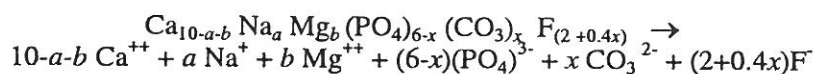


Szuperfoszfát és nyersfoszfát hatása két hazai talaj víz- és AL-oldható P-tartalmára inkubációs kísérletben

OSZTOICS ANDRÁS^{NÉ}, RADIMSZKY LÁSZLÓ és NÉMETH TAMÁS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

A növények a foszfort a talajból zömmel foszfátió formájában veszik fel. Ha a P-trágyát vízben nem oldódó nyersfoszfát formájában adjuk a talajhoz, a nyersfoszfátnak először fel kell táródnia (oldódnia) a talajban ahhoz, hogy foszfátiókat szolgáltatson. A nyersfoszfátok főleg apatitok, melyek oldódása során a következő kationok és anionok kerülnek a talajoldatba (CHIEN & BLACK, 1976; CHIEN, 1977):



A nyersfoszfátok foszfortrágyaként történő alkalmazását elsősorban a savanyú és a mérsékelten savanyú talajokon ajánlják. Ezeken a talajokon a nyersfoszfát feltáródásának és oldódásának az az alapvető oka, hogy e talajokban a P-vegyületek közül nem az apatit a legalacsonyabb szabadenergiájú forma, hanem a Fe-és Al-foszfát (KHASAWNEH & DOLL, 1978).

Egy adott nyersfoszfát alkalmazását követően, P-tartalmának talajoldatba kerülése elsősorban a talaj tulajdonságaitól, az éghajlattól, és magának a nyersfoszfátnak a fizikai és kémiai sajátosságaitól (kémiai reaktivitása, részecske nagysága stb.) függ. Az alacsony pH, kis felvehető P-tartalom és kicserélhető Cationkapacitás, valamint a nagy kationkicserélő kapacitás (és ennek telítetlensége) és az átlagosnál nagyobb humusztartalom kedvezően befolyásolják a nyersfoszfát oldódását (KHASAWNEH & DOLL, 1978; HAMMOND et al., 1986; CHIEN & MENON, 1995; RAJAN et al., 1996).

A talajban a foszforátalakulási folyamatokban jelentős szerepet játszó környezeti tényezők (talajnedvesség-tartalom, hőmérséklet) hatását is vizsgálták a nyersfoszfátok oldatba kerülésére. A nyersfoszfát oldódásának sebesség meghatározó lépése az oldódott termékek (Ca-, foszfátió) diffúziója a nyersfoszfátrészecskék felületéről (KIRK & NYE, 1986a,b). A talaj nedvességtartalmának növekedése növeli az ionok effektív diffúziós koefficiensét (NYE, 1979). Így a csapadék, a talaj nedvességtartalmának növekedése elősegíti a nyersfoszfát oldódását (KHASAWNEH & DOLL, 1978; HAMMOND et al., 1986; AN-

DERSON & SALE, 1993; WATKINSON, 1994; SIKORA & GIORDANO, 1995). Ugyanakkor a hőmérséklet-emelés hatására a nyersfoszfát oldódása a talajban számottevően nem változik (CHIEN et al., 1980; RAJAN et al., 1996).

A hazánkban kereskedelmi forgalomban levő szuperfoszfát és az Algériából származó nyersfoszfát agronómiai hatásának összehasonlítására beállított kísérletsorozatunk keretében ebben a munkánkban inkubációs kísérletben vizsgáltuk a két foszfortrágya P-tartalmának talajban történő átalakulását különböző talajnedvesség-tartalom és hőmérséklet biztosítása mellett.

Anyag és módszer

Inkubációs vizsgálatainkat egy közepesen savanyú pszeudoglejes barna erdőtalajból (Szentgyörgyvölgy), és egy gyengén savanyú csernozjom barna erdőtalajból (Kompolt) gyűjtött talajmintákkal végeztük. Ezek a talajminták szuper- és nyersfoszfáttal beállított szabadföldi tartamkísérletek (CSATHÓ & NÉMETH, 1997) kontrollterületeiről származnak, egy korábban beállított tenyészedény-kísérlet (OSZTOICS et al., 1997; NÉMETH & OSZTOICS, 1997; NÉMETH et al.,

1. táblázat

Az érlelt talajok főbb jellemzői

(1) Vizsgált talajtulajdonság*	(2) Pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szent- györgyvölgy)	(3) Csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt)
pH (H ₂ O)	5,90	6,40
pH (KCl)	4,40	5,00
a) AL-P ₂ O ₅ , mg/kg	130	60
b) Vizes-P, mg/kg	14,0	11,93
c) Összes-P, mg/kg	1110	499
d) Kationkicserélő kapacitás (CEC), me/100 g	9,31	30,10
e) Bázis telítettség (S-érték), me/100 g	8,70	29,40
f) Kicserélhető Ca, me/100 g	6,51	24,30
g) Kicserélhető Mg, me/100 g	2,01	4,42
h) Oxalát-oldható Fe mg/kg	6090	3660
i) Oxalát-oldható Al, mg/kg	422	568
j) Összes só, %	< 0,02	0,04
k) Telítési % (SP)	52	50
l) Hidrolitos aciditás, %, (y ₁)	13,3	9,3
m) Szerves anyag, %	1,86	3,49

* pH (H₂O) = 1:2,5, talaj:H₂O (SARKADI, 1982); pH (KCl) = 1:2,5, talaj:1 M KCl; AL-P₂O₅ (ÉGNER, RIEHM & DOMINGO, 1960); Összes-P: a talajminták cc. HNO₃ és H₂O₂ elegyével történő roncsolása után plazmaemissziós spektrometria (ICP) módszerrel mértük; CEC, S-érték és a kicserélhető Ca, Mg (RICHARDS, 1954); Oxalát-oldható Fe, Al (ROSS & WANG, 1993)

1995) két talajához hasonlóan, de az érlelési kísérlet talajait egy későbbi időpontban gyűjtöttük be. A talajok tulajdonságait az 1. táblázatban mutatja be.

Az inkubációhoz 400 g légszáraz talajt mértünk be edényenként, és az algériai nyersfoszfát (APR) és a szuperfoszfát (SSP) 100, 200, 400 mg P_2O_5 /kg adagjait adtuk a talajhoz. A P-trágyák P-hatóanyag-tartalmát az ásványi savban való oldhatósága alapján számítottuk ki (OSZTOICS et al., 1997). A kísérlet teljes időtartama alatt a talaj nedvességtartalmát a talaj maximális vízkapacitásának 30 és 50 %-án, az inkubációs hőmérsékletet 25 és 40 °C-on tartottuk. Az inkubációs kísérlet során 10 alkalommal mértük a talajminták vízdoldható és AL-oldható P-tartalmának, valamint a pH (H_2O) változását. Az első mintavételre a bekeverést követő első napon, majd a további mintavételekre az érlelési kísérlet 3., 7., 14., 21., 28., 56., 84., 128. és 202. napján került sor.

Az adatok feldolgozása az FVA7 programmal történt, egy- ill. háromtényezős véletlen blokk + két sáv elrendezéssel (SVÁB, 1981).

