

Monolit	Vastag	Vékony	Összes	Vastag	Vékony	Összes	Megjegyzés. Az észlelés helye, a faállomány kora
	gyökerek súlya g-okban			gyökerek súlya %-okban			
„a“ „b“	6966 1153	244,85 148,10	7210,85 1301,10	96,62 88,60	3,38 11,40	100,00 100,00	Terézhalom, 23 év
„d“ „e“	10906 1021	331,95 119,65	11237,95 1140,65	97,05 89,50	2,95 10,50	100,00 100,00	
„i“ „j“	7809 1037	154,05 82,70	7963,05 1119,70	98,07 92,61	1,93 7,39	100,00 100,00	Pusztavacs, 27 év
„k“ „l“	4911 1997	22,12 132,07	4933,12 2129,07	99,55 93,80	0,45 6,20	100,00 100,00	

ségi talajokban, közepes nagyságú a pusztavacsi homokos barna erdőtalajokban és legkisebb a kubáni fekete mezőségi talajokban, vagyis minél termékenyebb a talaj, annál kisebb az akác gyökérrendszerének intenzitása és fordítva, minél kevésbé termékeny a talaj, annál nagyobb a gyökérrendszer intenzitása.

Ezen általunk ismertetett néhány adat, amelyet aránylag kevés számú vizsgálatból nyertünk, valamelyes útbaigazítást adhat a gyakorlat számára, nem teszi azonban lehetővé szabatos következtetések levonását. Ezek az adatok inkább arra alkalmasak, hogy rátereljék a figyelmet az akác gyökérrendszere további tanulmányozásának elsőrendű fontosságára és esetleg alapul szolgálhatnak a szükséges további célirányos vizsgálatokhoz.

## Néhány adat az akác rizoszférájáról

GYURKÓ PÁL

Magyar Tudományos Akadémia Talajbiológiai Kutató Laboratóriuma, Sopron

A magasabbrendű növény tápanyagainak túlnyomó többségét gyökerei segítségével a talajból veszi fel. A talajnak, mint termőhelyi tényezőnek a növénytermesztés szempontjából legfontosabb kritériuma a megfelelő tápanyagszolgáltatás.

A talajbiológiánk egyik alapvető felismerése, hogy a növényi tápanyagszolgáltatásban elsőrendű szerepük van a talajban élő mikroorganizmusoknak. Nem egyszerűen élettelen fizikai és kémiai reakciók színhelye a talaj, hanem millió és millió számra élnek benne a különböző baktériumok, gombák, algák, alacsonyabb- és magasabbrendű állatok. Sokrétű, bonyolult tevékenységük révén döntően befolyásolják a termőtalaj kialakulását, kémiai és fizikai állapotát. Részt vesznek a kőzetek elmállasztásában, az ásványi anyagok feldolgozásában. Szétbontják és átalakítják a talajra jutó, változatos kémiai összetételű szervesmaradványokat és a talaj apró élő szervezetei azok, amelyek végeredményben a magasabbrendű növény számára a tápanyagok nagy részét előállítják.

Nem közömbös tehát, hogy a magasabbrendű növény gyökerének közelében, az úgynevezett rizoszférában milyen mikroszervezetek, milyen mennyiségben élnek és mik azok a kölcsönhatások, amelyek a magasabbrendű növény és a gyökérzónában élő mikróbák között fennállanak.

A talajbiológiai kutatások során már elég gyakran felismerték a gyökérzónában kialakuló életközösség jelentőségét. *Richter*, azután *Liebscher* már a múlt század



90-es éveiben hírt ad arról, hogy a növények gyökerein és azok közelében sokkal több baktérium él, mint azoktól távolabb. *Hiltner* 1904-ben vizsgálta a hüvelyes növények gyökérszónáját és ő adta annak a rizoszféra elnevezést. Utánuk a kutatók egész sora foglalkozott a rizoszféra szerteágazó problémáival. Napjainkban mind többen foglalkoznak vele aszerint, amint a kérdés gyakorlati és elméleti jelentőségét mindinkább felismerik. A kutatások folyamán néhány fontosabb kérdés állt és áll még ma is az érdeklődés középpontjában. Így pl. mennyi a mikroorganizmusok száma a gyökérszónában és hogyan vátozik a számuk a növény fejlődése folyamán. Egy másik kérdés: szelektál-e a magasabbrendű növény gyökérvadalkái segítségével a talaj mikroorganizmusai között. A kérdésnek növénykórtani vonatkozásai is vannak. Az előzőknél nem kisebb jelentőségű feladat a táplálkozási-fiziológiai kapcsolatok felderítése, más szóval: milyen hatással vannak a gyökérszóna mikroorganizmusai a növény fejlődésére.

