

## A növények foszfát- és káliumtáplálkozása közötti összefüggések tanulmányozása

A. EL-LEBOUDI, T. EL-KOBBIA és M. M. MOUKHTAR

*Ain Shams Egyetem, Talajtani Tanszék, Kairó, E. A. K.*

Régóta ismert tény, hogy a foszfát és a kálium valamennyi növény számára nélkülözhetetlen táplálóanyagok. Fontos szerepet játszanak számos enzimes reakcióban, különösen azokban, amelyek a növények növekedésében életfontosságú foszforilálási folyamatokkal kapcsolatosak. A kutatások arra is rámutattak, hogy a jelenlevő káliumionok eltérései befolyásolják a foszfátokkal történő táplálkozást. Ilyen eltérő káliumionoknak tekintjük a klorid, szulfát és karbonát sóik formájában alkalmazottakat. Ennek megfelelően a különféle minőségű és töménységű káliumsóknak a növények foszfáttáplálkozására gyakorolt hatásait kívántuk tanulmányozni. A káliumionokkal együtt jelenlevő klorid, szulfát és karbonát anionoknak a jellegzetes hatásait vizsgáltuk az árpanövények foszforfelvételére és foszfor-anyagcseréjére.

### Anyagok és módszerek

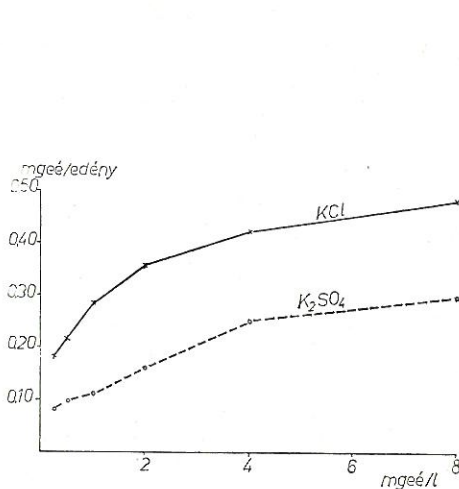
Az árpanövényeket egyenlő eloszlásban neveltük a polietilén tenyész-edényekben. Mindegyik edénybe 1000 g homokot helyeztünk el és ebbe 50–50 árpaszemet vetettünk el. A növények jó fiziológiai körülményeit edényenként 0,10 mgeé/l töménységű  $\text{CaSO}_4$  oldattal biztosítottuk, a talajok nedvességtartalmát a szabadföldi vízkapacitás értékére beállítva. Az előírt kezelésekben a foszfort 2 mgeé/l töménységű  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  formájában adtuk. A kálium adagolása 0,25, 0,50, 1,00, 2,00, 4,00 vagy 8,00 mgeé/l töménységű klorid-, szulfát-, vagy karbonát sójaként történt. A talajok nedvességét állandóan a szabadföldi vízkapacitás szintjén tartottuk, minden egyes kezelés 3-szoros ismétlésben szerepelt. A tenyészedények helyzetét az egyenlő kitétség biztosítására naponta változtattuk. A vetést követő 15. napon az eléggé egyenletesen növekedett növényállományt levágtuk és 70 °C-on megszáritottuk. A növényminták roncsolása 3 komponensű, 10 : 1 : 3 térfogatarányú tömény  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  és  $\text{HClO}_4$  savkeverékkel JOHNSON és ULRICH [11] szerint történt. Az összes foszfortartalmat ( $P_t$ ) AGIZA és munkatársai [1] nátrium-molibdenátos módszerével Unicam spektrofotométeren határoztuk meg. A savban oldható frakcióként kifejezett szervetlen foszfort ( $P_i$ ) 2%-os ecetsav-oldattal nyertük, ennek meghatározása később ugyancsak az Unicam spektrofotométerrel történt JOHNSON és ULRICH [11] módszerével. A szerves foszfort ( $P_o$ ) az összes

foszfortartalom és a szervesetlen foszforfrakció különbségeként számítottuk ki. A káliumot az EEL-féle lángfotométerrel határoztuk meg. A kloridtartalmat ezüstnitrátos titrálással, CHAPMAN és PRATT [5] előírása szerint történt CaO-os hamvasztás után, mértük. Ugyancsak CHAPMAN és PRATT [5] előírása szerint  $Mg(NO_3)_2$ -es oldattal való átítatás után történt hamvasztással készítettük elő a növények kéntartalmának a meghatározását.