Eredmények és értékelésük

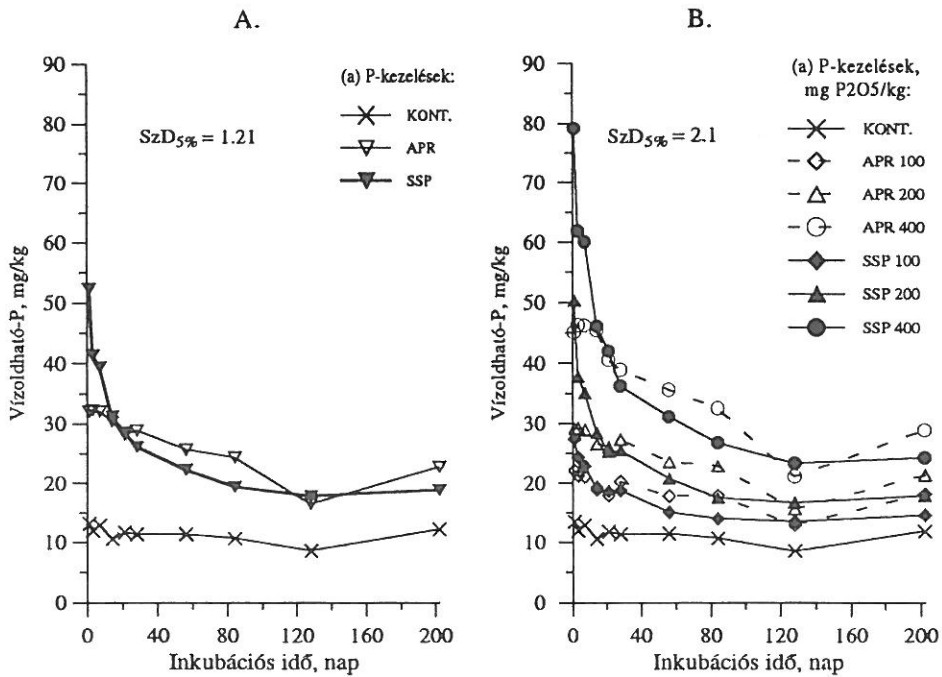
A nyers- és szuperfoszfát-kezelések hatása a felvehető P-tartalomra

A vízdoldható P-tartalom változása

Az azonos P-hatóanyag-tartalmú (100, 200, 400 mg P_2O_5 /kg) nyers- és szuperfoszfát-kezelések hatására a szentgyörgyvölgyi barna erdőtalaj kezdeti (eredeti, kiindulási) vízdoldható P-tartalma a bekevert trágyák féleségének, oldhatósági viszonyainak (1.A. ábra), a P-adagoknak (1.B. ábra), és a vizsgálati körülményeknek (hőmérséklet, nedvességtartalom) (2. és 3. ábra) megfelelően különböző mértékű volt a kísérlet kezdetén. (A vizsgált tényezők hatását mindig a többi paraméter átlagában mutatjuk be az ábrákon.)

Az inkubáció kezdetén a kiindulási talajminták vízdoldható P-tartalmát a szuperfoszfát-kezelések – nagy vízdoldható P-tartalmuknak megfelelően – az azonos P-hatóanyag-tartalmú nyersfoszfáténál jóval nagyobb mértékben növelték (1. A., B. ábra). Nemcsak ez a kezdeti vízdoldható P-érték, hanem a vízdoldható P-tartalom időbeli változása is eltérő volt a szuperfoszfáttal és a nyersfoszfáttal kezelt mintákban (1.–3.A., B. ábra). A szuperfoszfáttal kezelt minták vízdoldható P-tartalmának időbeli csökkenése – irodalmi (LARSEN, 1967; FOX & KAMPRATH, 1970; ENFIELD, 1974; RYDEN et al., 1977; BARROW, 1983) és saját korábbi kinetikai megfigyeléseinkhez (OSZTOICS, 1984; OSZTOICS & VARRÓ, 1986; OSZTOICS et al., 1988) hasonlóan – két részre volt osztható. Az inkubáció kezdetén (kb. 10–20 napig) gyors csökkenést figyelhettünk meg, amit egy lassú változás követett.

A nyersfoszfáttal kezelt talajminták vízdoldható P-tartalma – a nyersfoszfát biotikus és abiotikus úton történő feltáródási és megkötődési folyamatainak eredményeként – az inkubáció első napjaiban alig mutatott változást, majd az



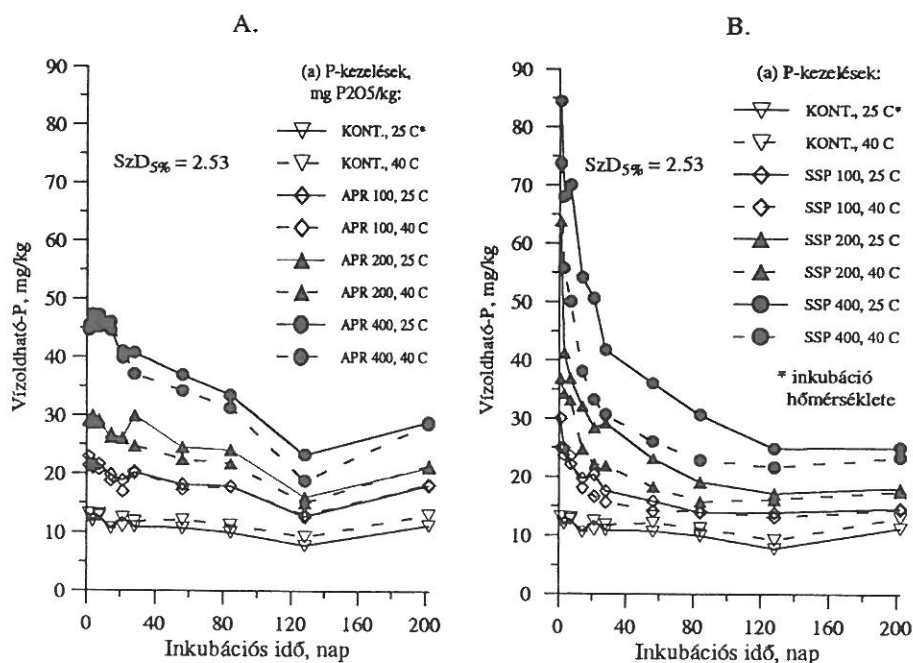
1. ábra

Az algériai nyersfoszfát (APR) és a szuperfoszfát (SSP) hatása a pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy) vízoldható P-tartalmára az inkubációs idő függvényében. A. A P-adagok átlagában. B. Kezelésenként külön-külön

inkubáció előrehaladtával fokozatosan csökkent, átlagosan 20–40 %-kal. A nyersfoszfáttal kezelt talajminták vízoldható P-tartalmának csökkenését tapasztalták CHIEN és munkatársai (1980), valamint FARDEAU és munkatársai (1988) is.

A környezeti tényezők közül a hőmérséklet hatásának vizsgálata a vízoldható P-trágyák átalakulására a talajban és a talajt alkotó anyagokon sokkal szélesebb körű (HASEMAN et al., 1950; LOW & BLACK, 1950; MULJADI et al., 1966; GARDNER & JONES, 1973; BARROW, 1974, 1979; KUO & LOTSE, 1974; BARROW & SHAW, 1975; HARTIKANEN, 1979; NISKANEN, 1990), mint a nyersfoszfáté (CHIEN et al., 1980.; RAJAN et al., 1996).

Kísérletünkben a szuperfoszfáttal kezelt talajminták vízoldható P-tartalmát – a nyersfoszfáttal kezelt mintáktól eltérően – a hőmérséklet nagyobb mértékben befolyásolta, mint a nedvességtartalom (2.B., 3.B és 4.B ábra). A szuperfoszfát-kezelésekben magasabb hőmérsékleten alacsonyabb volt a vízoldható P-tartalom. Ez az irodalmi adatokkal egyező saját mérési eredményeink alapján azzal magyarázható, hogy a szuperfoszfát vízoldható P-tartalma magasabb hő-