A kérdések kutatása folyamán különböző vizsgálati módszerek alakultak ki, nagyrészt közvetett tenyésztési eljárás. Közismert a hibájuk, a természetestől meglehetősen eltérő körülmények között lehet csak velük a mikroorganizmákat vizsgálni. A kísérletek beállításával, amelyek közül az akáccal kapott eredményeket fogom ismertetni, az volt a célom, hogy a természetes állapotot minél jobban megközelítsem, mintegy pillanatfelvételt készítve a rizoszféráról: betekintést nyerjek a bonyolult világába, a valóságnak megfelelő képet alkotva a gyökérszóna életközösségéről.

#### Vizsgálati módszer.

Legalkalmasabbnak látszott némi módosítással a talajelemzés módszere, amit a talajmikrobák vizsgálatára először *Cholodny* alkalmazott. A lényege az, hogy tiszta, zsírtalanított és sterilizált tárgylemezeket a vizsgálandó talajba helyezünk. Néhány hét alatt a talaj mikroorganizmusai megtelepszenek az üveglemez felületén. Ezután a lemezeket a talajból óvatosan kiemelve rögzítjük a rátelepedett mikroorganizmákat és mikroszkópon vizsgáljuk azokat.

Az alkalmazott kísérleti módosítás *Cholodny* eljárásához képest abban áll, hogy a tenyészédeny talajába kb. 5 cm mélységben a lemezeket szorosan egymás mellé helyeztem el, miáltal a magvakból kikelt növények gyökerei kénytelenek voltak az üveglemez felületén növekedni. A kísérlet lebontásakor a lemezeket, amelyek felületén ott volt az akác fiatal gyökere a körülötte meglepedett mikroorganizmusokkal, addig nem mozdítottam el, amíg a lemezek másik oldalán gázlámggal nem fixáltam a készítményt. Az így kapott preparátumon az eredeti állapotnak megfelelően rögzítettem a fiatal gyökereket és a körülöttük kialakult életközösség apró szervezeteit. A készítményt azután malachitzölddel és fuchszinnal való festés után mikroszkópon vizsgáltam.

A tenyészédenyekben elhelyezett homokos vályogtalajt az Erdőmérnöki Főiskola Botanikus Kertjének akácósából hoztam. A tenyészédenyekben való elhelyezés előtt homogenizálás céljából a talajt gondosan összekevertük és átrostáltuk. A magvak csírázásától a kísérlet lebontásáig kb. 4 hét volt a növények tenyészideje. Ez alatt a tenyészédenyeket kétnaponként rendszeresen öntöztük. A talaj víztartalmát a maximális vízkapacitás kb. 70%-os telítettségi fokán tartottuk.

Rizoszféra vizsgálatokra legalkalmasabbak a növény fiatal gyökerei. Ezeket keresztül folyik legintenzívebben a táplálékfelvétel, a váladék kibocsátása, másrészt ezeken még nincsenek elparásodott, elhalt sejtek, utóbbiak az egyéb szaprofita, nem kimondottan rizoszféra mikroorganizmáknak jó táplálékul szolgálnak.

A tenyészédenyekben a növényektől távolabb, mintegy 10 cm-re is helyeztem el ellenőrzés céljából lemezeket, amelyeken a talajnak a gyökerek által nem befolyásolt életközössége volt megfigyelhető.

#### Eredmények, értékelés.

A talajlemez vizsgálati mikroszkóp segítségével történt. Ennek az az előnye, hogy az eredeti állapotról viszonylag jó képet alkothatunk magunknak. Közvetlenül a gyökéren és attól különböző távolságokban megbízhatóan határozható meg a baktériumok összes száma. Hátránya, hogy a mikroorganizmák csak morfológiai alapon különíthetők el egymástól és az a kérdés: szelektál-e a talaj mikroorganizmusai között a növény, csak morfológiai jelek segítségével vizsgálható. Morfológiai alapon a következő baktériumcsoportokat különböztettem meg: pálcika alakú spórátlan és spórás baktériumok, kokkusok, *Azotobakter*hez hasonló, *Clostridium*ok. Ezek együttesen adják az összbaktériumszámot. Az *Actinomyces*eket és gombákat testük fonálszerű alakja miatt nem lehetett a mikroszkóp látómezejében a baktériumokhoz



hasonlóan egyszerűen megszámlolni. Mennyiségük erősen változott a rizoszférában és attól távolabb. Kíváncos volt tehát előfordulásuknak valamilyen mennyiségileg kifejezhető jellemzése. Attól függően, hogy előfordultak-e a mikroszkóp látómezőjében, illetőleg milyen sűrűn hálózta be azt, öt fokozatot különböztettem meg: 4-es számmal jelöltem meg, ha nagyon sok volt, 3-mal, ha sok, 2-vel, ha közepes mennyiségben fordultak elő, 1-gyel, ha kevés volt és 0-val, ha egyáltalában nem voltak a látómezőben találhatóak. A táblázatba az átlagoláskor kapott törtszámokat vettem be, mint az *Actinomycesek* és gombák előfordulásának mutatószámát.

