

A foszforitliszt hatékonyságának növelése kisadagú savas kezelések hatására

ION DINCU

Mezőgazdasági Főiskola, Bukarest

A mezőgazdaságban használatos műtrágyák közül a foszforműtrágyák igen nagy hatással vannak a kultúrnövények terméshozamára és a termés mennyiségére. Romániában éppúgy, mint az egész világon a szuperfoszfát az alapvető foszforműtrágya, melynek előállításához nagymennyiségű kénsvava van szükség.

Jelen cikk a foszforitliszt foszforának felvehetőségét tárgyalja a különböző mennyiségű és minőségű savakkal (foszfor-, salétrom- és sósav) történő kezelés után. Az egyszerű szuperfoszfát előállításához nagymennyiségű kénsvav szükséges. Ugyancsak sok kénsvav használódik fel a kettős szuperfoszfát előállításánál.

Közismert, hogy a talajban a vízben oldható foszfátok nehezen oldódó vegyületekké alakulnak át. Bázisokkal telített talajokon kalciumfoszfátok, a savanyú talajokon pedig a másfélszeres oxidok foszforsavas sói képződnek. Ezenkívül a vízben oldódó foszfátokat megkötik a talajkolloidok, és ennek következtében csökken a foszfátok felvehetősége a növények számára. Ugyancsak kisebb lesz a foszfátok felvehetősége a talajban végbemenő megkötődés következtében [2, 3, 4, 7].

A foszforitliszt használata nem minden talaj és éghajlati adottság, valamint nem minden gazdasági feltétel mellett lesz hatékony, ha nem gondoskodunk a foszfortartalom felvehetőségének növeléséről.

Éppen ezért több szerző [1, 5, 6, 8, 9] foglalkozott a foszforitliszt hatékonyságának gazdaságosabb növelésével.

Feltehető, hogy a teljes feltáráshoz szükségesnél kevesebb savval való kezelés után a foszforitliszt foszforját a növények könnyebben felvehetik, s hatása egyes talajtípusokon nem lesz kisebb, mint a szuperfoszfaté.

A salétrom- és sósav és egyéb más olyan kémiai reagens használatán kívül, melyeket a foszforitliszt foszfortartalmának részleges feltáráshoz alkalmazunk, érdekes lehet még magának a foszforsavnak a felhasználása is a fenti célra. A foszforsavas kezelés azért is előnyös, mert a kezelés után nő a foszforitliszt foszfáttartalma.

Kísérleteinkben a különféle savakkal részlegesen feltárt foszforit készítmények hatását vizsgáltuk. Emellett fontos volt számunkra meghatározni, hogy milyen mennyiségű foszfort vesz fel a növény a részlegesen feltárt foszforitlisztből és mennyit magából a feltáráshoz használt foszforsavból.

A fenti kérdést jelzett atomok segítségével tanulmányoztuk.

Kísérleti rész

A részlegesen feltárt foszforit termékek előállításához a kísérleti célokra jegorjevskij foszforitlisztet használtunk (Voszkrzenszkij Vegyi Kombinát). Foszforsavval 3 készítményt állítottunk elő. 100 súlyrész foszforitliszthez 3,8, 7,6 és 15,2 súlyrész foszforsavat adtunk.

A foszforsavhoz nagy fajlagos aktivitású radioaktív (P^{32}) foszfort adtunk, majd ezt a jelzett foszforsavat használtuk fel a foszforliszt kezelésére.

A foszforit egészen 10%-ig terjedő $CaCO_3$ -at tartalmazhat, ami jelentősen csökkenti a foszforitliszt foszforának felvehetőségét. A savakkal történő kezelés következtében a $CaCO_3$ szétbomlik, és különböző kalciumvegyületek képződnek attól függően, hogy milyen savval történt a foszforitliszt feltárása. A felhasznált sav mennyiségének növelése következtében feltáródik a foszforitliszt foszfátanyaga is. HNO_3 -val és HCl -val való kezeléskor erősen higroszkópos kalciumsók keletkeznek, foszforsavas kezelés esetén viszont nem képződnek higroszkópos sók, a felhasznált sav mennyiségétől függetlenül a műtrágyák fizikai tulajdonsága kifogástalan volt.

