

Sugárgombák nyersfoszfátoldó képességének vizsgálata

A. N. IBRAHIM és I. M. ABDEL-AZIZ

*Al-Azhar Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar,
Mezőgazdasági Növénytaní Tanszék, Kairó (E. A. K.)*

A foszfor egyike a legfontosabb növényi tápelemeknek. Növényfiziológiai szerepe az anyagcsere folyamatokhoz szükséges energia közvetítésével kapcsolatos. A foszfor a talajba műtrágyák vagy növényi- és állati maradványok formájában kerül. Általában az egyértékű H_2PO_4^- iont tekintik a növények számára a legjobban felvehetőnek. A talajokba oldható formában bejuttatott foszforvegyületeknek a meszes talajokban csökken az oldhatóságuk és ezáltal a növényi felvehetőségük. A foszforvegyületeknek ez utóbbi átalakulása egyike a legfontosabb műtrágyázási problémáknak Egyiptomban. Szerencsére azonban egyes foszfátfeltárási mikroszervezetek biztosítják a magasabbrendű növények foszforszükségletének egy részét. Az oldáshoz szükséges nagy savkoncentráció biztosításának egyik előfeltétele a megfelelő mennyiségű könnyen hozzáférhető szénhidrát tartalom azonban csak ritkán fordul elő a talajokban.

A mikroszervezetek foszfátfeltárási képességével kapcsolatban számos közlemény jelent meg, és általában a *Bacillus megatherium*-ot találták a leghatékonyabbnak. Kevés ismeretünk van viszont a sugárgombák foszfátfeltárási képességéről.

Munkánk során néhány kiválasztott sugárgomba faj és törzs foszfátoldó képességét vizsgáljuk egyes módosító tényezők függvényében.

Anyag és módszer

11 fajhoz tartozó 42 sugárgomba törzs [5] foszfátfeltárási képességét vizsgáltuk. A tenyészeteket zablisztes agaros közegben tartottuk.

A használt nyersfoszfát 12% P_2O_5 -öt tartalmazott, szemcsemérete 2 mm-nél kisebb volt.

Az agyagásványok (montmorillonit, vermikulit és kaolinit) kationcserélő képességükben, víztartókéességükben, szemcseméretükben különböztek egymástól.

A felhasznált homok- és agyagos vályogtalaj kémiai elemzésének adatait más közleményünkben közöltük [6].

A lucerna (*Medicago sativa*, No. NS-BACKA ZMS-1 fajta) és árpa (*Giza 120* fajta) magokat a Mezőgazdasági Minisztérium Kutatási Központja (Kairó) biztosította.

Az oldható foszfortartalmat OLSEN et al. [18] szerint határoztuk meg a tápközegben. A növényminták összes-P tartalmát kénsav-perklórsav keverékkel történő roncsolás után az előbbi színelőhívással [18] határoztuk meg. A növényminták összes-N tartalmát Kjeldahl-féle semi-mikro módszerrel [19] határoztuk meg. A szerves savakat egydimenziós kromatográfiás eljárással Whatman 1. papírt használva határoztuk meg. Az oldószer n-butanol-hangyasav-víz, 10 : 1,1 : 10 arányú elegye volt [2]. A papírokat bromkrezol-zöld 0,1%-os alkoholos oldatába merítettük, a színt levegőn történő szárítás után mértük. A szerves savakat standard vegyületek R_f értékeihez történő összehasonlítás alapján azonosítottuk. A cukrokat a módosított Nelson módszer szerint [17] határoztuk meg. A szerves savmennyiséget az összes savtartalom — aminosavtartalom összefüggés alapján számítottuk.

A foszfátoldás mértékének vizsgálata

A kísérletet Pridham—Gottlieb féle tápközegben [20] végeztük, amelyben a pH-t 7,5-re állítottuk be, a nyersfoszfátot pedig finomra őrölt formában tettük a tápközegbe a sugárgombák foszforigényének kielégítése céljából. A 25%-os sterilizált nyersfoszfát szuszpenziót 150 ml-es Erlenmayer lombikban levő sterilizált tápközeghez adtuk 2 ml/50 ml tápközeg arányban. A sugárgombakoltás úgy történt, hogy minden edényhez 1 ml spora szuszpenziót adtunk a vizsgált törzsből, amelyet előzőleg 14 napon keresztül zablisztes élesztős agaros tápközegben tartottuk. A felvehető (oldódott) foszfortartalmat a szűrletekben határoztuk meg 14 napos 28 °C-on történő érlelés után. Ek kor az összes savmennyiséget és a pH-t is meghatároztuk.

A nedvességtartalom és szervesanyag-adagolás hatásának vizsgálata

100 g sterilizált agyagos vályog és homok talajhoz 1 g sterilizált nyersfoszfátot adtunk és alaposan összekevertük az elegyet. 10%-os glükózoldatból 5 ml-t adtunk az edények 50%-ába. A sugárgombával történő oltást a korábbiakhoz hasonlóan végeztük el. A talaj nedvességtartalmát a maximális vízkapacitás 30, 60 illetve 90%-án tartottuk, az elpárolgott vízmennyiséget desztillált vízzel pótoltuk. Az oldható foszfortartalmat és a glükóz megmaradt mennyiségét 1, 2, 4 és 6 hetes 30 °C-on történő érlelés után határoztuk meg.