Számlálásokat, illetőleg megfigyeléseket végeztem a lemezek mikroszkópi vizsgálatánál és azoktól különböző távolságokban. Jellemzők az eredmények, hogy milyen a mikroszervezeteknek az akácgyökereken, a gyökerek körül és attól távolabb a számbeli megoszlása, hogyan szelektál az akácgyökér a megkülönböztetett csoportokon belül. A mikroszervezetek számbeli változásáról arra lehet következtetni, hogy a talajban mekkora a távolság, ameddig a gyökér a talajéletet érezhetően befolyásolja.

A táblázatban közel 1200 számlázási, illetőleg megfigyelési adat átlagértékeit közlöm. A baktériumszámok 1 mm<sup>2</sup> felületre vannak átszámítva. Néhány jellemző sorozatot a szemléltetőbb ábrázolás kedvéért, mint grafikont is megrajzoltam. A közölt eredeti mikrofelvételek egy fiatal akácgyökér részletének rizoszférájáról készültek.

**A mikroorganizmusok mennyisége az akác hajszálgökerén, ill. a gyökértől számított különböző távolságokban**  
(A baktériumszámok 1 mm<sup>2</sup> felületre vonatkoznak. Az Actinomycesekre és gombákra vonatkozó adatok a szövegben leírt módon nyert összehasonlító előfordulási mutatószámok)

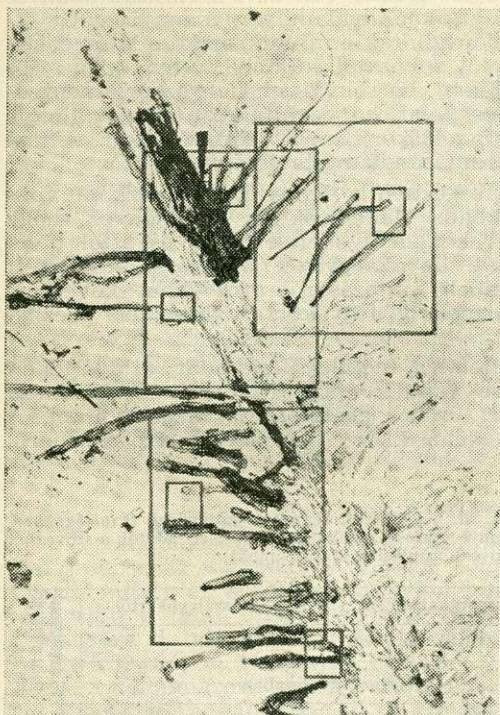
Mikroorganizmus csoportok	Mikroorganizmusok száma a gyökéren	Mikroorganizmusok száma a hajszálgökerétől						Mikroorganizmusok száma a kontroll talajban
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
		mm távolságban						
Pálcika alakú spórás baktériumok ....	—	—	—	—	15	14	19	37
Pálcika alakú spórátlan baktériumok .	432 800	31 900	7 040	880	735	638	616	657
Kokkusok .....	—	6 300	260	80	47	—	—	—
Azotobakterhez hasonló baktériumok	—	—	—	6	2	—	2	15
Összbaktériumszám .....	432 800	38 200	7 300	966	799	652	637	709
Actinomycesek .....	0,33	3,33	1,35	0,20	0,20	0,55	0,20	0,15
Gombák .....	—	0,08	0,23	0,74	1,14	0,54	0,65	0,50