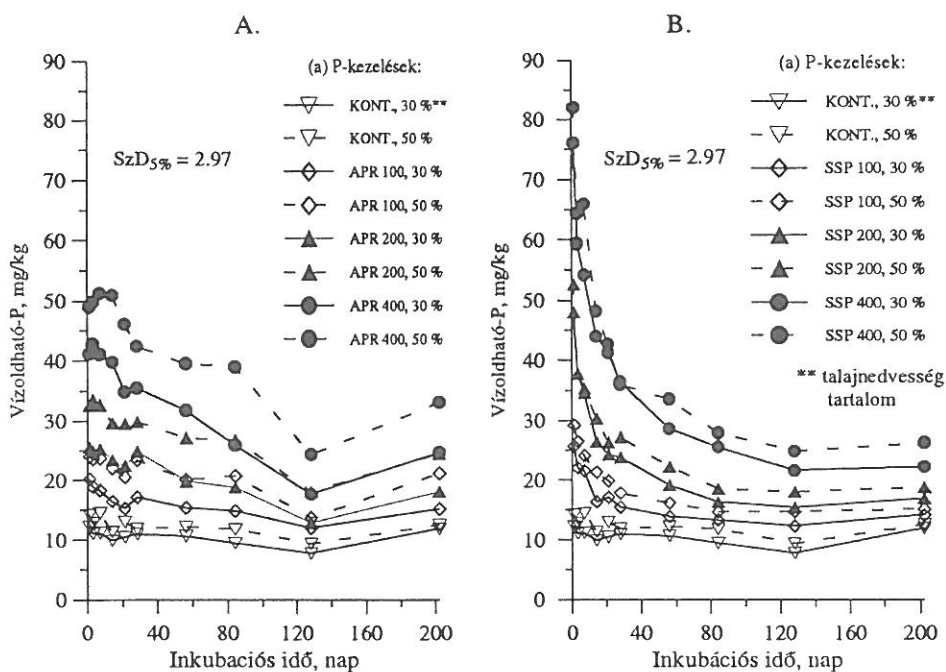


2. ábra

A hőmérséklet hatása a pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy) vízoldható P-tartalmára az inkubációs idő függvényében.
 A. Algériai nyersfoszfát (APR). B. Szuperfoszfát (SSP)

mérsékleten nagyobb sebességgel kötődik meg a talajban, mint alacsonyabb hőmérsékleten (GARDNER & JONES, 1973; BARROW, 1974, 1979; BARROW & SHAW, 1975; OSZTOICS et al., 1994). A hőmérsékletnek a szuperfoszfát-kezelésekben a vízoldható P-tartalom változására kifejtett fenti hatása főleg az inkubáció első felében volt megfigyelhető. Azonos hőmérsékleten általában a magasabb nedvességtartalomnál mértünk nagyobb vízoldható P-tartalmat.

Az algériai nyersfoszfáttal beállított kezelésekben a hőmérsékletnek nem volt jelentős hatása a talaj vízoldható P-tartalmára (2.A. ábra). CHIEN és munkatársai (1980) észak-karolinai nyersfoszfáttal végzett kísérletükben szintén azt tapasztalták, hogy a hőmérsékletnek nem volt szignifikáns hatása a talaj vízoldható P-tartalmának alakulására. A hőmérséklet ezen hatása a nyersfoszfátnak a talajban történő feltáródására valószínűleg azzal magyarázható, hogy az aktuálisan mért vízoldható P-tartalom minden esetben két ellentétes folyamat eredménye. Az egyik folyamatban a nyersfoszfát oldódása során foszfor jut a talajoldatba, míg a másik folyamatban ennek a foszfornek egy része megkötődik a talajban. Irodalmi adatok szerint mind a két folyamat hőmérséklet függő, a reakciók sebessége a hőmérséklettel nő. SMITH és munkatársai (1977), valamint BARROW és SHAW (1975) vizsgálatai szerint a foszfor oldódásának és meg-



3. ábra

A talaj nedvességtartalmának hatása a pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy) vízoldható P tartalmára az inkubációs idő függvényében.

A. Algériai nyersfoszfát (APR), B. Szuperfoszfát (SSP)

kötődésének hőmérséklet függése Arrhénius-típusú összefüggéssel írható le. A fentiekben tárgyaltaknak megfelelően, a két ellentétes folyamat eredőjeként kaphatjuk azt, hogy egy adott időpontban a nyersfoszfáttal trágyázott talaj vízoldható P-tartalmára a hőmérséklet változásának nincs jelentős hatása.

A nyersfoszfátkezelésekben a talajnedvesség-tartalom változásának hatása a talaj vízoldható P-tartalmára nagyobb volt a hőmérséklet változásáénál (2.A., 3.A. ábra). Az alkalmazott nyersfoszfátadagtól függetlenül az inkubációs kísérlet egész időtartama alatt 25 és 40 °C-on egyaránt a magasabb nedvességtartalmú kezelésekben mértük a nagyobb vízoldható P-tartalmat (3.A. ábra).

A szentgyörgyvölgyi pszeudoglejes barna erdőtalajon végzett vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a minták vízoldható P-tartalmát az inkubáció kezdetén a P-forma (P-trágya féleség) és a vizsgálati körülmények egyaránt befolyásolták, de meghatározó szerepe a P-formának volt. Az inkubáció 15.–20. napja után, amikor a vízoldható P gyors megkötődésének folyamata befejeződött, a P-formának a vízoldható P-tartalomra gyakorolt hatása csökkent.

A kompolti csernozjom barna erdőtalaj magas kolloidtartalma miatt a vízes oldat szűrésekor nem kaptunk tiszta szűrletet, így nem tudtuk mérni a vízoldható P-tartalom változását az inkubáció során.

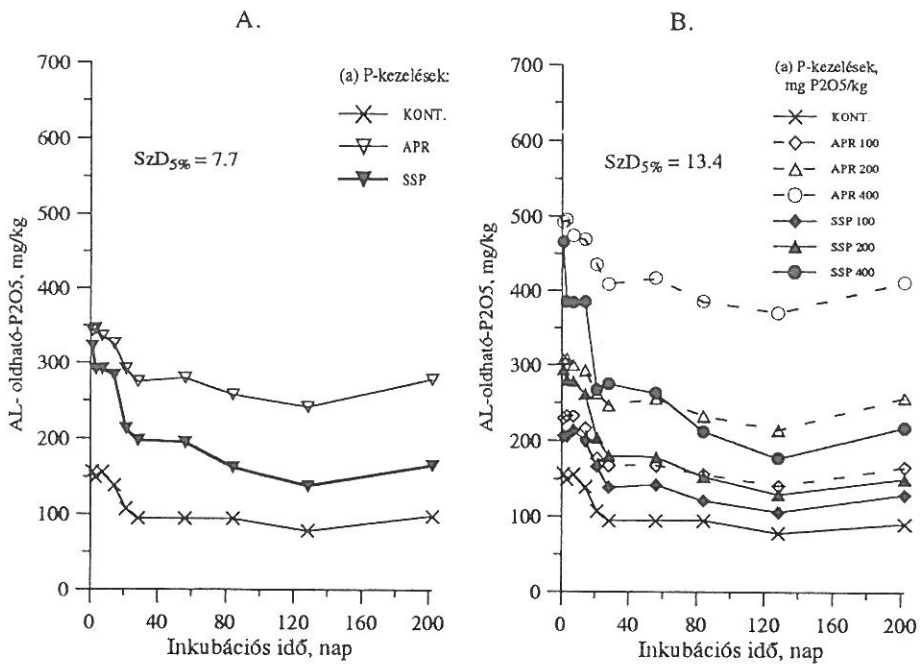
A talajok AL-oldható P-tartalmának változása

Hazánkban az AL-oldatot – 0,1 mol/l ammónium-laktát + 0,4 mol/l ecetsav, pH = 3,75 – (EGNER, RIEHM & DOMINGO, 1960) használják, mint konvencionális kivonószert a talajok felvehető P-tartalmának becslésére. Ezért inkubációs kísérletünkben a talajminták AL-oldható P-tartalmának változását is nyomon követtük.

A szentgyörgyvölgyi pszeudoglejes barna erdőtalaj AL-oldható P-tartalmának változása. – A talaj kiindulási alacsony–közepes AL-oldható P-tartalmát az inkubáció kezdetén az azonos P-hatóanyag-tartalmú nyers- és szuperfoszfát közel azonos mértékben növelte (4.A., B. ábra).

A nyersfoszfáttal kezelt talajminták AL-oldható P-tartalmának időbeli változása a kontrolltalajokban mértekhez hasonlóan alakult. A görbék lefutására jellemző, hogy az inkubáció kezdetén (kb. 30 napig) a nyersfoszfáttal kezelt minták AL-oldható P-tartalma a kontrollmintáéval közel azonos mértékben csökkent, majd alig változott.