### Eredmények és megbeszélésük

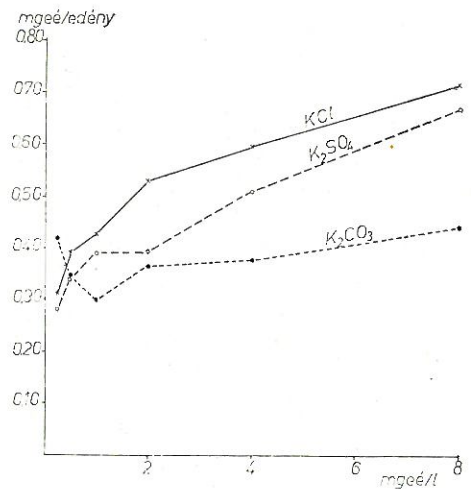
A növények foszfátáplálkozásának, valamint káliummellátottságuknak — ideértve a káliumionokat kísérő kationok minőségét is — a tanulmányozását célszerűnek tartottuk a különböző forrásokból történő káliumfelvétel vizsgálatával kezdeni. Az 1. és 2. ábrán látható, hogy a növények mennyi káliumot, valamint aniont vettek fel az adagolt KCl,  $K_2SO_4$  és  $K_2CO_3$  sókból. Az 1. táblázatban közöljük a növények klorid és szulfát felvételét, illetve a növényekben ezekből az anionokból talált mennyiségek arányát a felvett K-mennyiségekhez.

A klorid és szulfátsók esetében egyaránt az eredmények azt mutatják, hogy a tenyészközegben a sók töménységének a növelésével a káliumionok és a kísérő anionjaik felvétele is növekedett. A növényekben a  $K : SO_4$  arány azonban általában nagyobb volt, mint K-forrásnak KCl-t használva a  $K : Cl$  arány. A tápközeg sötöménységével együttesen növekedő sófelhalmozódásról a növényekben már GEORGE [9] is beszámolt. Ő úgy tartotta, hogy amikor a csíranövények sóoldatokkal kerülnek érintkezésbe, az ozmózis kiegyenlítés során a kationok és anionok egyaránt gyorsan bejutnak a növény gyökér-



1. ábra

A növények anionfelvételének függése a káliumsó-adagok töménységétől. Vízszintes tengely: sóadagok, mgé/l. Függőleges tengely: az összes anionfelvétel, mgé/edény



2. ábra

A növények káliumfelvételének függése a káliumsó-adagok töménységétől. Vízszintes tengely: sóadagok, mgé/l. Függőleges tengely: Az összes K-felvétel, mgé/edény

1. táblázat

**Az adott káliumsók hatása az árpa %-os kálium, illetve kísérő anion töménységére és ezek aránya**

(1) Sóadag mgéél/l	(2) Kálium-klorid %-a a növényben			(3) Kálium-szulfát %-a a növényben			(4) Kálium-karbonát %-a a növényben K
	K	Cl	K : Cl	K	Cl	K : SO <sub>4</sub>	
0,25	1,80	1,04	1,73	1,80	0,19	3,43	2,35
0,50	2,13	1,17	1,81	1,90	0,22	3,56	1,98
1,00	2,38	1,42	1,62	2,05	0,24	3,55	1,75
2,00	2,90	1,94	1,50	2,30	0,39	2,45	2,23
4,00	3,20	2,26	1,42	3,00	0,59	2,10	1,98
8,00	4,05	2,48	1,48	3,77	0,69	2,26	2,25

sejtjeibe, és ez a folyamat mindaddig tart, amíg az ozmózis egyensúlya a növény gyökérrendszere, valamint az ezt körülvevő oldat között ki nem alakul. A 2. ábrán az is látszik, hogy a növények káliumfelvétele nagyobb a klorid sójuktól, mint a szulfát sójuktól. Ez DIJKSHOORN [7] nyomán azzal magyarázható, hogy a kloridionok felvételének a sebessége viszonylag nagyobb, mint a szulfácionok felvételének a sebessége. Ennek tulajdonítható, hogy kísérletünk növényeiben kisebb K : Cl arányokat tapasztaltunk, mint K : SO<sub>4</sub> arányokat. A szulfáttöménységnek a kloridtöménységhez viszonyított nagysága az adott esetben azzal a kockázattal jár, hogy nem jut érvényre a szulfátnak a kísérő kationja felvételét elősegítő hatása úgy, ahogy erről EPSTEIN [8] beszámolt.