A táblázat adatainak értékelésekor feltűnik a gyökér felületén a nagy összbaktériumszám. A 432.000 baktérium mm<sup>2</sup>-ként kb. 600-szorosa annak, amennyi a gyökértől távolabb él a talajban. Azonnal reális a szám, ha megnézzük az 1., 2. és 3. számú képet. Az 1. és 2. számú képen a sötét, erősebben festődött részek az akác gyökerének az üvegre fixálódott maradványai. Ha megfigyeljük a felvételeket, azt látjuk, hogy a gyökér képe azokon a helyeken is kirajzolódik, ahol a növényi sejtek, gyökérszorszálak nem rögzültek az üveglemezen. A nagyobb nagyítású 3. számú felvételen a gyökér képét azoknak a baktériumoknak a tömege alakítja ki, amelyek közvetlenül a gyökér felületén éltek. A képek tanúsága szerint a baktériumok a fiatal gyökeret szinte hüvelyszerűen veszik körül, sűrűn egymásmellett helyezkedve el annak felületén. Számuk csak a gyökéren ilyen nagy, attól távolodva hirtelen esik, mint azt az 1. számú ábra is mutatja. A szám 2—2,5 mm távolságban már nagyjából a kontroll-talaj összbaktériumszámával egyenlő.

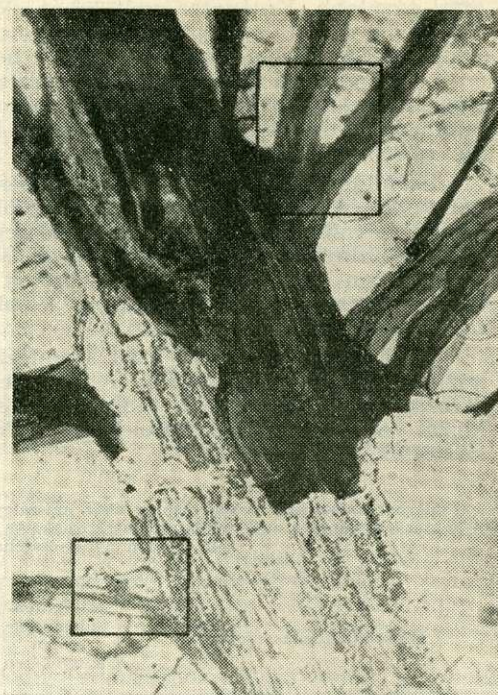
A 4. és 5. számú képen is megfigyelhető, hogy a gyökérszorszálak felületén már nem alkotnak összefüggő bevonatot a baktériumok, hanem csak telepekben fordulnak elő. Minél inkább távolodunk a gyökértől, annál kevesebb lesz a baktériumok száma, de még a gyökértől nagyobb távolságban sem egyesével, egyenletesen szét-szóródva találhatóak a talajban, hanem mindig telepekben, kisebb fészkekben helyezkednek el (lásd 10. sz. kép).

Érdekes jelenségek figyelhetők meg azzal kapcsolatban, hogy az egyes mikroorganizmus csoportok milyen számszerű megoszlásban vannak jelen a gyökéren, a gyökérszorszálak között és a gyökértől bizonyos távolságokban. A jelenségek arról

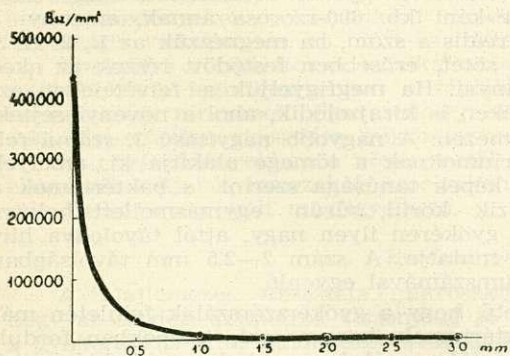




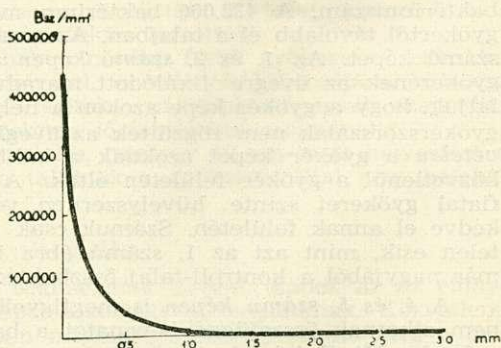
1. kép. Fiatal akácgyökér egy részletének átnézetes képe, 80-szoros nagyítás. Eredeti felvétel. (A bekeretezett részletek a további képeken nagyobb nagyításban is láthatók.)



2. kép. Fiatal akácgyökér rizoszférájáról készült mikrofelvétel, 300-szoros nagyítás. Eredeti felvétel. (A bekeretezett részek a 3. és 4. képeken nagyobb nagyításban is láthatók.)