A szuperfoszfáttal kezelt minták AL-oldható P-tartalma szintén az inkubáció kezdetén csökkent nagyobb mértékben (20–30 napig), ez a csökkenés azonban



4. ábra

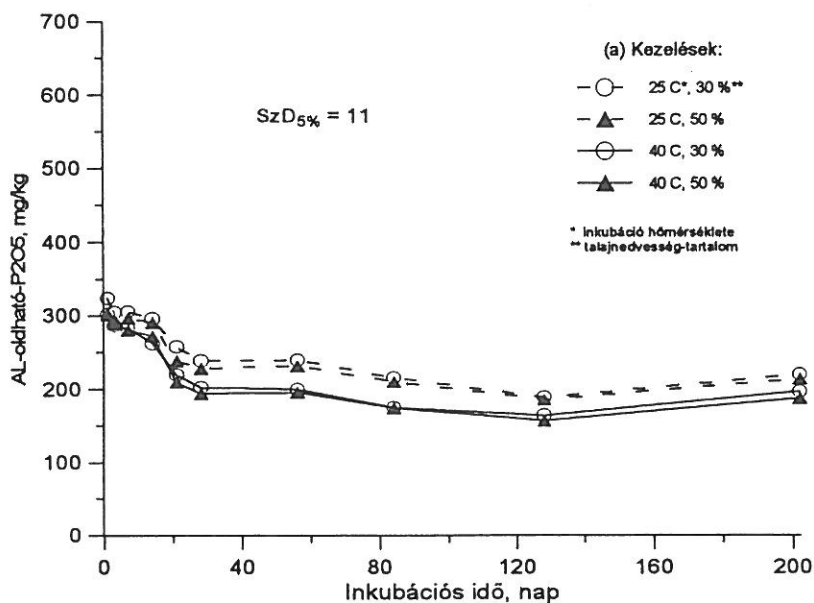
Az algériai nyersfoszfát (APR) és a szuperfoszfát (SSP) hatása a pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy) AL-oldható P-tartalmára az inkubációs idő függvényében. A. A P-adagok átlagában. B. Kezelésenként külön-külön

jóval nagyobb mértékű volt, mint a kontroll és a nyersfoszfáttal kezelt talajmintákban.

A hőmérséklet és nedvességtartalom átlagában értékelve a talajok AL-oldható P-tartalmát (4.B. ábra), látható, hogy az azonos hatóanyagtartalmú kezeléseknél az inkubáció egész időtartama alatt a nyersfoszfáttal kezelt talajminták AL-oldható P-tartalma volt a nagyobb. Ennek valószínű magyarázata az, hogy a 3,75 pH-jú AL-kivonószer a még fel nem tárodott nyersfoszfát Ca-foszfát-tartalmának egy részét is kioldotta.

Az 5. ábra a P-formák és a P-adagok átlagában mutatja be a hőmérséklet és a nedvességtartalom változásának hatását az AL-oldható P-tartalom alakulására az inkubáció alatt. A vizsgált tényezők közül a hőmérsékletnek nagyobb hatása volt a talaj AL-oldható P-tartalmára, mint a nedvességtartalomnak. Hasonló eredményt kaptak ABD EL-GALIL és munkatársai (1993) is karbonátos homoktalajon.

Mind a nyersfoszfát-, mind a szuperfoszfát-kezelésekben az alacsonyabb hőmérsékleten tartott talajokban volt magasabb az AL-oldható P-tartalom. A kontroll- és nyersfoszfáttal kezelt talajokban ez a különbség az inkubáció kezdetén kisebb mértékű volt, míg a szuperfoszfáttal kezelt talajokban a hőmérséklet a kísérlet egész időtartama alatt jelentős hatással volt a minták AL-oldható P-tartalmára.



5. ábra

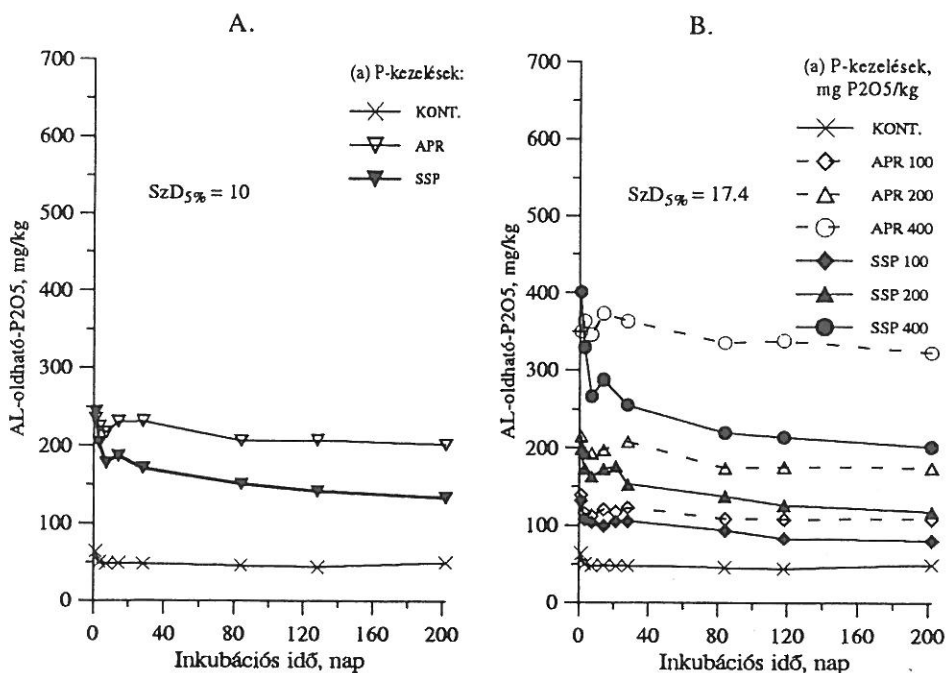
A hőmérséklet és a nedvesség hatása a pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy) AL-oldható P tartalmára az inkubációs idő függvényében

A kompolti csernozjom barna erdőtalaj AL-oldható P-tartalmának változása. – A kiindulási talaj igen alacsony AL-oldható P-tartalma (60,3 mg/kg) az azonos hatóanyagtartalmú nyers-és szuperfoszfátadagok hatására hasonló mértékben növekedett az inkubáció kezdetén (6.A., B. ábra).

A P-trágyák azonos hatóanyagtartalma esetén – a szentgyörgyvölgyi pszeudoglejes barna erdőtalajnál megfigyeltékhez hasonlóan a kompolti csernozjom barna erdőtalajon is – az inkubáció egész időtartama alatt a nyersfoszfáttal kezelt minta AL-oldható P-tartalma volt a nagyobb (6.B. ábra).

A nyersfoszfáttal kezelt talajminták AL-oldható P-tartalma a vizsgált inkubációs periódus alatt (202 nap) alig mutatott változást (6.A., B. ábra), és sem a hőmérsékletnek, sem a nedvességtartalomnak nem volt egyértelműen kimutatható hatása.

A szuperfoszfáttal kezelt talajok AL-oldható P-tartalma az inkubáció első napjaiban mutatott nagyobb csökkenést (6.A., B. ábra). A szuperfoszfát-kezelésekben az inkubáció első napjaiban mind a nedvességtartalom, mind a hőmérséklet befolyásolta a minták AL-oldható P-tartalmát, a hatások azonban nehezen különíthetők el egymástól. Az azonban a kísérlet egész időtartama alatt



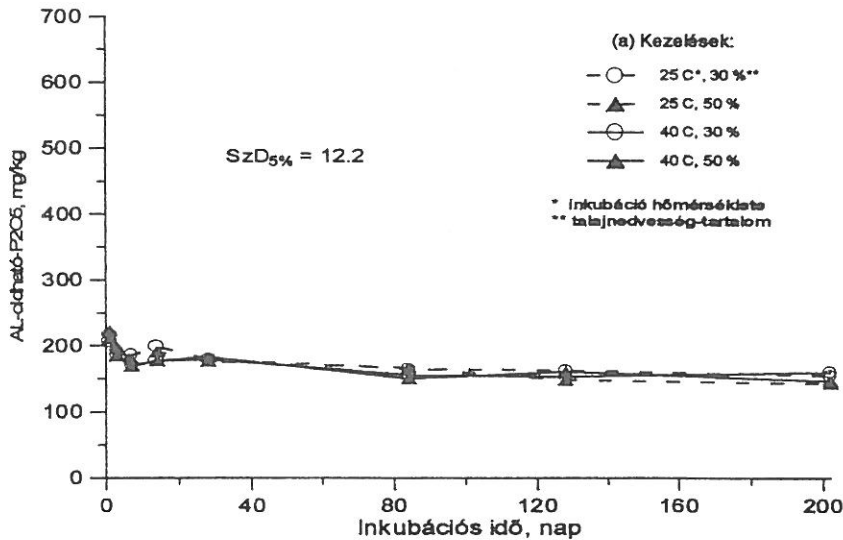
6. ábra

Az algériai nyersfoszfát (APR) és a szuperfoszfát (SSP) hatása a kompolti barna erdőtalaj AL-oldható P-tartalmára az inkubációs idő függvényében.