Agyagásványok hatásának vizsgálata

100 ml-es centrifugacsőben levő Pridham-Gottlieb féle tápközeghez, amely már a nyersfoszfátot is tartalmazta, különböző koncentrációban montmorillonitot, kaolinitet és vermikulitot adtunk. Az oltást 14 napos *S. lavendulae* 124. törzs 1 ml spora szuszpenziójával végeztük el. 1, 2, 4 hetes 28 °C-on történő érlelés után mintákat vettünk, és a csövekben 18 órás rázatás után meghatároztuk a felülúszóban levő oldott foszfor mennyiségét. Ezután desztillált vízben újra szuszpendáltuk az anyagot és ismét 18 órán keresztül ráztuk. Ezt összesen háromszor ismételtük meg.

Sugárgombával történő oltás hatásának vizsgálata

A kísérletet üvegedényekben végeztük el, amelyekbe 0,75 kg sterilizált agyagos vályogtalajt [6] tettünk. A nyersfoszfátot és a glükózt (7,5%-os oldat)

0,75 g illetve 5 ml adagban adtuk a tenyészedényekhez. Az oltást *S. lavendulae* 124. törzs 5 ml spora szuszpenziójával végeztük el. Árpát és lucernát vetettünk 10 nappal az oltás után úgy, hogy 5 mag illetve 0,1 g mag jutott egy-egy edénybe. A kezeléseket 5 ismétlésben állítottuk be, az ismétléseket véletlenszerűen helyeztük el az üvegházban. Sterilizált desztillált vízzel öntöztük az edényeket és a 60%-os maximális vízkapacitás értéket tartottuk. A növényeket 45 nap után a talaj felszínén levágtuk, levegőn megszáritottuk és féltettük a szárazanyaghozam meghatározására, valamint a P és N tartalom vizsgálatára.

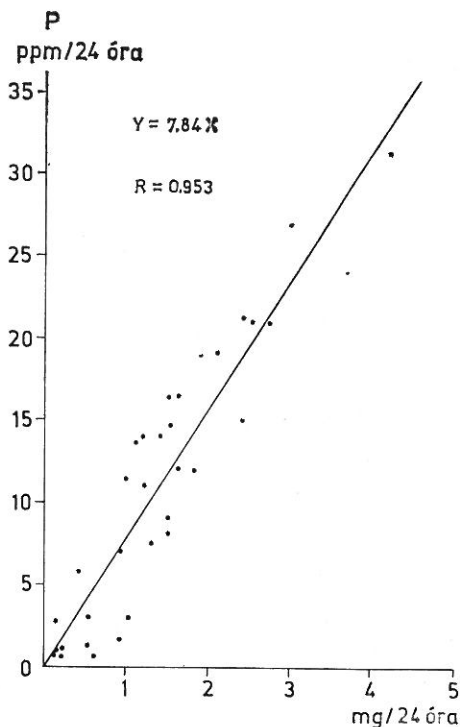
Eredmények és értékelésük

Nagy különbség mutatkozott meg a különböző sugárgombatorzsek által oldott foszformennyiségek között. Az *Alboniger*, *Griseus*, *Violaceoruber* fajok voltak a leghatékonyabbak e tekintetben. Más fajokhoz tartozó törzsek foszfátoldó képessége nagymértékben különbözött egymástól. A maximális aktivitást a *S. lavendulae* 124, a *S. roseus* 53, a *S. aureofaciens* 1019 és a *S. viridans* 581 törzseknél tapasztaltuk. Átlagosan 480, 480, 430 illetve 430 ppm P-t oldottak fel.

A fenti négy törzs által feloldott foszfor mennyisége az érlelés idejével (3, 7, 14 nap) növekedett. A 24 óra alatt feloldott foszfor mennyisége a fenti törzsek esetében sorban a következő volt: 27, 31, 19 és 24 ppm P.

Fordított volt viszont az összefüggés a pH és a feloldott foszfor mennyisége között, amit a pozitív korrelációs együttható nagy értéke jelez ($r = 0,95$) a keletkezett szerves savmennyiség és a feloldott foszfor mennyisége között (1. ábra). Ez megerősíti TAHA et al. [24] azon megfigyelését, hogy a pH, illetve a savanyúság és a foszfátoldó baktériumok által feloldott foszfor mennyisége között negatív illetve pozitív összefüggés van. A keletkezett savmennyiség 3,2; 4,2; 3,1 és 3,7 mg/50 ml tápközeg/24 óra volt a fenti sugárgombatorzsek esetén. Ez éppen egybeesik a vizsgált törzsek növekvő aktivitásával, miszerint *S. lavendulae* > *S. roseus* > *S. viridans* > *S. aureofaciens* a sorrend a csökkenő aktivitás irányában.