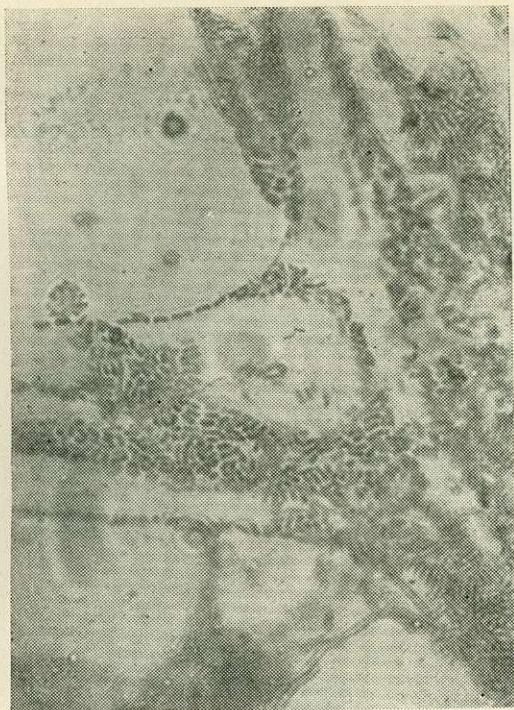


1. ábra. Az összbaktériumszám változása az akác hajszálgyökerétől számított különböző távolságokban. Vízszintes tengelyen — gyökértől számított távolság mm-ben. Függőleges tengelyen — baktériumszámok 1 mm-re vonatkoztatva.

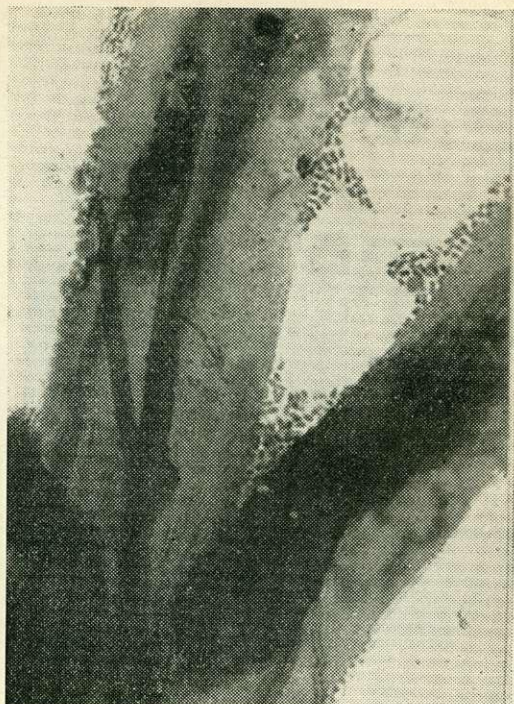


2. ábra. Pálcika alakú spórátlan baktériumok számának változása az akác hajszálgyökerétől számított különböző távolságokban. (Magyarozatot lásd 1. ábránál.)





3. kép. Az üveglemezre rögzített rizoszféra baktériumok. 1500-szoros nagyítás. Eredeti felvétel.



4. kép. Fiatal akácgyökér gyökérszörszá-  
laira telepedett baktériumok. 1500-szoros  
nagyítás. Eredeti felvétel.

tanúskodnak, hogy a gyökéren és annak közvetlen közelében nem minden baktérium szaporodik el. A gyökér tehát szelektál a váladékai segítségével a mikroorganizmusok között és csak bizonyos, valószínűleg számára is hasznos mikroorganizmusoknak biztosít megfelelő életfeltételeket. Feltűnő, hogy magának a gyökérnek a felületén csak spórátlan, pálcika alakú, igen kisméretű (hosszúság átlag  $1,5 \mu$ , szélesség  $0,8 \mu$ ) baktériumok voltak nagyobb tömegben találhatóak (lásd 2. sz. ábra). Amennyire a baktériumok festődéséből, a méretekből és egyéb morfológiai bélyegekből megállapítható, a gyökéren 4, vagy 5 spórátlan baktériumfaj van képviselve. Valószínű, hogy ezek közül az egyik az akác *Rhizobiuma*, ez azonban teljes bizonyossággal morfológiai alapon nem állapítható meg. Biztos, hogy nem csak *Rhizobiumok*, hanem más baktériumok is tömegesen fordulnak elő az akác fiatal gyökéren.