A különböző mennyiségű HNO_3 -val és HCl -val kezelt foszforitliszt hatása a kukorica növekedésére és termésére talajkultúrában.

Csernozjom talajjal végzett tenyészedenyikísérletekben a kukoricát (Voronyezsszkij 76) olyan részlegesen feltárt foszforit termékekkel trágyáztuk, melyeket foszfor-, salétrom- és sósavval való kezelés után nyertünk. A H_3PO_4 három adagjának (3,8, 7,6 és 15,2%) megfelelő egyenértékűsúlynyi mennyiséget vettünk a HNO_3 -ból és HCl -ből is (a számítást a H_3PO_4 két hidrogén ionjára vonatkoztattuk).

Kísérleti célokra a Dokucsajjevről elnevezett Talajtani Intézet (Kamenaja sztyepp) kísérleti teréről vettünk mintát egy csernozjom A szintjéből, mely az utóbbi 5 évben nem kapott foszforműtrágyát.

A kísérlet variánsai:

1. Kontrol (NK),
2. NK foszforitliszt,
3. NK + oldható foszfát,
4. NK + I adag savval kezelt foszforit (3,8% H_3PO_4 , 4,8% HNO_3 , 2,8% HCl) edény,
5. NK + II adag savval kezelt foszforit (7,6% H_3PO_4 , 9,6% HNO_3 , 5,7% HCl) edény
6. NK + III. adag savval kezelt foszforit (15,2% H_3PO_4 , 19,2% HNO_3 , 11,4% HCl) edény.

A foszfátokat két szinten (0,3 és 0,6 g P_2O_5 / edény adagban) vizsgáltuk.

A kísérletet azzal a céllal állítottuk be, hogy megállapítsuk a savas kezelés hatására részlegesen feltárt foszforitliszt felvehetőségét, és a különböző mennyiségű savak hatását.

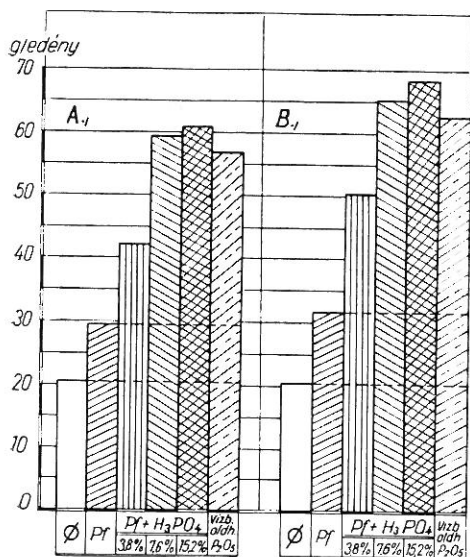
Az 1. ábrán közölt adatokból látható, hogy a savakkal nem kezelt foszforitliszt esetében a kukorica lényegesen gyengébben fejlődött, mint azoknál a kezeléseknél, ahol foszforsavval kezelt foszforitlisztet használtunk fel.

A nagyobb savmennyiség következtében erősen nő a foszforit hatékonysága, ez megfigyelhető a 300 mg és 600 mg P_2O_5 edény adagok esetében is.

A 7,6 és 15,2% H_3PO_4 -val részlegesen feltárt foszforitliszt ugyanúgy, sőt valamivel jobban is hatott a kukorica termésére, mint a vízben oldódó foszfát.

A 2. ábrán láthatók a HNO_3 -val kezelt foszforitliszt hatására elért eredmények, melyek világosan mutatják, hogy nagyobb a termés, ha HNO_3 -val kezelt foszforitot használunk, mint amikor nem kezeljük a foszforitot. A foszforit súlyára számított 9,6%-os HNO_3 adag egyenlő eredményt adott azzal, mintha vízben oldódó foszfátot használtunk volna trágyázásra.