A tápközegben keletkezett szerves savak kromatográfiás vizsgálata citromsav, almasav és fumársav képződését mutatja a *S. lavendulae* törzs esetében, míg más törzseknél pedig csak a citromsav és az almasav jelenlétét mutattuk ki. Ez megerősíti sok szerző [1, 7, 11, 13, 22, 24] azon véleményét, hogy a tejsav, glikolsav, citromsav,

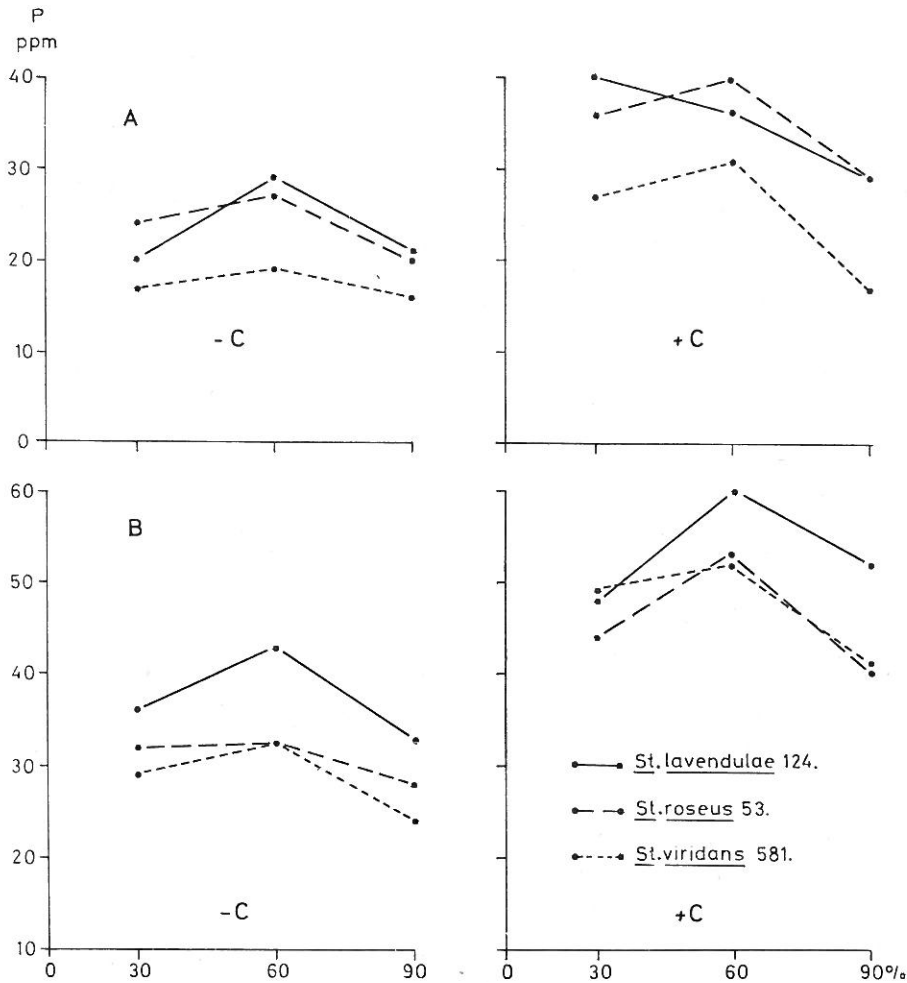


1. ábra

A keletkezett szerves savmennyiség és a feloldódott foszfor mennyisége közötti összefüggés. Vízszintes tengely: szerves savmennyiség mg/24 óra. Függőleges tengely: feloldódott foszformennyiség, ppm/24 óra.

borostyánkősav, oxálsav és a fő szerves savféleség, amit a foszfátoldó mikro-szervezetek termelnek.

A sugárgombák által feloldott foszformennyiségeknek a talaj nedvességtartalmától valamint a glükóz adagolásától való függését mutatja be a 2. ábra két talaj és három törzs esetében. A glükóz talajbajuttatása jelentősen növelte a foszfát-oldódás mértékét és pozitív korrelációt figyeltünk meg a felhasznált glükóz mennyisége és a feloldódott foszfor mennyisége között (3. ábra). Ez várható volt, mivel a heterotróf szervezetek által termelt szerves sav mennyisége az oxidálódott glükóz mennyiségével változik, és a fenti oldódás pedig csak



2. ábra

A sugárgombatörzsek által feloldott foszformennyiségnek a talaj nedvességtartalmától valamint a glükóz adagolástól való függése. Vízszintes tengely: a talaj nedvességtartalma a maximális vízkapacitás%-ában. Függőleges tengely: átlagosan feloldódott foszformennyiség, ppm P. A: vályogtalaj, B: homoktalaj, -C: glükóz nélkül, +C: glükóz adagolás mellett