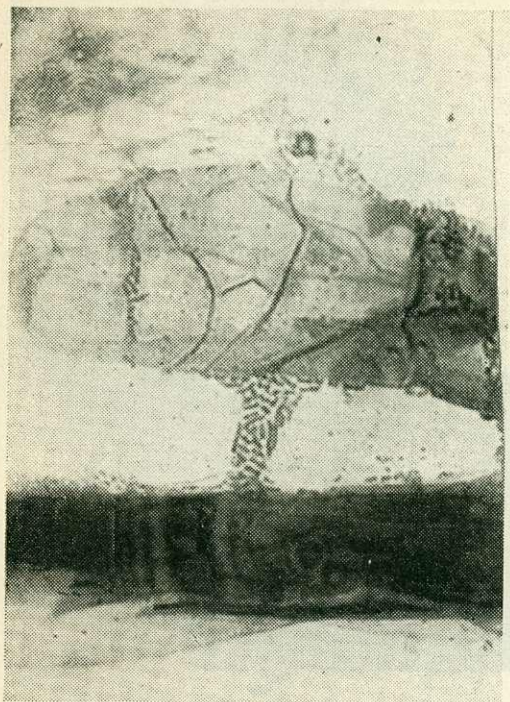
A gyökérszörszálak zónájában, a gyökértől kb. 0,5 mm-ig terjedő körzetben már egészen más a helyzet. Itt hirtelen megjelennek a kokkuszosok (lásd 3. sz. ábra), igen kis mennyiségben a gombák, a spórátlan pálcikák, de az uralkodó szerep az *Actinomyceseké* (lásd 4. sz. ábra).

A 7. számú képen pl. még néhány kisebb baktériumtelepet találunk, de ezen, valamint a 8. és 9. számú képen világosan látható, hogy ebben a zónában az *Actinomycesek* vannak túlsúlyban. Körülfonják, egészen behálózják a gyökérszörszálakat.

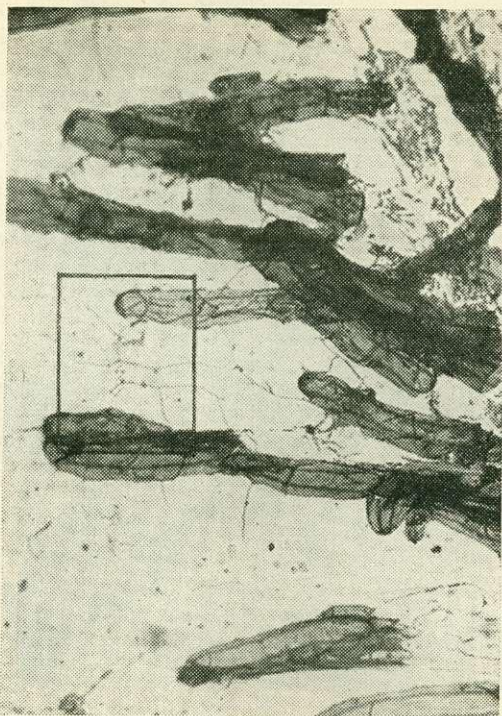
Seholsem találtam *Clostridiumokat* a gyökérszörszálakban és az *Azotobakter*hez hasonló baktériumok is csak elvétve fordultak elő, főleg a gyökértől távolabb. *Algák* nem voltak a rizoszférában megfigyelhetők.

A gyökértől távolodva a spórátlan, pálcika alakú baktériumoknak, a kokkuszosoknak és az *Actinomycesek*nek fokozatosan csökken a száma, növekszik a gombák mennyisége (lásd 5. sz. ábra), és kb. 2—2,5 mm távolságban, ahol a spórás baktériumok is megjelennek, van az a határ, ahol számuk megegyezik nagyjából a gyökerekkel át nem szótt talajból kapott értékekkel. Körülbelül ez az a távolság, ameddig az akác hajszálgyökere befolyásolja maga körül a talaj életét. Ez az a



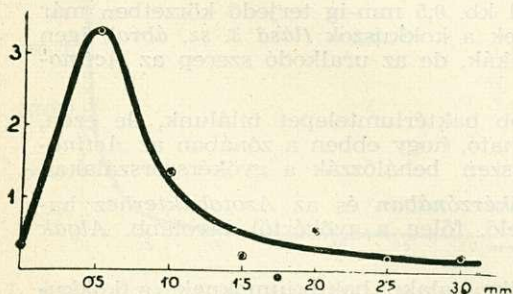


5. kép. Baktériumtelep az akác két gyökérszörszála között. 1500-szoros nagyítás. Eredeti felvétel.