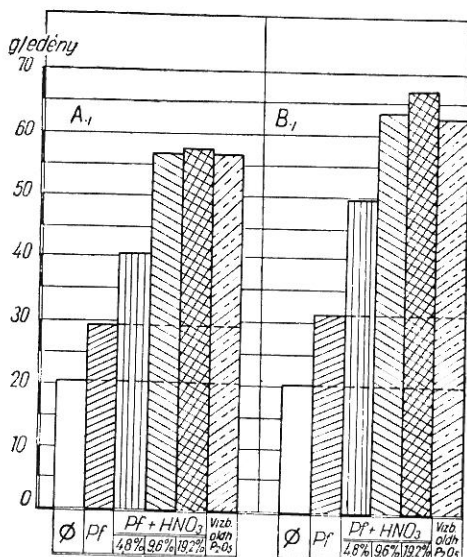
A HNO_3 adagjának növelése a foszforit súlyának 19,2%-áig már nem mutatott nagyobb hatást. Körülbelül ugyanilyen képet kapunk, ha a foszforitot sósavval kezeljük (3. ábra).



1. ábra

A foszforitliszt foszforsavas kezelésének hatása a kukorica termés hozamára csernozjom talajon.

Függőleges tengely a termés légszáraz súlya g/edény. A) 300 mg P_2O_5 és B) 600 mg P_2O_5 edényenként.



2. ábra

A foszforitliszt salétomsavas kezelésének hatása a kukorica termés hozamára csernozjom talajon.

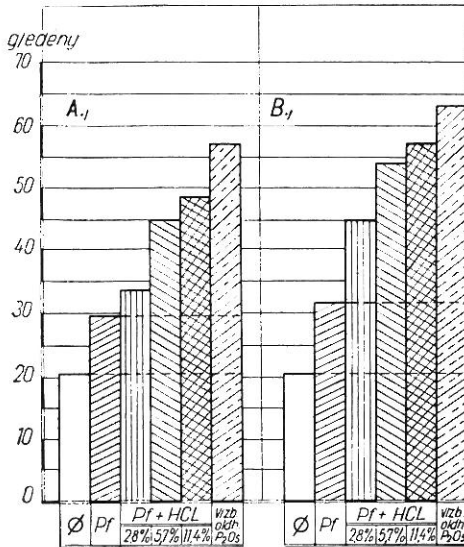
Az 1., 2. és 3. ábrák adataiból látható, hogy a három sav közül (H_3PO_4 , HNO_3 és HCl), amelyeket egyenértéksúlynyi adagokban használtunk fel a foszforit feltáráshoz, a legnagyobb eredményt a foszforsavas, a legkisebbet pedig a sósavas kezelés adta, míg a salétomsav hatása a kettő között volt.

A 4. ábrán a kukorica termésmnövekedését egységnyi reagensre számítva tüntettük fel, vagyis a foszforit részleges feltáráshoz felhasznált reagens hasznos hatásfokát ábrázoltuk.

Az oldható foszfátok esetében ezt a mutatószámot feltételesen számítottuk ki, és arra a savmennyiségre vonatkozik, amely szükséges lett volna a foszforit teljes feltáráshoz. Az adatokból jól látható, hogy a hasznos hatásfok a reagens adagjainak növelésével a kis adagoktól a közepesig növekszik. Az

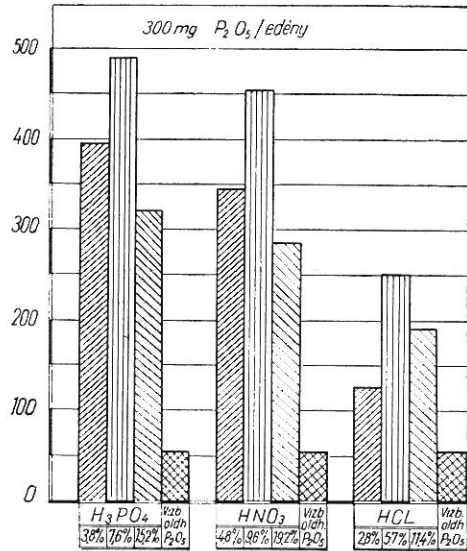
adag további fokozása növeli ugyan még a termést, de a hasznos hatások nem olyan nagy, mint pl. a foszforsav 7,6%-os adagja esetében. Ugyanez a kép figyelhető meg az egyéb savaknál is.

Még nagyobb különbség mutatkozik a hasznos hatások értékeiben, ha összehasonlítjuk az egységnyi reagensre eső terméstöbbletet a részlegesen feltárt foszforittal és oldható foszfáttal trágyázott variánsokkal. Mint ahogy már említettük, a reagens hasznos hatásfokának számítását itt feltételelesen azon savmennyiségre végeztük el, amit fel kellett volna használnunk a foszforit teljes feltárására (pl. egységnyi H_2SO_4 -ra, amelyet a foszforit feltárására használtunk volna fel a szuperfoszfát gyártásánál).