A. A P-adagok átlagában. B. Kezelésenként külön-külön

megállapítható volt, hogy a szuperfoszfáttal kezelt minták AL-oldható P-tartalma alacsonyabb hőmérsékleten volt a magasabb.

A 7. ábra a P-formák és a P-adagok átlagában mutatja be a hőmérséklet és a nedvességtartalom változásának hatását az AL-tartalom alakulására az inkubáció alatt a kompolti csernozjom barna erdőtalajon.



7. ábra

A hőmérséklet és nedvesség hatása a kompolti barna erdőtalaj AL-oldható P-tartalmára az inkubációs idő függvényében

A talajok felvehető P-tartalmának, a P-trágya-igényének becslésére alkalmazott AL-módszert a vízoldható P-trágyák használatára fejlesztették ki. A vízben nem oldódó nyersfoszfát alkalmazásakor a 3,75 pH-jú AL-kivonószer a még fel nem tárodott nyersfoszfát Ca-foszfát-tartalmának jelentős részét is kioldja, így a talaj felvehető P-tartalmát felülbecsüli. Adataink alátámasztják, hogy a Bray II (0,1 N HCl + 0,03 N NH₄F), a Mehlich (0,05 N HCl + 0,025 N H₂SO₄) és a Troug módszerekhez hasonlóan (HAMMOND et al., 1986; BATIONO et al., 1991; KUMAR et al., 1992; MENON & CHIEN, 1995; RAJAN et al., 1996) az AL-módszer sem alkalmazható a talajok felvehető P-tartalmának becslésére, ha P-trágyaként nyersfoszfátot alkalmazunk

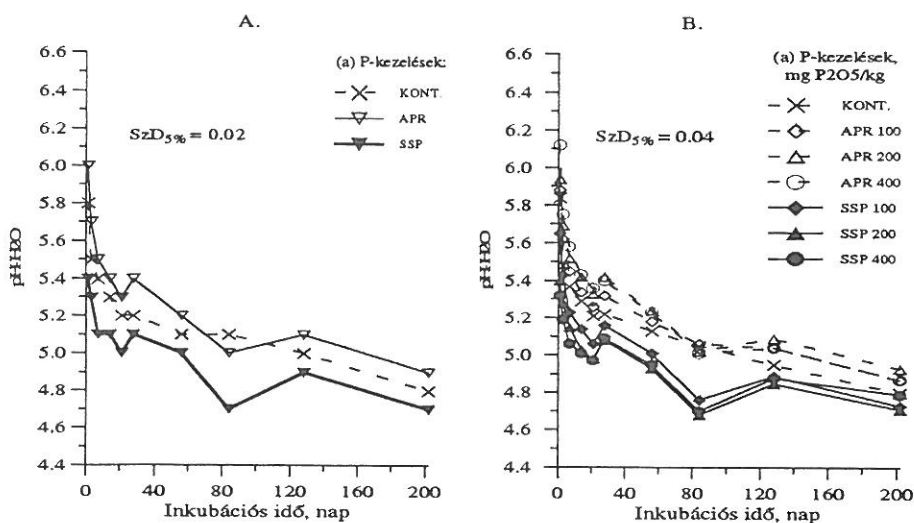
Az algériai nyersfoszfát és a szuperfoszfát hatása a talajok vizes pH-jára az inkubációs idő függvényében

Pszudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy)

A kísérlet kezdetén a kiindulási talaj pH-ja ($\text{pH-H}_2\text{O} = 5,84$) a nyersfoszfát hatására növekedett (400 mg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{kg}$ adag hatására 0,3 pH-egységgel), a szuperfoszfát hatására pedig csökkent (400 mg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{kg}$ adag hatására 0,5 pH-egységgel) (8.A., B. ábra). Az inkubáció elején mindkét formánál a P-adagok hatása erőteljesebben jelentkezett. Az inkubáció előrehaladtával azonban ez már egyre kevésbé éreztette hatását.

A hőmérséklet és a talaj nedvességtartalmának átlagában értékelve a pH változását (8.A., B. ábra) az állapítható meg, hogy az inkubáció kezdetén a talajok pH-jának csökkenése erőteljesebb volt, mely változás az inkubációs idő előrehaladtával mérséklődött. A kontrollminta pH-ja az inkubáció során végig a két P-forma között helyezkedett el.

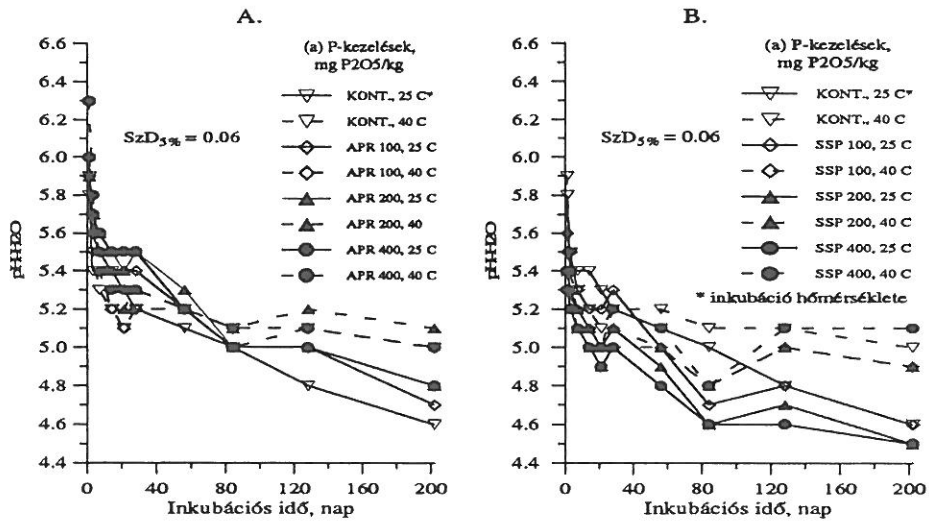
A hőmérsékletben lévő különbség (25 és 40 °C) eltéréseket okozott az azonos kezelésű talajok vizes pH-jának alakulásában (9. A., B. ábra). A kontroll és a nyersfoszfátkezelésekben a kísérlet kezdetén kb. 20 napig 40 °C-on nagyobb mértékű volt a pH csökkenése (5,1-ről 5,2-re), mint 25 °C-on, majd az inkubáció során a továbbiakban nem mutatott változást (9.A. ábra). Alacsonyabb hőmérsékleten (25 °C) viszont a pH folyamatosan csökkent az egész inkubáció alatt (4,6-ről 4,9-re), így az inkubáció 60.–80. napja között metszették egymást



8. ábra

Az algériai nyersfoszfát (APR) és a szuperfoszfát (SSP) hatása a pszudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy) pH (H₂O) értékére az inkubációs idő függvényében.

A. A P-adagok átlagában. B. Kezelésenként külön-külön



9. ábra

A hőmérséklet hatása az algériai nyersfoszfáttal (A) és a szuperfoszfáttal (B) kezelt pszeudoglejes barna erdőtalaj (Szentgyörgyvölgy) pH (H₂O) értékére az inkubációs idő függvényében

a különböző hőmérsékletű görbék. Az inkubáció második felében a hőmérséklet a nagyobb nedvességtartalmú minták pH-jára volt nagyobb hatással.