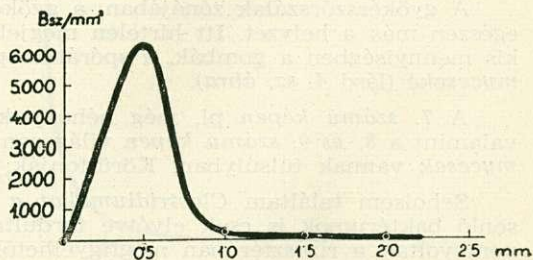


6. kép. A gyökérszörszálak zónája. 300-szoros nagyítás. Eredeti felvétel. (A bekeretezett részlet a 7. képen nagyobb nagyításban látható.)

határ, amelyen belül az akácgyökér szelektál a mikroorganizmusok között, egyes csoportokat gátolva, másokat segítve szaporodásukban. Ez a zóna az akác rizoszférája, amelyen belül és különösen a gyökér felületén nagy mennyiségben szaporodnak el a mikroszervezetek. A zónában kialakuló, a mikroorganizmusok és a magasabbrendű növény közötti élettani kölcsönhatások biztosan hatással vannak a növény fejlődésére, egészségi állapotára, a mag csírázásától kezdve a növény élete végéig.

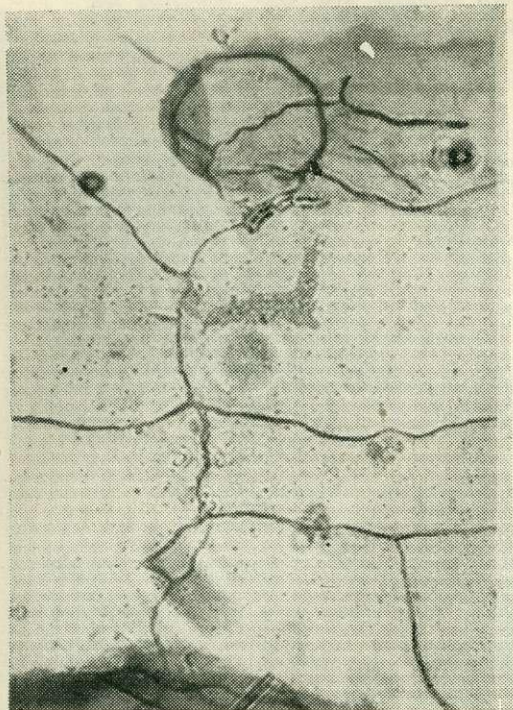


3. ábra. Kokuszok számának változása az akác hajszálgökekerétől számított különböző távolságokban. (Magyarázatot lásd 1. ábránál.)

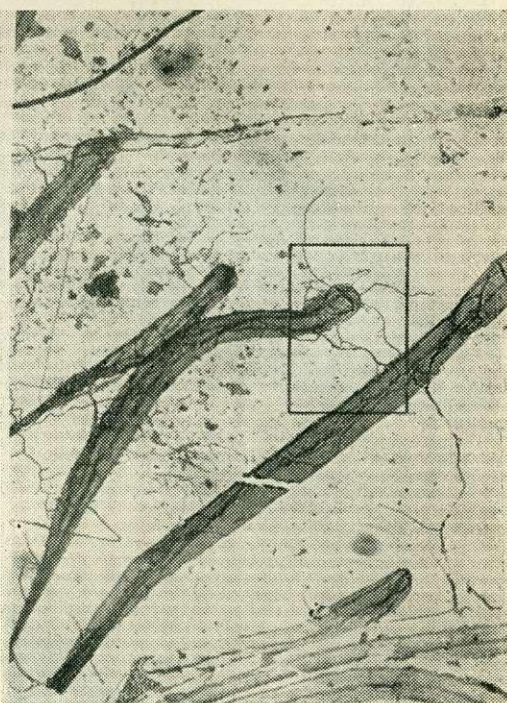


4. ábra. Actinomycesek mennyiségének változása az akác hajszálgökekerétől számított különböző távolságokban. Vízszintes tengelyen — a gyökértől számított távolság mm-ben. Függőleges tengelyen — előfordulási mutatószám. (Lásd szövegben.)

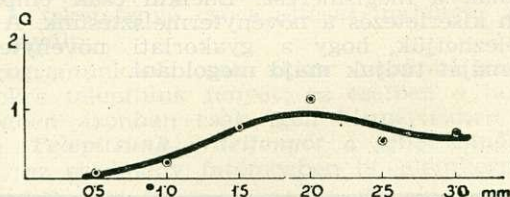




7. kép. Az akác gyökérszörszála körül elhelyezkedő *Actinomyces* telep. 1500-szoros nagyítás. Eredeti felvétel.