A karbonátsóból történő káliumfelvétel sajátos módon történt. Az eredmények arra mutatnak, hogy a kálium-karbonát adagot növelve a növények káliumtartalma bizonyos határig csökkent. Ezen túlhaladva a sóadag további növekedése a káliumtartalom határozott növekedésével járt. Ez megegyezik HOWE és GRAHAM [10] eredményeivel, ők ugyanis nagy sóadagok mellett valószínűbbnek találták a növényekben fiziológias zavarok jelentkezését.

A 2. táblázatban, illetve a 3. ábrán láthatók azok az összes foszfát-tartalmak és %-os foszfáttöménységek, amelyeket a vizsgált káliumforrások különböző mennyiségének a jelenlétében a kísérletünk növényeiben találtunk.

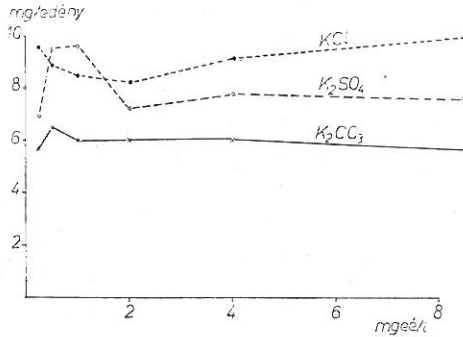
2. táblázat

**A különféle vizsgált, más-más töménységekben adott K-források hatása a növény P-tartalmára**

(1) Sóadag mgéél/l	(2) A növények foszfortartalma, P mg/100 g szárazanyag		
	KCl	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
0,25	837	1037	1387
0,50	912	1362	1287
1,00	850	1300	1275
2,00	850	1087	1287
4,00	825	1150	1225
8,00	825	1100	1287

A klorid kivételével az eredményekben világosan látszik a káliumot kísérő anionok hatása. Azt a tényt, hogy a KCl nem befolyásolja határozott irányban a növények foszfátfelvételét már más szerzők (TAKAHASHI és YOSHIDA [18], TEATER és munkatársai [19], illetve CORTER és LATHWELL [6]) is tapasztalták.

A kálium-szulfát adagját 0,25 mgeé-ről 1,0 mgeé-re növelve fokozta az összes felvett foszfát mennyiségét. A kálium-szulfát-adag nagyságát tovább emelve a növények P-tartalma fokozatosan csökkenni kezd, akár a növények %-os töménységét, akár az összesen felvett mennyiséget is tekintjük. A kálium-szulfátnak a foszforfelvételt növelő hatásáról LUNDEGARDH [15] már beszámolt. Szerinte a szulfát és a foszfát anionok között szinergizmus van. Viszonylag nagy kálium-szulfát szinteken azonban, kísérletünk viszonyai között, látszólag a két anion egymásra hatása antagonisztikussá válik.



3. ábra

A növények összes P-felvételének függése a káliumsó-adagok töménységétől. Vízszintes tengely: sóadagok, mgeé/l. Függőleges tengely: összes P-felvétel, mg/edény

ennek a jelenségnek magyarázatát is a tenyészközeg pH-jának a K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-adagok növelésével együttjáró emelkedésével valószínűleg a növények számára kedvezőbbé váló foszforfelvételi viszonyokban látták. A karbonátsók foszfátfelvételt növelő hatásának egy másik indoka lehet McEvoy [16] szerint az, hogy a tápoldatnak a lúgos körülmények között rendszerint csökkenő kalciumtartalma egyszersmind a lecsapódó foszfátok mennyiségének a csökkenését is jelenti és ennek nyomán a foszfátfelvétel növekedése várható. Egy további indok lehet még a 2. ábrán láthatóan az ilyen körülmények között megnövekedő káliumfelvétel. Természetesen a nagy töménységű kálium-karbonát jelenlétében esetleg kialakuló kedvezőtlen körülmények hatása is érvényesülhet.