3. ábra

A foszforitliszt sósavas kezelésének hatása a kukorica terméshozamára csernozjom talajon. Függetlenes tengely a termés légszáraz súlya g/edény A) 300 mg P_2O_5 és B) 600 mg P_2O_5 edényenként.



4. ábra

Reagensok (H_3PO_4 , HNO_3 , HCl) hasznos hatásfoka. Függetlenes tengely termésnövekedés g-ban 1 g reagensre. A 4. oszlopban a vízben oldható foszfát előállításához szükséges H_2SO_4 hasznos hatásfoka található.

Kísérleti adataink alapján megállapítottuk, hogy ha a részleges feltáráshoz szükséges sav optimális adagját — amely ezekben a kísérletekben 7—8% körül volt (a H_3PO_4 -ra számítva) — vesszük figyelembe, akkor a feltáráshoz felhasznált reagens hasznos hatásfoka 5—8-szor magasabb volt, mint a vízben oldható foszfáté.

A különböző savakat (H_3PO_4 , HNO_3 és HCl) összehasonlítva megállapítjuk, hogy az általuk részlegesen feltárt foszforit termésnövelő hatásának alapján ítélve, a legnagyobb terméstöbblet a foszforsavval feltárt foszforitnál tapasztalható.

A növények P_2O_5 tartalmának vizsgálatai nagy különbséget mutatnak a kísérlet variánsai között. Az 1. táblázatban feltüntetett adatokból látható,

1. táblázat

A H₃PO₄, HNO₃ és HCl által részlegesen feltárt foszforitliszt hatása a kukorica összfoszfor tartalmára (mg/l edény)

(1) Variánsok	(2) Összes P ₂ O ₅ dózis egy edényre	(3) Kontrol	(4) A foszforitliszt kezelésére felhasznált savak adagja		
			3,8% H ₃ PO ₄ 4,8% HNO ₃ 2,8% HCl	7,6% H ₃ PO ₄ 9,6% HNO ₃ 5,7% HCl	15,2% H ₃ PO ₄ 19,2% HNO ₃ 11,4% HCl
			P ₂ O ₅ nélkül	—	31,0
foszforitliszt	300	62,0	—	—	—
oldható foszfát	300	148,0	—	—	—
foszforit + H ₃ PO ₄	300	—	111,1	130,5	132,5
foszforit + HNO ₃	300	—	84,4	89,1	114,4
foszforit + HCl	300	—	82,8	94,0	108,1

hogy a vízben oldható és savakkal részlegesen feltárt foszforittal kezelt növények több P-t tartalmaztak, mint a foszforittal trágyázott növények.

A foszforit részleges feltárásakor nyert termékek előnye a vízben oldható foszfáttal szemben abban rejlik, hogy az előbbieket felvehetősége majdnem azonos az oldható foszfátéval, ezenkívül előállításukhoz valamivel kisebb mennyiségű reagensre van szükség, mint az egyszerű szuperfoszfát elkészítéséhez.

A foszforitliszt feltárására azért is célszerű H₃PO₄-at felhasználni, mert a feltárt foszforittermékekben nemcsak a foszforitliszt feltárása, hanem magának a foszforsav foszfortartalmának felhasználása következtében is növekszik a felvehető P₂O₅ mennyisége.

A H₃PO₄ reagens szerepének megvilágítására kísérletet végeztünk radioaktív foszforral (P³²) jelzett foszforsavval.

Ez lehetővé tette számunkra a foszforitból és a reagensből felvett foszformennyiségek megállapítását. A növényekben jelzett foszfor (a reagens foszfora) és az összfoszfor mennyisége a 2. táblázatban látható.

