscular mycorrhizae association in woodland sites in the middle valley of the Tiber (Italy). *Atti.Acad.naz.-Gincei Rend Cl.Sci.fis. mat.e nature*. **72**, 279—284.
- RIVES, C. et al., 1980. Effects of topsoil storage during surface mining on the viability of VA mycorrhiza. *Soil Sci.* **129**, 253—257.
- ROSE, S., 1981. Vesicular-arbuscular endomycorrhizal associations of some desert plants of Baja, California. *Can. J. Bot.* **59**, 1057—1060.
- SZELIVANOV, J., 1976. O szposzobah kolicesztvennoj karakterisztiki razvityija fikomicetnüh endomikorriz v rasztyityelnüh szobscsesztvah i v ekszperimente. Znacsenyije konszortivnüh szvjazej v organizacii biogenocenzov. Materialü II. Vszeszozjuznogo szovescsanyija po probleme izucsecsenyija konszorcii. 124—129.
- SZELIVANOV, J., 1981. Mikoszimbiotrofizm kak forma konszortivnüh szvjazej v rasztitelnom pokrove Szovjetszkogo Szozjuza. Moszkva.
- TRAPPE, J. & SCHENCK, N., 1982. Taxonomy of the fungi forming endomycorrhizae. *Method and Princip. Mycorrhizal Res.* 1—9.

G. SZ. MUROMCEV, N. V. ZOLNIKOVA  
és G. N. MARSUNOVA

VASZHNIL Össz-szövetségi Mezőgazdasági  
Mikrobiológiai Kutató Intézet, Leningrád  
(Szovjetunió).

*Érkezett: 1986. június 16.*