A kísérletben alkalmazott három káliumsót a növények foszfátfelvételére gyakorolt kedvező hatása szerint összevetve általában a K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> > K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > KCl sorrendet találtuk. Hasonló eredményekhez jutottak mások is, mint BEAR [3], MEYER és munkatársai [17], valamint YOUNTS és MUSGRAVE [20]. Ezek a vizsgálatok arra utalnak, hogy a növények táplálékfelvételében a kloridionok inkább versengenek a foszfátionokkal, mint a szulfátionok; egy másik lehetőség a jelenség értelmezésére, hogy a szulfátionok szerepe a versengésben a növénybe jutásuk után az anyagszerkeletváltozatokban történő részvételük folytán kisebb lesz. Valóban LEHR és VAN WESMEAL [14] kimutatták, hogy a talajoldatban egy kisebb foszfát-töménység létrehozásához

A kálium karbonáttal együtt ellenkezően viselkedett, mint amit kálium-szulfát jelenlétében tapasztaltunk. A növények összes foszforfelvételét, akárcsak a %-os foszfortartalmát, a K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-adagot 0,25 mgeé-ről 2,0 mgeé-re növelve egyre kisebbnek találtuk. Ennek a káliumsónak még nagyobb adagjai jelenlétében a növényekben kimutatott foszfor mennyisége határozottan nagyobb lett. Ez HOWE és GRAHAM [10] eredményeivel egyezik meg, akik

3. táblázat

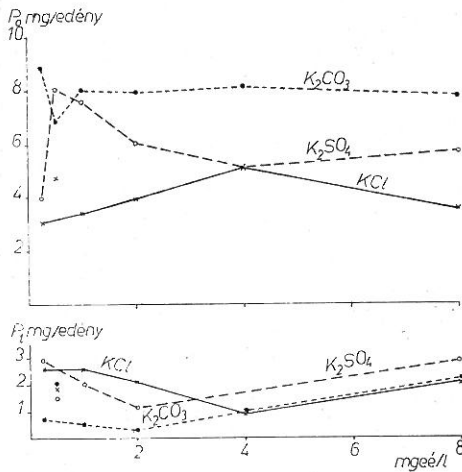
A különféle vizsgált, más-más töménységekben adott K-források hatása az árpában kimutatott szerves (P<sub>0</sub>) és szervetlen (P<sub>i</sub>) P-frakciók töménységére

(1) Sóadag mgeé/l	KCl		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	
	P <sub>i</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>i</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>i</sub>	P <sub>0</sub>
0,25	382	455	438	599	107	1280
0,50	251	661	213	1148	295	992
1,00	363	486	276	1023	825	1192
2,00	295	555	188	898	575	1230
4,00	126	698	388	761	137	1087
8,00	305	517	282	817	281	1007

viszonylag nagyobb kálium-klorid adagokra volt szükség, mint kálium-szulfát adagokra. A talajoldatot tanulmányozva YOUNTS és MUSGRAVE [20] viszonylag soros korrelációt találtak a talajoldat és a növények foszfortartalma között.

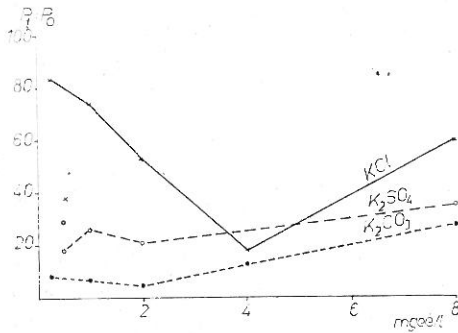
A 3. táblázatban bemutatjuk a kísérleti növények anyagcseréjének az aktivitását a szerves és szervetlen foszfortartalom növényi szárazanyagban talált töménységében kifejezve. Az említett foszforfrakciók növényekben kimutatott mennyiségét és ezek arányát a 4., illetve 5. ábrán mutatjuk be.