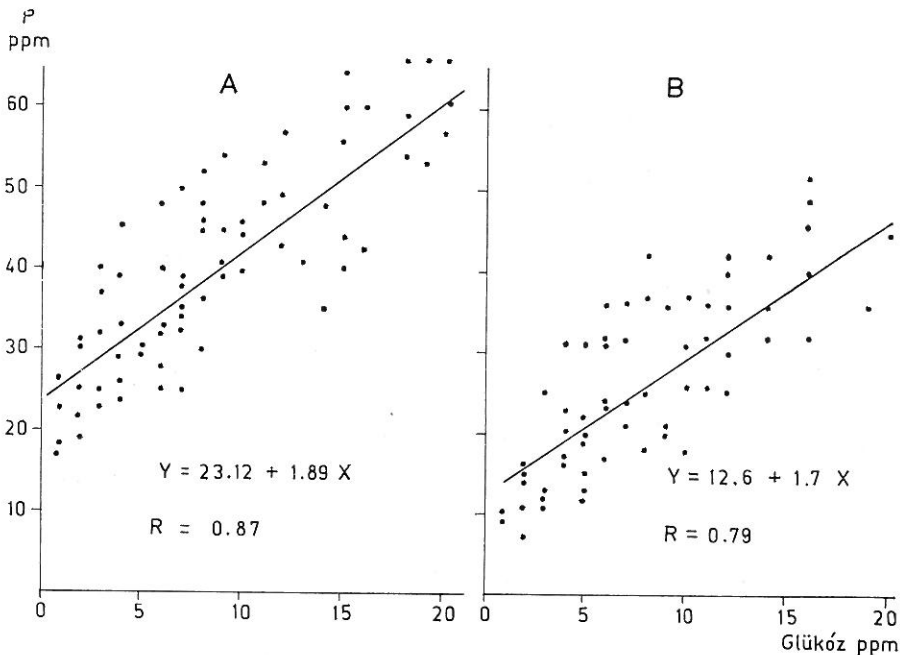
akkor megy végbe, ha széntartalmú közeg átalakult szerves savvá. KOBUS [8] szintén azt találta, hogy a szénhidrát jelenléte növelte a szerves foszfátok oldódásának mértékét. BAJPAI és RAO [1] azt állítják, hogy a glükóz lebontása során keletkező nem illékony szerves savak oldják fel a foszfátokat kelátképző hatásuk következtében.

Az oldódás mértéke nagyobb volt a homokos, mint a vályogos talajon, feltehetően a homoktalaj jobb levegőzöttsége következtében, valamint esetleg amiatt, hogy a feloldódott foszfátionokat az agyagos vályogtalaj adszorbeálja.

60%-os maximális vízkapacitás érték mellett tapasztaltuk a legnagyobb mértékű foszfátoldódást. Ez azzal magyarázható, hogy a sugárgombák aeróbok, és ezért csak az optimális nedvességtartalomig növekszik foszfátoldó hatásuk, a túlzott telítés viszont már akadályozza az oldás folyamatát [21].

Nem tapasztaltunk bizonyított különbségeket az egyes törzsek viselkedése között a homoktalajon, míg az agyagos talajon az *S. viridans* törzs bizonyult a legkevésbé hatékonynak.

Az agyagásványoknak a nyersfoszfát *S. lavendulae* 124. törzs általi oldhatóságára gyakorolt hatását a 4. ábrán mutatjuk be. Általában elmondható, hogy a foszformegkötődés növekedett az agyagásvány mennyiség növekedtével. A montmorillonit esetében több foszfor kötődött meg, mint a kaolinitnél, és a vermikulitnál pedig a legkevesebb. Mivel a vermikulit több Al-t tartalmazott mint a montmorillonit, — egyenlő adszorbeált Al mennyiség esetében — a vermikulit kötne meg több foszfort. LAG és DEV [10] kimutatták, hogy azokból a mintákból, amelyekben kaolinit volt a domináló agyagásvány, több fosz-



3. ábra

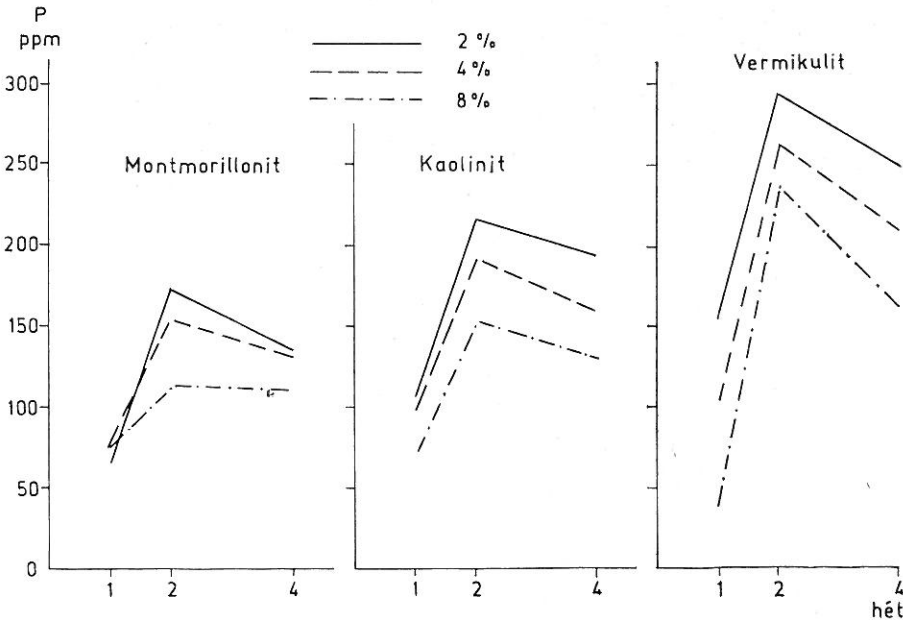
A sugárgombák által felhasznált glükózmennyiség és a feloldódott foszfor mennyisége közötti összefüggés. A: homoktalaj, B: vályogtalaj. Vízszintes tengely: felhasznált glükózmennyiség, ppm. Függőleges tengely: feloldódott foszformennyiség ppm.

for vált szabaddá, mint abból, ami elsősorban montmorillonitot tartalmazott. HALL és BARKER [4] kimutatták, hogy a megkötődött foszfor nagyobb része volt a montmorilloniton labilis formában, mint a vermikulit esetében.