2. táblázat

A kukoricának foszforitlisztből és a H₃PO₄ ből felvett foszfortartalma csernozjom talajjal végzett tenyészedény kísérletekben (300 mg P₂O₅ edény)

(1) Variánsok	(2) Savadag 100 g foszforitra	(3) Az aktív foszforral jelzett P ₂ O ₅ mennyisége mg/edény	(4) A kukorica által felvett P ₂ O ₅ mg/edény					
			(5) A felvett P ₂ O ₅ össz-mennyisége	(6) A foszfátokból felvett P ₂ O ₅ (kivonva a talajból felvett P ₂ O ₅ mennyisége)	(7) A kezelt foszforitból felvett P ₂ O ₅ (kivonva a foszforitból)	(8) A reagensből felvett P ₂ O ₅ (jelzett foszfor)	(9) A foszforitból felvett P ₂ O ₅	(10) A feltárás következtében megnövekedett P ₂ O ₅ mennyisége
			P ₂ O ₅ nélkül	—	—	31,0	—	—
foszforitliszt	—	—	62,0	31,0	—	—	—	—
foszforit + H ₃ PO ₄	3,8	32,0	111,1	80,1	49,1	5,9	74,2	43,2
„ „	7,6	60,8	130,5	99,5	68,5	14,9	84,6	53,6
„ „	15,2	97,0	132,5	101,5	71,5	17,7	83,9	53,9

A 2. táblázatból látható, hogy a feltárássra felhasznált foszforsav nemcsak a reagens foszforából biztosítja a növények foszforszükségetét, hanem növeli a foszforitban a felvehető foszfor mennyiségét. A 2. táblázat adatai szerint — ha feltételezzük, hogy a trágyázott és trágyázatlan talajból egyformán veszik fel a növények a P-t — különböző mennyiségű H_3PO_4 -val történt feltárással növekedett a növényekben a reagensből származó foszfor mennyisége. Ha a reagens mennyiségét 3,8—7,6 g/100 g foszforit értékig növeljük, úgy a felvett jelzett foszfor mennyisége kétszeresre növekedett. A további savadag növelése már nem adott sokkal jobb eredményt. Ebből azt a következtetést vontuk le, hogy a kezelésnél van egy optimális reagens mennyiség, ami a legnagyobb hatást nyújtja.

Az itt leírt kísérletek alapján megállapítottuk, hogy a foszforitliszt részleges feltárással növeli ennek a műtrágyának a hatását. Az eljárás reagensének hasznos hatásfoka még nagyobb lesz az oldható foszfáttal szemben, ha a kapott terménynövekedéseket hasonlítjuk össze.

Összefoglalás

Különböző minőségű és mennyiségű ásványi savakkal részlegesen feltárt foszforitliszt hatékonyságát vizsgáltuk csernozjom talajon. A részleges feltárással három fokozaton történt. 100 g jegorjevszki foszforithoz 3,8, 7,6 és 15,2 súly% H_3PO_4 -at, illetve e mennyiségekkel ekvivalens HNO_3 -at adagoltunk. A feltárással H_3PO_4 -ba jelzett P-t is adagoltunk.

A tenyészedénykísérletek szerint a 7,6% és a 15,2% H_3PO_4 -val, továbbá a 9,6% és a 19,2% HNO_3 -val részlegesen feltárt foszforit ugyanúgy, sőt valamivel jobban növelte a kukorica szárazanyag tömegét, mint a szuperfoszfát. A részleges feltáráshoz felhasznált savak közül a legjobb hatásfoka a H_3PO_4 -nak volt. Hasonló, bár valamivel kisebb hatásúnak bizonyult a HNO_3 , míg a HCl kevésbé volt eredményes. Ez utóbbi készítmények fizikai tulajdonságai sem voltak kedvezőek, míg a H_3PO_4 -val részlegesen feltárt foszforit fizikai tulajdonságai kifogástalanok.

Érkezett: 1961. február. 1.