A szervetlen foszforfrakció vizsgálataink szerint a káliumsók hatására ez utóbbiak anionjától függően általában bizonyos határig csökkent, majd általában bizonyos töménységen túl, a káliumsó adagolás kedvező hatását figyelhetjük meg. A kálium-karbonátot kivéve, amely csaknem hatástalan volt, a szerves foszforfrakcióra a káliumsók hatása általában éppen ellenkező



4. ábra

A növények szervetlen (P<sub>i</sub>) és szerves (P<sub>0</sub>) foszforfrakcióinak függése a káliumsó adagok töménységétől



5. ábra

A növényi P-frakciók (P<sub>i</sub> : P<sub>0</sub>) arányainak függése a káliumsó adagok töménységétől. Vízszin tes tengely: sóadagok, mgeé/l

irányzatú volt, mint a szervesen foszforfrakcióra gyakorolt hatásuk. A klorid és szulfátsók egy bizonyos határig általában kedvező hatásúak voltak, majd ezen túl a hatásuk általában csökkentő jellegű volt.

A három alkalmazott káliumsót mindkét foszforfrakcióra gyakorolt hatásuk alapján összehasonlítva általában jól észlelhető volt a hatásokban a következő sorrend:  $KCl > K_2SO_4 > K_2CO_3$ .

A kísérleti növényekben megállapított  $P_i : P_0$  arányra vonatkozóan hasonló tendenciát tapasztaltunk, mint a növényekben kimutatott szervesen foszforfrakció esetében. Magyarozatképpen fel lehet hozni azt a tényt, hogy a kálium alapvetően létfontosságú tápelem, különösen ha kísérő anionjainak a töménysége megfelelő a növényben lejátszódó anyagcsere számára, főképpen a foszforilálással kapcsolatos részfolyamatokra, amint ezt LATZKO [12], valamint BONNER és VARNER [4] tapasztalták. Természetesen az ilyen aktivitás-növekedésnek a velejárója a nagyobb mérvű szervesfoszfor-szubsztrátumnak a szintézise.

A viszonylag nagy töménységű káliumsó adagokkal együttjáró kockázat a hidrolázokra gyakorolt hatásuknak tulajdonítható. Ez a hatás LATZKO [12] szerint erőteljesebb, ha a kálium klorid alakban van jelen.

A klorid kísérő anionnal együtt levő kálium viszonylag kifejezettebb hatása BEAR [3] közleménye alapján is megmagyarázható. Ő ugyanis kimutatta, hogy a klorid mint igen mozgékony ion sok téren részben helyettesítheti a foszfátionokat. A kálium-karbonátnak a többi káliumsónál kedvezőbb hatása a növények foszforfelvételére annak tulajdonítható, hogy a kálium, valamint a karbonát egyaránt kedvező hatásúak a foszforral kapcsolatos anyagcsere-folyamatokra. Amint erről ANISIMOVÉ és PETROVA [2] beszámoltak, ezek olyan jellegű folyamatok, mint a növényben történő karboxilálás.

### Összefoglalás

Homokkultúrákban árpa jelzőnövényvel vizsgáltuk, hogy a 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; 4,00; és 8,00 mgé/l töménységben a tápközegbe adagolt káliumionok kísérő anionjai hogy befolyásolják a növények foszfáttáplálkozását. A kísérletben a foszfátadag 2,00 mgé/l  $KH_2PO_4$  volt.

Az eredmények általában a tápközeghez a sóadagolás fokozásával mind a kationok, mind az anionok felvételének a növekedését mutatták; a kedvező hatás a növényi szövetekben levő elektromos semlegesség alapján megmagyarázható.

Ami a növények foszforfelvételét illeti, a foszforfelvételre a KCl-nek semmilyen világos hatását nem figyeltük meg. A szulfátsók esetében valószínűleg a szulfát és a foszfátionok közötti szinergizmus következtében kis koncentrációban kedvező hatást tapasztaltunk, míg viszonylag nagy szulfát szinteken a hatás antagonisztikusra fordult. A kálium karbonátsója esetében viszonylag nagyobbnak találtuk a növények foszfátfelvételére gyakorolt hatását, mint a klorid vagy szulfátsója jelenlétében. Véleményünk szerint ennek oka az, hogy az anyagcsere aktiválásában nemcsak a káliumionok, de mellettük a karbonátionok is szerepet játszanak.