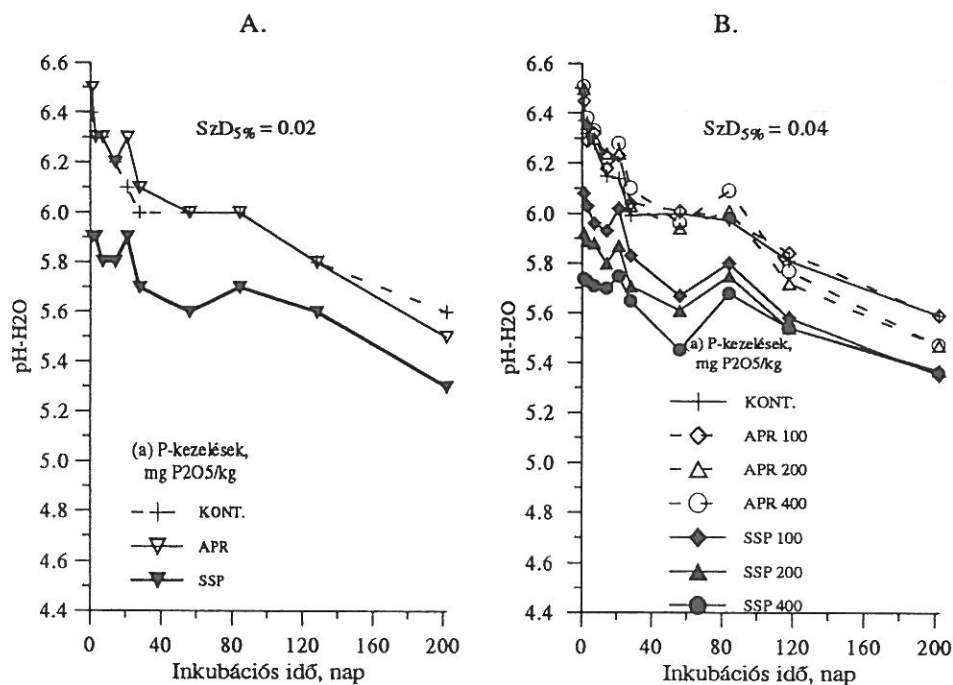
A szuperfoszfát-kezelésekben is a nyersfoszfátkezeléseknél leírtakhoz hasonló hatásokat figyelhettünk meg az inkubáció során (9.B. ábra).

Csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt)

A hőmérséklet és a talaj nedvességtartalmának átlagában vizsgálva a kompolti csernozjom barna erdőtalaj vizes pH-jának változását (10. ábra) azt állapítottuk meg, hogy a kiindulási talaj pH-ját (6,37) a nyersfoszfátkezelések igen kismértékben (0,10) növelték, a szuperfoszfát-kezelések pedig 0,3-0,6 pH-val csökkentették az inkubáció kezdetén.

Az inkubáció első napjaiban a pH csökkenése nem volt olyan nagymértékű, mint a szentgyörgyvölgyi pszeudoglejes barna erdőtalajon. A hőmérséklet és a nedvességtartalom is kevésbé befolyásolta a kompolti talaj vizes pH-ját, mint a szentgyörgyvölgyi pszeudoglejes barna erdőtalajét.

A kiindulási talajok vizes pH-ját a szuperfoszfát-kezelések átlagosan 0,5 pH-val csökkentették. A nyersfoszfát a gyengén savanyú csernozjom barna erdőtalaj pH-ját alig növelte. A közepesen savanyú barna erdőtalaj pH-ját már nagyobb mértékben növelte, de ún. meszező hatást ezen a talajon sem tapasztaltunk. Hasonló eredményt kaptak nyersfoszfáttal végzett inkubációs kísérletben FARDEAU (1997), valamint XIONG és munkatársai (1996) is.



10. ábra

Az algériai nyersfoszfát (APR) és a szuperfoszfát (SSP) hatása a csernozjom barna erdőtalaj (Kompolt) pH (H₂O) értékére az inkubációs idő függvényében.

A. A P-adagok átlagában. B. Kezelésenként külön-külön

Összefoglalás

Egy közepesen savanyú pszeudoglejes barna erdőtalajon (Szentgyörgyvölgy) és egy gyengén savanyú csernozjom barna erdőtalajon (Kompolt) vizsgáltuk az inkubáció (inkubációs idő, nedvesség, hőmérséklet) hatását az ún. felvehető P-tartalom változására azonos P-hatóanyag-tartalmú (ásványi sav oldható 100, 200, 400 mg P₂O₅/kg) szuperfoszfát- (hazai forgalmazású) és nyersfoszfát- (Algéria) adagok alkalmazásakor. A kísérletben a talaj nedvességtartalma a talaj maximális vízkapacitásának 30 és 50 %-a, az inkubációs hőmérséklet 25 és 40 °C volt. A féléves inkubáció során a vízdoldható és az AL-oldható P-tartalom, valamint a vizes pH változását követtük nyomon.

A vízdoldható P-tartalmat a szentgyörgyvölgyi pszeudoglejes barna erdőtalajon az inkubáció kezdetén a P-forma és a környezeti feltételek egyaránt befolyásolták, majd az inkubáció 15.–20. napja után a P-formának a hatása csökkent.

A vízdoldható P-tartalom mindkét P-trágya alkalmazásakor csökkent az időben, és ez a csökkenés a kísérleti körülmények hatására a nyersfoszfáttal és a

szuperfoszfáttal kezelt talajmintáknál eltérő volt. A nyersfoszfáttal kezelt talajok vízoldható P-tartalmát a talaj nedvességtartalma, míg a szuperfoszfáttal kezeltét a hőmérséklet befolyásolta nagyobb mértékben.

Hazánkban az AL-oldatot – 0,1 mol/l ammónium-laktát + 0,4 mol/l ecetsav, pH = 3,75 – (EGNER et al., 1960) használják, mint konvencionális kivonószert a talajok felvehető P-tartalmának becslésére. Ezért az inkubáció során a talajminták AL-oldható P-tartalmának a változását is nyomon követtük. A talajok AL-oldható P-tartalmát az inkubáció kezdetén az azonos P-hatóanyag-tartalmú nyers- és szuperfoszfát közel azonos mértékben növelte. Azonos P-hatóanyag-tartalom esetén a inkubáció egész időtartama alatt a nyersfoszfáttal kezelt minta AL-oldható P-tartalma volt a nagyobb. A nyersfoszfáttal kezelt minták AL-P-tartalmának csökkenése az időben a kontrollminta változásához volt hasonló. A szuperfoszfáttal kezelt minták AL-oldható P-tartalma az inkubáció első szakaszában (20–30 napig) nagyobb mértékben csökkent, mint a kontroll- és a nyersfoszfáttal kezelt mintáké.

A vizsgált környezeti tényezők közül a talajok AL-oldható P-tartalmára mindkét P-trágya alkalmazásakor a hőmérsékletnek volt nagyobb hatása, mint a nedvességtartalomnak.

Eredményeink azt mutatják, hogy a Bray II, a Mehlich és a Troug módszerekhez hasonlóan az AL-módszer sem alkalmazható a talajok felvehető P-tartalmának becslésére, ha P-trágyaként nyersfoszfátot alkalmazunk. A 3,75 pH-jú AL-kivonószert a még fel nem tárodott nyersfoszfát Ca-foszfát-tartalmának jelentős részét is kioldja, így a talaj felvehető P-tartalmát felülbecsüli.

A kiindulási talajok vizes pH-ját az alkalmazott szuperfoszfát-kezelések átlagosan 0,5 pH-val csökkentették. A nyersfoszfát a gyengén savanyú csernozjom barna erdőtalaj pH-ját alig növelte. A közepesen savanyú barna erdőtalaj pH-ját már nagyobb mértékben növelte, de ún. meszező hatást ezen a talajon sem tapasztaltunk.

Irodalom

- ABD EL-GALLI, A. et al., 1993. Study of the AL-soluble phosphorus content in incubation experiments. In: Proc. Ist Egyptian–Hungarian Conference on Environment, St. Catherine, Sinai, Egypt, 1993. 185–186.
- ANDERSON, G. C. & SALE, P. W. G., 1993. Application of the Kirk and Nye phosphate rock dissolution model. *Fert. Res.* 35. 61–66.
- BARROW, N. J., 1974. The slow reactions between soil and anions. 1. Effect of time, temperature and water content of a soil on the decrease of effectiveness of phosphate for plant growth. *Soil Sci.* 118. 380–386.
- BARROW, N. J., 1979. Three effects of temperature on reactions between inorganic phosphate and soil. *J. Soil Sci.* 30. 271–279.
- BARROW, N. J., 1983. A discussion of the methods for measuring the rate of reaction between soil and phosphate. *Fert. Res.* 4. 51–59.