A maximális foszformennyiség 2 hetes érlelés után oldódott fel, 4 hét után már kevesebb foszfor vált szabaddá. Ez azzal magyarázható, hogy a sugárgombák bizonyára ekkorra előregedtek, így a csökkent savtermelést ammónia keletkezése kísérte a lizin protolízise és ammonifikációja eredményeképpen. Az ammóniaképződést viszont a pH növekedése követte, ez viszont az oldható foszforvegyületek egy részének újraleválását okozta. NAKAYAMA és YAMASHITA [15] korábbi megfigyelése szerint a talajokhoz adott foszfor megkötődése csökkent a pH növekedésével. HALL és BARKER [4] azt tapasztalta, hogy a montmorillonit több foszfort kötött meg, míg a vermikulit pedig kevesebbet a pH növekedésével.

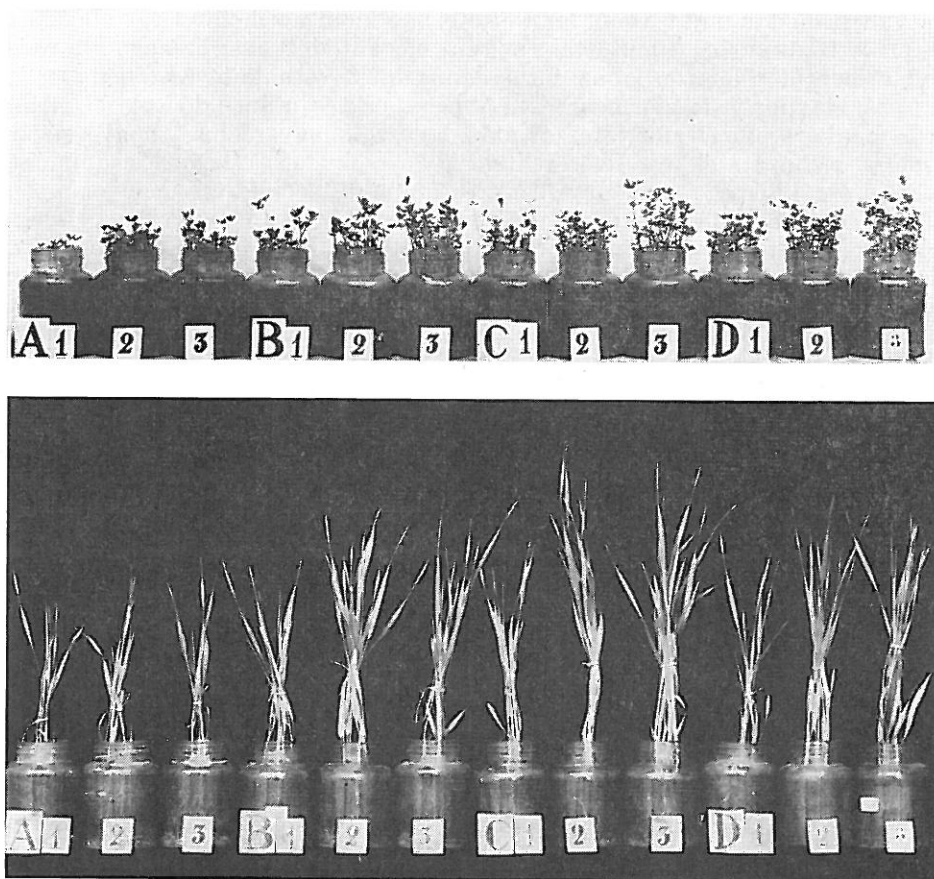
A különböző sugárgombatorzsekkel történő oltás jelentősen növelte a szárazanyaghozamot a lucerna és az árpa esetében (5. ábra). Nem volt jelentős különbség az egyes törzsek között, bár a legnagyobb termést a *S. lavendulae* 124. törzssel nyertük. A két másik törzs is azonban jó termést okozott. Összefoglalva megállapítható, hogy a sugárgombaoltás kb. 70 illetve 60%-kal növelte a szárazanyaghozamot a lucerna illetve az árpa esetében. Az oltásnak a foszfát-oldó szerzetekre gyakorolt pozitív hatását már több esetben is megfigyelték [3, 9, 12, 14, 16, 24].

A szervesanyag adagolása — glükóz — fontos szerepet játszott a nyersfoszfát oldásának növelésében, és ezáltal szárazanyagtermés-növekedést okozott.



4. ábra

Az agyagásványok hatása a nyersfoszfát *S. lavendulae* 124. törzs által való oldhatóságára. Vízszintes tengely: érlelés ideje, hét. Függőleges tengely: feloldódott foszformennyiség, ppm.