Irodalom

- [1] ALEMOVSKIJ, I. I. & BUTKEVIC, V. V.: Povüsenyije effektivnosztyi foszforitnoj muki putyom primésivanyija k nyej szuperfoszfata. Him. szoc. Zeml. (5) 1938.
- [2] ANTIPOV-KARATAJEV, I. N., PONOMARJOVA, A. P. & SZOLEVANOV, V. Sz.: Ob abszorbeii kálíja i foszfornüh ionov pocsvami. Trudi VIUAA. 1935.
- [3] BARBIER, G., TYISZKIEWICZ, E. & LESAIN, C.: Recherches au moyen d'isotopes sur les équilibres de fixation et le liberation des ions phosphoriques dans les sols. Bull. Docum. Assoc. Internat. Fabr. Superphos. (17) 1—13. 1955.
- [4] BIDALF, O.: Isszledovanyije mineralnovo pitányija rasztyénij pri pomosesi izotopov. Perv. sz. ang. Izd. Inosztr. Literat. 1957.
- [5] BUTKEVIC, V. V.: K pereszmotru nyekotorüh polozsényij v oblasztyi tehnologij foszfornüh udobrényij. Zsurn. Him. Szoc. Zeml. (6) 1954.
- [6] BUTKEVIC, V. V.: Effektivnoszty produktov nyepolnovo azotnokiszlotnovo razlozsényija foszforitov. Moszkva 1957.
- [7] KLECKOVSKIJ, V. N.: O primenyénij izotopov i jágvernüh izlucsényij v agrohímicseszkih isszledovanyijah. Izv. TSZHA (3) 6—32. 1957.
- [8] PERITURN, F. T.: Agrohímicseszka očenka poluszuperfoszfátov, foszfornüe udobrényija i ih kácsesztvo. Trudi NIUIF (141) 1938.
- [9] ROZANOV, Sz. N.: Foszforit i organicseszkiye kiszlotü. Izd. rez. Veget. Opütov. i Lab. Rabot. 15. 1930.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОСФОРИТНОЙ МУКИ, ПУТЕМ ЕЕ ОБРАБОТКИ НЕБОЛЬШИМИ КОЛИЧЕСТВАМИ КИСЛОТ

И. Динко

Сельскохозяйственный Институт, Бухарест (Румыния)

Резюме

Нами была изучена эффективность фосфоритной муки на черноземной почве, обработанной кислотами различного качества и количества. Частичное разложение велось тремя этапами. К 100 гр фосфоритной муки Егорьевского месторождения прибавили 3,8, 7,6 и 15,2 весовых % H_3PO_4 или эквивалентное количество HNO_3 и HCl . К фосфорной кислоте прибавлялся радиоактивный фосфор P^{32} .

Вегетационные опыты показали, что фосфорит обработанный 7,6% и 15,2% H_3PO_4 или 9,6% и 19,2% HNO_3 в такой же или большей мере увеличивал урожай сухой массы кукурузы, как и суперфосфат. Из кислот, использованных для частичного разложения фосфоритов, самый большой коэффициент полезного действия показывала H_3PO_4 . А HNO_3 оказалась менее эффективной, а HCl еще меньше. Физические свойства фосфорита, частично разложенного HNO_3 и HCl были неблагоприятны, а при обработке H_3PO_4 он получил благоприятные свойства.

Рис. 1. Прибавки урожая кукурузы от фосфатов и их активизации на черноземной почве. А) 300 мг и В) 600 мг на сосуд P_2O_5 . В 6-ом столбике имеется воднорастворимый P_2O_5 . Вертикальная ось обозначает урожай воздушно-сухой массы в г на сосуд.

Рис. 2. Прибавки урожая кукурузы от фосфатов и их активизации на черноземной почве. Обозначение смотри на рисунке 1.

Рис. 3. Прибавки урожая кукурузы от фосфатов и их активизации на черноземной почве. Обознач. в 1 рис.

Рис. 4. Коэффициент полезного действия реагентов (H_3PO_4 , HNO_3 , HCl). Вертикаль. ось обознач. прибавки урожая в г на 1 г реагента. В 4-ом столбике показан коэффициент полезного действия H_2SO_4 затраченного на приготовление воднорастворимого фосфата.

Табл. 1. Действие продуктов неполного разложения фосфорита H_3PO_4 , HNO_3 и HCl на общее содержание фосфора в растениях кукурузы в мг на сосуд. (1) Варианты. (2) Общая доза P_2O_5 на сосуд. (3) Контроль. (4) Доза кислоты в вариантах с фосфоритной мукой обработанной кислотами, смотри рис. 1, 2, 3.