A foszfor anyagcseréjében az eredményeink szerint a káliumsók hatása általában a szerves foszforfrakcióban mutatkozott meg. Bizonyos káliumsó töménységig általában a foszfátartalom növekedett, míg ezen túl többnyire csökkent.

## Irodalom

- [1] AGIZA, A. H., EL-HINEIDY, M. I. & IBRAHIM, M. E.: The determination of the different fractions of phosphorus in plants and soils. *Cairo Univ. Agric. Bull.* **121**. 1960.
- [2] ANISIMOVA, A. A. & PETROVA, P. K.: Carbohydrate-protein metabolism and productivity of plants supplied with carbonic acid through the roots. *Fiziol. Rast.* **2**. 558-564. 1955.
- [3] BEAR, F. E.: Cation and anion relationships in plants and their bearing on crop quality. *Agron. J.* **42**. 176-178. 1950.
- [4] BONNER, J. & VARNER, J. E.: *Plant Biochemistry*. Academic Press. New York. London. 1965.
- [5] CHAPMAN, H. D. & PRATT, P. F.: *Methods of analysis for soils, plants and waters*. Univ. of Calif. Div. of Agric. Sci. 1961.
- [6] CORTER, O. G. & LATHWELL, D. J.: Effect of chloride on phosphorus uptake by corn roots. *Agron. J.* **59**. 250-253. 1967.
- [7] DIJKSHOORN, W.: The rate of uptake of chloride, phosphate and sulphate in perennial rye-grass. *Netherlands J. Agric. Sci.* **7**. 194-201. 1959.
- [8] EPSTEIN, E.: Mutual effects of ions in their absorption by plants. *Agrochimica* **11**. 293-322. 1962.
- [9] GEORGE, L. Y.: Accumulation of sodium and calcium by seedlings of some cereal crops under saline conditions. *Agron. J.* **59**. 297-299. 1967.
- [10] HOWE, D. O. & GRAHAM, E. R.: Salt concentration as a factor in the availability of phosphorus from rock phosphate as revealed by the growth and composition of alfalfa. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **21**. 25-28. 1957.
- [11] JOHNSON, C. M. & ULRICH, A.: *Analytical methods for use in plant analysis*. Calif. Agric. Exp. Sta. Bull. 766. 1959.
- [12] LATZKO, E.: The effect of chloride and sulphate nutrition on the enzyme activity of cultivated crops. *Z. Pflernähr. Düng.* **66**. 148-155. 1954.
- [13] LATZKO, E.: The function of potassium in the metabolism of energy rich phosphates in plant and animal organisms. *Agrochimica*. **3**. 148-164. 1959.
- [14] LEHR, J. J. & VAN WESMEAL, J.: Influence of neutral salts on solubility of soil phosphate. *J. Soil Sci.* **3**. 125-135. 1952.
- [15] LUNDEGARDH, R. H.: Investigations on the mechanisms of absorption and accumulation of salts. IV. Synergistic and antagonistic effects of anions. *Physiol. Plant.* **12**. 336-341. 1959.
- [16] MCEVOY, E. T.: The effect of pH and calcium on the uptake of radiophosphorus by flue-cured tobacco. *Canad. J. Plant. Sci.* **44**. 28-31. 1964.
- [17] MEYER, R. E., WARREN, G. F. & LONGSTON, R.: Effect of various anions on the growth and nutrient uptake of bean and tomato. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* **70**. 334-340. 1957.
- [18] TAKAHASHI, T. & YOSHIDA, Y.: The interrelationship of various ions in tobacco plant absorption. 6. Relationship between nitrogen form and chloride and sulphate in culture solutions. *J. Sci. Soil Tokyo.* **28**. 181-184. 1957.
- [19] TEATER, R. W., MEDERSKI, H. J. & VOLK, G. W.: Yield and mineral content of corn as affected by ammonium chloride fertilizer. *Agron. J.* **52**. 403-405. 1960.
- [20] YOUNTS, S. E. & MUSGRAVE, R. B.: Chemical composition, nutrient absorption and stalk rot incidence of corn as affected by chloride and potassium fertilizer. *Agron. J.* **50**. 426-429. 1958.