5. ábra

A sugárgombaoltás hatása a lucerna és az árpa növekedésére. A: kontroll kezelés, B: *S. lavendulae* 124., C: *S. roseus* 53. D: *S. viridans* 581. 1 = kontroll (-P = foszfor nélkül, -C = glükóz nélkül) 2 = +P, -C (foszforral, glükóz nélkül) 3 = +P, +C (foszforral, glükózzal)

zott. Ez a növekedés átlagosan 14 illetve 2% volt a lucerna és az árpa esetében. Ez várható volt az irodalom alapján is, mivel a szervesanyagok lebomlása során keletkező szerves savmennyiség növeli a foszfátok oldhatóságát [1, 23].

A foszfor- és nitrogénfelvétel a szárazanyaghozamhoz hasonló tendenciát mutatott. Általában elmondható, hogy a legnagyobb P-felvétel a nyersfoszfát-glükóz-*S. lavendulae* 124. oltás kombináció mellett volt.

Összefoglalás

A sugárgombák 11 fajához tartozó 42 törzssel vizsgáltuk a nyersfoszfát oldódását. A különböző törzsek között nagy eltérés volt, a legnagyobb foszfátoldó képességet a *S. lavendulae* 124, a *S. roseus* 53, a *S. aureofaciens* 1019

és a *S. viridans* 581 törzsek mutatták. Citromsavat, almasavat és fumársavat termeltek a sugárgombák a tápközegben. A tápközegben szoros összefüggés volt a beépült sav mennyisége és a feloldódott foszformennyiség között.

Az oldódás sebessége nagyobb volt a homoktalajon, mint az agyagos vályogtalajon, és 60%-os vízkapacitás mellett mint 30%- és 90%-nál. A glükóz jelenléte növelte a foszfátok oldódását, és szoros összefüggést kaptunk a szabaddá vált foszfor- és a felhasznált cukormennyiség között.

A talajok foszfátmegkötő képessége növekedett az agyagásványok mennyiségének növekedésével. A legnagyobb megkötődést a montmorillonit, a legkisebbet a vermikulit esetében tapasztaltuk.

A különböző sugárgomba törzsekkel történő oltás jelentősen növelte a lucerna és az árpa szárazanyaghozamát valamint N és P felvételét. A maximális terméshozamot az *S. lavendulae* 124. törzsszel érték el, glükózadagolás mellett jelentősen nőtt az egyes sugárgombatörzsek hatékonysága.

I r o d a l o m

- [1] BAJPAI, P. D. & RAO, W. V.: Phosphate solubilising bacteria. 2. Extracellular production of organic acids by selected bacteria solubilising insoluble phosphate. 3. Soil inoculation with phosphorus solubilising bacteria. *Soil Sci. Pl. Nutr.* **17**. 44-45., 46-53. 1971.
- [2] BUCH, N. L., MONTGOMERY, R. & PORTER, W. L.: Identification of organic acids on paper chromatograms. *Anal. Chem.* **24**. 489-491. 1952.
- [3] EWEDA, W. E.: Some studies on phosphate dissolving bacteria isolated from the rhizosphere of some plants. M. Sc. Thesis Ain Shams Univ. Cairo. 1976.
- [4] HALL, J. K. & BARKER, D. E.: Phosphorus fixation by montmorillonite and vermiculite as influenced by pH and soluble Aluminium. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **35**. 876-881. 1971.
- [5] IBRAHIM, A. N.: Streptomycetes population of the soil and rhizosphere of berseem and lucerne. *Al-Azhar Bull. Agric. Sci.* 1976.
- [6] IBRAHIM, A. N. & MAHMOUD, M. H.: Karbamid vegyületek hidrolízise sugárgombák által. *Agrokémia és Talajtan.* **26**. 399-414. 1977.
- [7] JOHNSTON, H. W.: The solubilization of insoluble phosphate. 5. The action of some organic acids on iron and aluminium phosphates. *N. Z. J. Sci.* **2**. 215-218. 1959.
- [8] KOBUS, J.: The influence of carbon nutrition on the ability of microorganisms to liberate phosphates from insoluble compounds. *Acta Microbiol. Polon.* **11**. 265-269. 1962.
- [9] KRASZIL'NIKOV, N. A. & KOTELEV, V. V.: Kacsesztvennoe opredelenie foszfataznoj aktivnoszti nekotoryh grupp pocsvennih mikroorganizmov. *Dokl. AN SSSR.* **117**. 894-895. 1957.
- [10] LAG, J. & DEV, G.: Retention of phosphate by clay fractions of weathered products from different Norwegian rocks. *Acta Agric. Scand.* **15**. 25-30. 1965.
- [11] LAUW, H. A. & WEBLEY, D. M.: A study of soil bacteria dissolving certain mineral phosphate fertilizers and related compounds. *J. Appl. Bact.* **22**. 227-233. 1959.
- [12] MISUSZTIN, E. N.: „Foszforobakterin” i ego effektivnoszt'. *Izv. Tszha* (4) 65-83. 1967.
- [13] MISUSZTIN, E. N.: Microbiological processes mobilizing P compounds in soil. *Rev. Ecol. Biol. du sol.* **9**. 521-528. 1972.
- [14] MISUSZTIN, E. N. & NAUMOVA, A. N.: Bakterial'nue udobrenija ih effektivnoszt' i mehanizm dejstvija. *Mikrobiologija.* **31**. 543-555. 1962.
- [15] NAKAYAMA, T. & YAMASHITA, T.: The availability and fixation of phosphorus in soil. 5. Influence of soil pH on fixation of phosphorus added to the soil. *Bull. Hatano Tob. Exp. Stat.* **60**. 99-104. 1967.
- [16] NOVIKOVA, A. T.: Effektivnoszt' foszfobakterina na pocsvah kusztanajskoj oblaszti v zaviszimoszti ot szposzoba ih obrabotki. *Agrobiologija* (4) 604-612. 1959.