Табл. 2. Усвоение фосфора кукурузой из фосфоритной муки и H_3PO_4 , служившей реагентом. Почвенные культуры с черноземом. (Доза P_2O_5 300 мг на сосуд.) (1) Варианты. (2) Доза кислоты на 100 г фосфорита. (3) Количество меченого P_2O_5 в мг на сосуд. (4) Количество P_2O_5 поглощ. кукурузой в мг на сосуд. (5) Общее количество поглощ. P_2O_5 (6) Количество P_2O_5 поглощ. из фосфатов (за вычетом P_2O_5 , поглощ. из почвы). (7) Увеличение количества поглощенного P_2O_5 за счет обработки фосфорита реагентом (за вычетом P_2O_5 из фосфорита). (8) Количество P_2O_5 поглощенного из реагента (меченый фосфор). (9) Количество P_2O_5 поглощ. из реагента активного фосфорита. (10) Увеличение количества P_2O_5 из фосфорита за счет активизации.

Augmentation de l'efficacité de la farine de phosphorite par un traitement acide à faible dose

J. DINCU

Haute École d'Agronomie, Bucarest (Roumanie)

Résumé

L'auteur a étudié l'efficacité sur un sol chernozem de la farine de phosphorite rendue partiellement soluble par un traitement avec des acides minéraux de différentes quantité et qualité. La solubilisation partielle a été faite en trois degrés. L'on a additionné à 100 g de phosphorite de Jegorjevski 3,8%, 7,6% et 15,2% du poids de H_3PO_4 et, respectivement du HNO_3 et HCl en quantités équivalentes. L'on a aussi ajouté au H_3PO_4 du P marqué.

Selon les essais faits en vases de végétation la phosphorite traitée avec 7,6% et 15,2% de H_3PO_4 , ainsi que celle traitée avec 9,6% et 19,2% de HNO_3 ont augmenté la masse de la matière sèche au même degré, et même un peu plus, que le superphosphate. Parmi les acides employés c'est le H_3PO_4 qui a donné le meilleur rendement. L'efficacité du HNO_3 s'est avérée semblable quoique d'un degré quelque peu moindre, tandis que le HCl a été moins efficace. Les propriétés physiques de ces dernières préparations n'ont pas été favorables non plus, tandis que les propriétés physiques de la phosphorite solubilisée partiellement sont bonnes.

Fig. 1. Effet de la farine de phosphorite traitée à l'acide phosphorique sur le maïs dans un sol chernozem. Axe vertical: poids de la matière sèche de la récolte g/vase. A/ 300 mg P_2O_5 , B/ 600 mg P_2O_5 par vase. Colonne 6: P_2O_5 soluble en eau.

Fig. 2. Effet de la farine de phosphorite traitée à l'acide nitrique sur le maïs dans un sol chernozem. Signatures comme fig. 1.

Fig. 3. Effet de la farine de phosphorite traitée à l'acide chlorhydrique sur le maïs dans un sol chernozem. Signatures comme fig. 1.

Fig. 4. Effet utile des réactifs (H_3PO_4 , HNO_3 , HCl). Axe vertical augmentation du rendement g/pour 1 g du réactif. La 4-e colonne donne l'efficacité du H_2SO_4 nécessaire pour obtenir le phosphate soluble à l'eau.

Tabl. 1. L'effet de la phosphorite rendue partiellement soluble par H_3PO_4 , HNO_3 et HCl sur la teneur en phosphore totale du maïs (mg par vase). (1) Variants. (2) Dose totale de P_2O_5 par vase. (3) Contrôle. (4) Doses des acides employés pour le traitement de la phosphorite. Voir figs. 1, 2 et 3.

Tabl. 2. Teneur en phosphore du maïs puisée de la farine de phosphorite et du H_3PO_4 . Essais en vases avec du sol chernozem (mg par vase). (1) Variants. (2) Dose de l'acide pour 100 g de phosphorite. (3) Dose du P_2O_5 marqué par un phosphore actif mg/vase. (4) P_2O_5 absorbé par le maïs mg/vase. (5) Quantité totale du P_2O_5 absorbé. (6) P_2O_5 provenant des phosphates (moins le P_2O_5 provenant du sol). (7) P_2O_5 provenant de la phosphorite traitée (le P_2O_5 de la phosphorite retranchée). (8) P_2O_5 absorbé du réactif (P marqué). (9) P_2O_5 absorbé de la phosphorite. (10) Augmentation de la quantité du P_2O_5 causée par la solubilisation.