- BARROW, N. J. & SHAW, T. C., 1975. The slow reactions between soil and anions. 2. Effect of time and temperature on the decrease in phosphate concentration in the soil solution. *Soil Sci.* **119**. 167-177.
- BATONO, A. et al., 1991. Comparison of five soil testing methods to establish phosphorus sufficiency levels in soil fertilized with water soluble and sparingly soluble-P sources. *Fert. Res.* **28**. 271-279.
- CHIEN, S. H., 1977. Thermodynamic considerations on the solubility of phosphate rock. *Soil Sci.* **123**. 117-121.
- CHIEN, S. H. & BLACK, C. A., 1976. Free energy of formation of carbonate apatites in some phosphate rocks. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **40**. 234-239.
- CHIEN, S. H. & MENON, R. G., 1995. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. *Fert. Res.* **41**. 227-234.
- CHIEN, S. H., CLAYTON, W. R. & MCCLELLAN, G. H., 1980. Kinetics of dissolution of phosphate rocks in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **44**. 260-264.
- CSATHÓ, P. & NÉMETH, T., 1997. The direct and residual effect of different P-sources in Hungarian field trials. In: *Proc. 11th World Fertilizer Congress*. (Eds.: CLEEMPUT VON, O. et al.) 101-108. Ghent, Belgium.
- EGNER, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W. R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. *Lantbr. Högsk. Ann.* **26**. 199-215.
- ENFIELD, C. G., 1974. Rate of phosphate sorption by five Oklahoma soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **38**. 404-407.
- FARDEAU, J. C., 1997. Soil P fertility replenishment and „liming” using phosphate rocks in soils with a low pH and developed under tropical climates. Abstracts. Third Res. Co-ordination Meeting of Rock Phosphates FAO-IAEA Res. Program. Vienna, 17-21 March, 1997. Report D1-RC-542. 3, IAEA, Vienna.
- FARDEAU, J. C., MOREL, C. & JAHIEL, M., 1988. Does long contact with the soil improve the efficiency of rock phosphate? Results of isotopic studies. *Fert. Res.* **17**. 3-19.
- FOX, R. L. & KAMPRATH, E. J., 1970. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **34**. 902-907.
- GARDNER, B. R. & JONES, P. J., 1973. Effect of temperature on phosphate sorption isotherms and phosphate desorption. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.* **4**. 83-93.
- HAMMOND, L. L., CHIEN, S. H. & MOKWUNYE, A. U., 1986. Agronomic value of unacidulated and partially acidulated phosphate rocks indigenous to the tropics. *Adv. Agron.* **40**. 89-140.
- HARTIKAINEN, H., 1979. Phosphorus and its reactions in terrestrial soils and lake sediments. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* **51**. 537-624.
- HASEMAN, J. F., BROWN, E. M. & WHITT, C. P., 1950. Some reactions of phosphate with clays and hydrous oxides of iron and aluminium. *Soil Sci.* **70**. 257-271.
- International Standard, 1984. Fertilizers - Extraction of phosphates soluble in mineral acids. Ref. No. The International Organization for Standardization (ISO) 7497-1984 (E.).
- KHASAWNEH, F. E. & DOLL, E. C., 1978. The use of phosphate rock for direct application. *Adv. Agron.* **30**. 159-206.

- KIRK, G. J. D. & NYE, P. H., 1986a. A simple model for predicting the rates of dissolution of sparingly soluble calcium phosphates in soil. I. The basic model. *J. Soil Sci.* **37**. 529–540.
- KIRK, G. J. D. & NYE, P. H., 1986b. A simple model for predicting the rates of dissolution of sparingly soluble calcium phosphates in soil. II. Applications of the model. *J. Soil Sci.* **37**. 541–553.
- KUMAR, V., GOLKES, R. J. & BOLLAND, M. D. A., 1992. A comparison of seven soil P tests for plant species with different external P requirements grown on soils containing rock phosphate and superphosphate residues. *Fert. Res.* **33**. 35–45.
- KUO, S. & LOTSE, E. G., 1974. Kinetics of phosphate adsorption and desorption by lake sediments. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **38**. 50–54.
- LARSEN, S., 1967. Soil phosphorus. *Adv. Agron.* **19**. 151–210.
- LOW, P. F. & BLACK, C. A., 1950. Reactions of phosphate with kaolinite. *Soil Sci.* **70**. 273–290.
- MENON, R. G. & CHIEN, S. H., 1995. Soil testing for available phosphorus in soils where phosphate rock-based fertilisers are used. *Fert. Res.* **41**. 179–187.
- MULJADI, D., POSNER, A. M. & QUIRK, J. P., 1966. The mechanism of phosphate adsorption by kaolinite, gibbsite and pseudoboehmite III. *J. Soil Sci.* **17**. 238–247.
- NÉMETH, T. & OSZTOICS, E., 1997. Effect of different phosphorus fertilizer sources on red clover in a pot experiment with six acidic soils. In: *Proc. 11th World Fertilizer Congress*. (Eds.: CLEMPUT VON, O. et al.) 419–427. Gent, Belgium.
- NÉMETH, T., OSZTOICS, E. & BACZÓ, GY., 1995. Effect of different sources on spring barley in a pot experiment with six acid soils. In: *Soil Fertility and Fertilizer Management*. (Eds.: WELTE, E. et al.) *Proc. 9th Intern. Symp. of CIEC*, 25–30 September, 1995, Kusadasi, Turkey. 99–106.
- NISKANEN, R., 1990. Temperature dependence of phosphate sorption in mineral soils. *J. Agric. Sci. Fin.* **62**. 17–20.
- NYE, P. H., 1979. Diffusion of ions and uncharged solutes in soils and soil clays. *Adv. Agron.* **31**. 225–272.
- OSZTOICS A-NÉ, 1984. Foszforszorpció vizsgálata homoktalajokon. *Agrokémia és Talajtan.* **33**. 228–232.
- OSZTOICS A-NÉ & VARRÓ T., 1986. Foszfor izotópcseré kinetikája talajokon. *Agrokémia és Talajtan.* **35**. 276–294.
- OSZTOICS A-NÉ, FÜLEKY GY. & VARRÓ T., 1988. A foszformegkötődés kinetikájának vizsgálata talajokon. In: XVIII. HUNGAROCHEM „Műtrágyázás, növényvédelem, korrózió védelem”, Keszthely. (Szerk: BLASKE Z-NÉ) 204–209. NEVIKI. Veszprém.
- OSZTOICS A-NÉ, CSATHÓ P. & NÉMETH T., 1997. Az algériai nyersfoszfát és a szuperfoszfát hatásának vizsgálata. I. A foszfortrágyák összehasonlító vizsgálata a tavaszi árpa termésére és foszfortartalmára tenyészedény-kísérletben különböző talajokon. *Agrokémia és Talajtan.* **46**. 289–310.
- OSZTOICS, E. et al., 1994. Effect of temperature on kinetics of phosphorus isotope sorption by soils. In: *Soil-Plant Relationships. Proc. XXIVth Annual ESNA/TUR Meeting*, Varna, Bulgaria, 12–16 Sept, 1994. (Ed.: GERZABEK, M. H.) 283–292. Forschungszentrum Seibersdorf. Austria.
- RAJAN, S. S. S., WATKINSON, J. H. & SINCLAIR, A. G., 1996. Phosphate rocks for direct application to soils. *Adv. Agron.* **57**. 77–159.

- RICHARDS, L. A. (Ed.), 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook No. 60. USDA. Washington, D. C.
- ROSS, G. J. & WANG, C., 1993. Extractable Al, Fe, Mn and Si. In: Soil Sampling and Methods of Analysis. (Ed.: CARTER, M. R.) 239–246. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. Ontario. Canada.
- RYDEN, J. C., McLAUGHLIN, J. R. & SYERS, J. K., 1977. Time-dependent sorption of phosphate by soils and hydrous ferric oxides. *J. Soil Sci.* **28**. 585–595.
- SARKADI, J., 1982. Opređenje "vodorashtvorimogo" foszfora. In: Agrochemische Methoden für die Untersuchung des Phosphathaushaltes der Böden: Methodensammlung. 1–13. Ak. der Landw. DDR. IPE. Jena.
- SIKORA, F. J. & GIORDANO, P. M., 1995. Future directions for agricultural phosphorus research. *Fert. Res.* **41**. 167–178.
- SMITH, A. N., POSNER, A. M. & QUIRK, J. P., 1977. A model describing the kinetics of dissolution of hydroxyapatite. *J. Colloid Interface Sci.* **62**. 475–494.
- SVÁB J., 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- WATKINSON, J. H., 1994. Modelling the dissolution rate of reactive phosphate rock in New Zealand pastoral soils. *Aust. J. Soil Res.* **32**. 739–753.
- XIONG, L. M., ZHOU, Z. G. & LU, R. K., 1996. Enhanced plant growth by uniform placement of superphosphate with rock phosphate in acidic soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **27**. 2837–2850.