- [17] Official methods of analysis of official agricultural chemists. AOAC. 9th ed. Washington. 1960.
- [18] OLSEN, S. R. et al.: Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Dept. Agric. Circ. 939. 1954.
- [19] PIPER, C. S.: Soil and plant analysis. Univ. of Adelaide. 1950.
- [20] SHIRLING, E. B. & GOTTLIEB, D.: Methods for characterization of *Streptomyces* species. Internat. J. System. Bact. **16**. 313—340. 1966.
- [21] SIMPSON, J. R. & WILLIAMS, C. H.: The effects of fluctuations in soil moisture content on the availability of recently applied phosphate. Aust. J. Soil Res. **8**. 209—219. 1970.
- [22] SPERBER, J. I.: Solution of mineral phosphates by soil bacteria. Nature. **180**. 994. 1957.
- [23] SUNDARA, RAO, W. V., DAJPAI, P. D. & SHARMA, J. P.: Solubilization of phosphates by phosphorus bacteria and the influence of seed bacterization on the uptake by the crop. J. Indian Soc. Soil Sci. **11**. 209—219. 1963.
- [24] TAHA, S. M. et al.: Activity of phosphate-dissolving bacteria in Egyptian soils. Pl. Soil. **31**. 149—160. 1969.

Érkezett: 1976. október 29.

Solubilization of Rock Phosphate by Streptomyces

A. N. IBRAHIM and I. M. ABDEL-AZIZ

Department of Agricultural Botany, Faculty of Agriculture, Al-Azhar University, Cairo (U.A.R.)

Summary

Rock phosphate was solubilized by 42 strains of *Streptomyces*, belonging to 11 series. Great variation was found between the different strains, and maximum activity was recorded by *S. lavendulae* 124, *S. roseus* 53, *S. aureofaciens* 1019 and *S. viridans* 581. Citric, malic and fumaric acids were detected in the culture media, where a positive correlation was calculated between total acidity and amounts of released P.

Rate of solubilization was found to be higher in the sandy than in the clay loamy soil, and under 60% than under 30% or 90% whc. Addition of glucose significantly increased phosphate solubilization, and a positive correlation was recorded between amounts of released P, and consumed sugars.

Phosphorus retention was increased with increasing concentrations of clay minerals. The highest and lowest powers were recorded with montmorillonite and vermiculite respectively.

Inoculation with the different strains significantly increased dry matter yields and N and P uptake by lucerne and barley plants. Maximum increase was recorded with *S. lavendulae* 124, and addition of glucose significantly increased the efficiency of the different strains.

Fig. 1. Connection between the amount of the formed organic acid and solubilized phosphorus. Horizontal axis: organic acid mg/24 hours. Vertical axis: solubilized phosphorus ppm/24 hours.

Fig. 2. Amount of phosphorus released by ray fungi depending on the soil moisture content as well as the glucose addition. Horizontal axis: the soil moisture content in % of the maximum water capacity. Vertical axis: mean of solubilized phosphorus quantity, ppm P. A: loam soil, B: sandy soil, —C: without glucose, +C: with glucose addition.

Fig. 3. Connection between the amount of glucose used by the ray fungi and the solubilized phosphorus. A: sandy soil, B: loam soil, Horizontal axis: used glucose, ppm. Vertical axis: solubilized phosphorus, ppm.

Fig. 4. Effect of clay minerals on solubilization of rock phosphate by *S. lavendulae* 124. Horizontal axis: experimental period, week. Vertical axis: solubilized phosphorus, ppm.

Fig. 5. Effect of the inoculation of ray fungi on the growth of lucerne and barley. A: control, B: *S. lavendulae* 124., C: *S. roseus* 53., D: *S. viridans* 581. 1 = control (—P = without phosphorus, —C = without glucose) 2 = +P, —C (with phosphorus, without glucose) 3 = +P, +C (with phosphorus and glucose).

Solubilización de la roca fosfatada por Streptomyces

A. N. IBRAHIM y I. M. ABDEL-ALIZ

Departamento de Botánica Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad de Al-Azhar, Cairo (Egipto)

Resumen

Roca fosfatada fue solubilizada por 42 cepas de Streptomyces pertenecientes a 11 especies. Se observó gran diferencia entre las especies investigadas y la máxima actividad hemos encontrado en las *S. lavendulae* 124, *S. roseus* 53, *S. aureofaciens* 1019 y *S. viridans* 581. En el medio nutritivo fueron detectados los ácidos cítrico, málico y fumarico donde se calcularon correlaciones positivas entre la acidez total y las cantidades del fósforo disueltos.

Encontramos que el porcentaje de la solubilización era más alto en el suelo arenoso que en el loam arcilloso, luego más alto en el estado de humedad correspondiendo a los 60 % que a los 30% o 90% de la capacidad al agua. La adición de glucosa aumentó significativamente la solubilización del fosfato y fue calculada una correlación positiva entre la cantidad disuelta del fósforo y la del azúcar consumido.