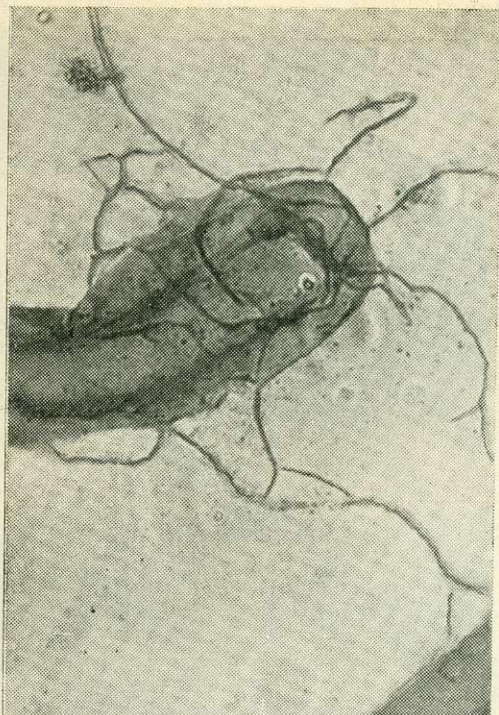
8. kép. A gyökérszörszálaikat behálózó *Actinomyces* 300-szoros nagyítás. Eredeti felvétel. (A bekeretezett részlet a 9. képen nagyobb nagyításban is látható.)



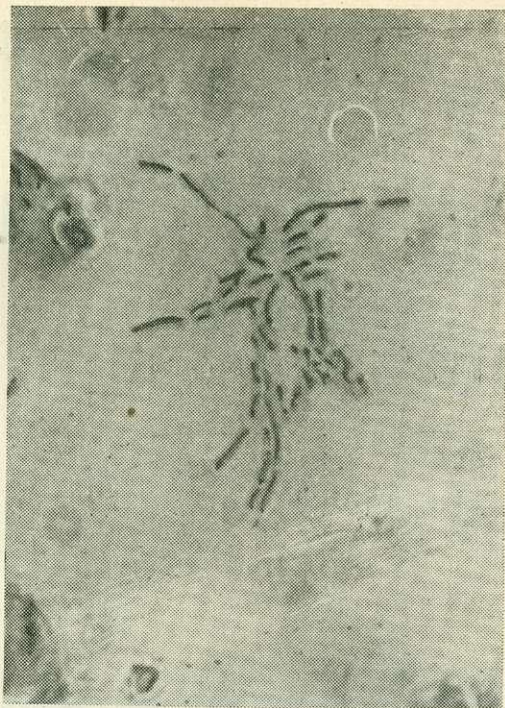
5. ábra. Mikroszkópikus gombák mennyiségének változása az akác hajszálgyökere-től számított különböző távolságokban. (Magyarázatot lásd 4. ábránál.)

Az akácnak is van tehát rizoszféra mikroflórája, nem kivételes fafaj. Jóllehet az akác, különösen fiatal korában, nitrogénszükségletének nagy részét a gyökérgumó-baktériumok útján fedezi, — erre utal, hogy a gyökérszónában a talaj szabadon élő, nitrogénkötő baktériumai: az *Azotobacter*ek és *Clostridium*ok viszonylag igen kis mennyiségben voltak kimutathatók — az egyéb tápanyagokat: a foszfort, káliót stb. éppen úgy a talajból veszi fel, mint bármelyik másik erdőgazdasági fafajunk. Ezt bizonyítja az a tény, hogy az akác gyökere körül is kialakul a mikroszervezetek specifikus életközössége, amelynek biztosan fontos szerepe van a magasabbrendű növény táplálkozásában.





9. kép. Actinomycetek által behálózott gyökérszőrészál csúcsai 1500-szoros nagyítás. Eredeti felvétel.



10. kép. Egyedülálló baktériumtelep a talajnak a gyökértől távolabb eső részében. 1300-szoros nagyítás. Eredeti felvétel.

A további kutatások feladata a gyökérszónában uralkodó viszonyoknak, a magasabbrendű növény és a rizoszféra mikroközösség tagjai között kialakult kapcsolatnak, kölcsönhatásoknak a megismerése. Enélkül csak empirikus tapasztalatokra támaszkodó bizonytalan kísérletezés a növénytermesztésünk. A kölcsönhatások ismeretében joggal feltételezhetjük, hogy a gyakorlati növénytermesztés számos, ma még ismeretlen problémáját tudjuk majd megoldani.

# AZ ERDŐ

AZ ERDÉSZET TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA

Megjelenik havonta

Előfizetési ára:

egy évre 60.— Ft

félévre 30.— Ft

Előfizethető:

a Mezőgazdasági Könyv- és Folyóiratkiadó  
Vállalatnál Budapest, V., Vécsey-utca 4  
MNB 46 fiókszámára