Érkezett: 1999. május 30.

Effect of Superphosphate and Rock Phosphate on the Water- and AL-soluble P Contents of Two Hungarian Soils in an Incubation Experiment

E. OSZTOICS, L. RADIMSZKY and T. NÉMETH

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

The effect of incubation (incubation time, moisture, temperature) on changes in the available P content of a moderately acidic pseudogley brown forest soil (Szentgyörgyvölgy) and a slightly acidic chernozem brown forest soil (Kompolt) was studied after the application of superphosphate (obtained on the Hungarian market) and rock phosphate (from Algeria) with identical P active agent contents (mineral acid-soluble 100, 200 and 400 mg P_2O_5 /kg). The soil moisture content in the experiment was 30% and 50% of the maximum water capacity of the soil, while the incubation temperature was 25 °C or 40 °C. During the 6-month incubation period changes in the water-soluble P content, the AL-soluble P content and the aqueous pH were recorded.

At the beginning of incubation the water-soluble P content of the pseudogley brown forest soil in Szentgyörgyvölgy was influenced by both the P form and the environmental conditions, but after 15–20 days of incubation the effect of the P form declined.

The water-soluble P content decreased over time after the application of both P forms, though the decrease differed under the given experimental conditions in soil samples treated with rock phosphate and superphosphate. The water-soluble P content of soils treated with rock phosphate was influenced to a greater extent by the soil moisture content and that of soil treated with superphosphate by the temperature.

In Hungary AL-solution (0.1 mol/L ammonium lactate + 0.4 mol/L acetic acid, pH 3.75 [EGNER, RIEHM & DOMINGO, 1960]) is used as the conventional extractant in the estimation of the available P content of soils, so changes in the AL-soluble P contents of the soil samples during incubation were also recorded. At the beginning of incubation the AL-soluble P contents of the soils were increased to nearly the same extent by rock phosphate and superphosphate with the same P active agent contents, but the AL-soluble P content of samples treated with rock phosphate was greater throughout the incubation period. The reduction over time in the AL-soluble P content of samples treated with rock phosphate was similar to that of the control, while that of samples treated with superphosphate declined to a greater extent during the first 20–30 days of incubation than in the control or in samples treated with rock phosphate.

Among the environmental factors studied the temperature had a greater influence on the AL-soluble P content of the soils than the soil moisture content, whichever type of P fertilizer was applied.

The results show that, like the Bray II, Mehlich and Troug methods, the AL method is not suitable for the estimation of the available P content of the soils if rock phosphate is used as P fertilizer. AL extractant with a pH of 3.75 dissolves a large part

of the Ca phosphate still extant in the rock phosphate, thus over-estimating the available P content of the soil.

The initial aqueous pH of the soils was reduced by an average of 0.5 by superphosphate. Rock phosphate led to hardly any increase in the pH of the slightly acidic chernozem brown forest soil. That of the moderately acidic brown forest soil was increased to a greater extent, but no liming effect was observed even on this soil.

Table 1. Major parameters of incubated soils. (1) Soil property. A) AL (ammonium lactate)-soluble P_2O_5 , mg/kg; b) Water-soluble P, mg/kg; c) Total P, mg/kg; d) Cation exchange capacity (CEC), meq/100 g; e) Base saturation, S-value, meq/100 g; f) Exchangeable Ca, meq/100 g; g) Exchangeable Mg, meq/100 g; h) Oxalate-soluble Fe, mg/kg; i) Oxalate-soluble Al, mg/kg; j) Total salts, %; k) Saturation %, SP; l) Hydrolytic acidity, y_1 , %; m) Organic matter, %. (2) Pseudogley brown forest soil (Szentgyörgyvölgy). (3) Chernozem brown forest soil (Kompolt). *Remarks:* pH(H_2O) = 1:2.5 soil: H_2O (SARKADI, 1982); pH(KCl) = 1:2.5 soil:1 M KCl; AL- P_2O_5 (EGNER, RIEHM & DOMINGO, 1960); Total P determined by plasmaemission spectrometry (ICP) method; CEC, S-value and exchangeable Ca and Mg (according to RICHARDS, 1954); Oxalate-soluble Fe and Al (according to ROSS & WANG, 1993).

Fig. 1. Effect of Algerian rock phosphate (APR) and superphosphate (SSR) on the water-soluble P content of the pseudogley brown forest soil (Szentgyörgyvölgy) as a function of incubation time. A. Averaged over P doses. B. For each treatment separately. a) P treatments, mg P_2O_5 /kg. Horizontal axis: incubation time, days. Vertical axis: Water-soluble P, mg/kg. $SzD_{5\%} = LSD_{5\%}$.

Fig. 2. Effect of temperature on the water-soluble P content of the pseudogley brown forest soil (Szentgyörgyvölgy) as a function of time. A. Algerian rock phosphate (APR). B. Superphosphate (SSP). For a), horizontal and vertical axis, $SzD_{5\%}$: see Fig. 1.

Fig. 3. Effect of soil moisture content on the water-soluble P content of the pseudogley brown forest soil (Szentgyörgyvölgy) as a function of time. For A, B, a), horizontal and vertical axis, $SzD_{5\%}$: see Fig. 2.

Fig. 4. Effect of Algerian rock phosphate (APR) and superphosphate (SSR) on the AL-soluble P content of the pseudogley brown forest soil (Szentgyörgyvölgy) as a function of incubation time. A. Averaged over P doses. B. For each treatment separately. a) P treatments, mg P_2O_5 /kg. Horizontal axis: incubation time, days. Vertical axis: Water-soluble P, mg/kg. $SzD_{5\%} = LSD_{5\%}$.

Fig. 5. Effect of temperature and moisture content on the AL-soluble P content of the pseudogley brown forest soil (Szentgyörgyvölgy) as a function of time. a) Treatments. x Incubation temperature; xx Soil moisture content. Horizontal axis: incubation time, days. Vertical axis: AL-soluble P_2O_5 , mg/kg.

Fig. 6. Effect of Algerian rock phosphate (APR) and superphosphate (SSR) on the AL-soluble P content of the brown forest soil (Kompolt) as a function of incubation time. A. Averaged over P doses. B. For each treatment separately. a) P treatments, mg P_2O_5 /kg. Horizontal axis: incubation time, days. Vertical axis: Water-soluble P, mg/kg. $SzD_{5\%} = LSD_{5\%}$.

Fig. 7. Effect of temperature and moisture content on the AL-soluble P content of the Kompolt brown forest soil as a function of incubation time. a) Treatments. x Incubation temperature; xx Soil moisture content. Horizontal axis: incubation time, days. Vertical axis: AL-soluble P_2O_5 , mg/kg.

Fig. 8. Effect of Algerian rock phosphate (APR) and superphosphate (SSR) on the $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ value of the pseudogley brown forest soil (Szentgyörgyvölgy) as a function of incubation time. A. Averaged over P doses. B. For each treatment separately. a) P treatments, $\text{mg P}_2\text{O}_5/\text{kg}$.

Fig. 9. Effect of temperature on the $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ value of the pseudogley brown forest soil (Szentgyörgyvölgy) treated with Algerian rock phosphate (A) and superphosphate (B) as a function of incubation time. x incubation temperature. a) P treatments, $\text{mg P}_2\text{O}_5/\text{kg}$.

Fig. 10. Effect of Algerian rock phosphate (APR) and superphosphate (SSR) on the $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ value of the chernozem brown forest soil (Kompolt) as a function of incubation time. A. Averaged over P doses. B. For each treatment separately. a) P treatments, $\text{mg P}_2\text{O}_5/\text{kg}$.