La retención del fósforo se aumentó a la medida del incremento de la concentración de los minerales arcillosos. El valor más alto hemos encontrado en el caso de la montmorillonita y el más bajo con la vermiculita.

La inoculación con los diferentes cepas aumentó significativamente la producción de materia seca y la absorción del N y P por las plantas alfalfa y cebada. El más alto valor del aumenmento ha sido determinado en *S. lavendulae* 124, y la adición de glucosa significativamente incrementó la eficiencia de los diferentes cepas.—

Fig. 1. Relación entre la cantidad de los ácidos formados y el fósforo solubilizado. Eje horizontal: ácido orgánico, mg/24 horas. Eje vertical: fósforo solubilizado, ppm/24 horas.

Fig. 2. La cantidad disuelta del fósforo por los hongos de rayo en función del contenido de humedad del suelo y la cantidad de la glucosa añadida respectivamente. Eje horizontal: contenido de humedad en % de la máxima capacidad al agua. Eje vertical: promedio de la cantidad del fósforo solubilizado, P ppm. A: loam, B: suelo arenoso, —C: sin glucosa, +C: con adición de glucosa.

Fig. 3. Relación entre la glucosa consumida por los hongos de rayo y el fósforo solubilizado. A: suelo arenoso, B: loam. Eje horizontal: glucosa consumida, ppm. Eje vertical: fósforo solubilizado, ppm.

Fig. 4. Efecto de los minerales arcillosos sobre la solubilización de la roca fosfatada por *S. lavendulae* 124. Eje horizontal: periodo de experimentación, meses. Eje vertical: fósforo solubilizado, ppm.

Fig. 5. Efecto de la inoculación con hongos de rayo sobre el desarrollo de alfalfa y cebada. A: control, B: *S. lavendulae* 124, C: *S. roseus* 53, D: *S. viridans* 581. 1 = control (—P: sin fósforo, —C: sin glucosa), 2 = +P, —C (con fósforo, sin glucosa), 3 = +P, +C (con fósforo y glucosa).—

Изучение способности лучистых грибов растворять сырые фосфаты

A. H. ИБРАХИМ и И. М. АБДЕЛ-АЗИЗ

Университет Ал-Азхар, Сельскохозяйственный факультет, кафедра сельскохозяйственного растениеводства, Каир (А. Р. Е.)

Резюме

Изучали растворимость сырых фосфатов, используя 42 штамма 11 видов лучистых грибов. По способности растворять фосфаты штаммы сильно различались друг от друга. Самую большую фосфаторастворяющую способность наблюдали у штаммов *S. lavendulae* 124, *S. roseus* 53, *S. aureofaciens* 1019, *S. viridans* 581. В питательной среде лучистые грибы производили лимонную, яблочную и fumarовую кислоты. Нашли тесную зависимость между общим количеством кислот и количеством растворенного фосфора.

На песчаных почвах скорость растворения была выше по сравнению с тяжело-суглинистыми почвами, также она была выше при влажности, составляющей 60% от общей влагоемкости, по сравнению с 30 и 90%-ами. Наличие глюкозы повышало растворимость фосфатов; получили тесную зависимость между количеством освобожденного фосфора и количеством использованного сахара.

Способность почвы связывать фосфаты повышалась с увеличением содержания глинистых минералов. Самую большую адсорбцию наблюдали у монтмориллонита, самую незначительную — у вермикулита.

Инокуляция различными штаммами лучистых грибов повысила выход сухого вещества люцерны и ячменя, а также усвоение азота и фосфора. Максимальное увеличение урожая наблюдали при инокуляции штаммом *S. lavendulae* 124., при добавлении глюкозы значительно увеличилась активность отдельных штаммов лучистых грибов.

Рис. 1. Зависимость между количеством образованной органической кислоты и количеством растворенного фосфора. По горизонтальной оси: количество органической кислоты мг/24 часа. По вертикальной оси: количество растворенного фосфора, ppm/24 часа.

Рис. 2. Количество фосфора растворенного лучистыми грибами в зависимости от влажности почвы и от количества прибавленной глюкозы. По горизонтальной оси: влажность почвы в процентах от максимальной влагоемкости. По вертикальной оси: среднее количество растворенного фосфора, ppm P. А: суглинистая почва. В: Песчаная почва. — С: без глюкозы. + С: с глюкозой.

Рис. 3. Зависимость между количеством глюкозы использованной лучистыми грибами и количеством растворенного фосфора. А. Песчаная почва. В. Суглинистая почва. По горизонтальной оси: количество использованной глюкозы, ppm. По вертикальной оси: количество растворенного фосфора, ppm.

Рис. 4. Влияние глинистых минералов на способность штамма *S. lavendulae* 124. растворять сырые фосфаты. По горизонтальной оси: время инкубации, неделя. По вертикальной оси: количество растворенного фосфора, ppm.

Рис. 5. Влияние инокуляции лучистыми грибами на рост люцерны и ячменя. А. Контрольный вариант. В. *S. lavendulae* 124., С. *S. roseus* 53., D. *S. viridans* 581. 1 = контроль (-P = без фосфора, — С = без глюкозы). 2 = +P, — С (с фосфором, без глюкозы). 3 = +P, +С (с фосфором, с глюкозой).