*Érkezett: 1972. december 18.*

## Studies on Phosphate and Potassium Nutrition of Plants

A. EL-LEBOUDI, T. EL-KOBBIA and M. M. MOUKHTAR

Soils Department, Faculty of Agriculture, University of Ain Shams, Cairo (Egypt)

### Summary

Barley plants were grown in sand cultures to investigate phosphate nutrition as affected by the presence of anions accompanying potassium added at different concentrations, i.e., 0.25, 0.50, 1.0, 2.0, 4.0 and 8.0 meq./l. The level of phosphate was used at 2.00 meq./l of  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .

Results showed a general increase in the uptake of both cations and anions as the concentration of added salts was raised in the growth media; the favourable effect was explained on the basis of electroneutrality within the tissues of plants.

Regarding the phosphorus uptake by plants, an absence of any clear effect was observed for KCl on the absorption of phosphorus. With respect to sulphate salts, a favourable effect was obtained at a low concentration, probably due to the synergistic phenomenon existing between sulphate and phosphate. At relatively high levels of sulphate an antagonistic effect was observed. Regarding the carbonate, it seemed to be relatively more effective than either chloride or sulphate as regards the absorption of phosphate. This was suggested to be due to the favourable effect of potassium ions along with carbonate ones in the activation of certain metabolic activities.

With respect to phosphorus metabolism, the results generally showed that organic phosphorus was the fraction affected by potassium salts. The effect was generally favourable up to certain limits beyond which a general depressive effect was present.

*Table 1.* The effect of various potassium salts, added at different concentrations, on the chemical composition along with relative ratio between cations and accompanying anions in barley plants. (1) Salt added, meq/l (2). Potassium chloride percent in plant (3). Potassium sulphate percent in plant. (4) Potassium carbonate percent in plant.

*Table 2.* The effect of various potassium salts, added at different concentrations, on the P content of barley plants. (1) Salt added, meq/l. (2) P content of plants, mg/100 g dry matter.

*Table 3.* The effect of various potassium salts, added at different concentrations, on the content of inorganic ( $P_i$ ) and organic ( $P_o$ ) P fractions along with their relative ratio barley plants (Pmg/100 g dry matter). (1) Salt added, meq/l.

*Fig. 1.* Anion uptake by plants as influenced by the concentration of added potassium salts. Horizontal axis: Salt added in meq./l. Vertical axis: Total uptake of anion, meq./l.

*Fig. 2.* Potassium uptake by plants as influenced by the concentration of added potassium salts. Horizontal axis: salt added in meq./l. Vertical axis: Total uptake of potassium, meq./pot.

*Fig. 3.* Total P uptake by plants as influenced by the concentration of added potassium salts. Horizontal axis: Salt added in meq./l. Vertical axis: Total P uptake, mg/pot.

*Fig. 4.* P fractions in plants as influenced by the concentration of added potassium salts. Horizontal axis: Salt added in meq./l. Vertical axis: Content of organic and inorganic P, mg/pot.

*Fig. 5.* Relative ratio for P fractions ( $P_i : P_o$ ) in plants as influenced by the concentration of added potassium salts. Horizontal axis: Salt added in meq./l. Vertical axis: The relative ratio of  $P_i : P_o$ .



## Recherches sur la nutrition de phosphate et potassium des plantes

A. EL-LEBOUDI, T. EL-KOBBIA et M. M. MOUKHTAR

Chaire de la Science du Sol, Faculté d'agronomie, Université Ain Shams, Le Caire, (RAU)

### Résumé

Dans des cultures de sable on a étudié la nutrition de phosphate de l'orge affectée par la présence des anions accompagnant les ions de potassium. On a employé 0,25, 0,50, 1,0, 2,0, 4,0 et 8,0 meq/l de potassium, la dose de phosphate employée était 2,0 meq/l  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .

Les résultats ont démontré une augmentation générale de l'assimilation et des cations et des anions avec l'augmentation de la concentration des sels apportés au milieu de culture. L'effet favorable était expliqué à base de la neutralité électrique dans les tissus de plante.

En ce qui concerne l'assimilation de phosphate des plantes, le KCl n'avait aucune influence significative. En cas des sels de sulfate, on a observé un effet favorable avec l'emploi des concentrations faibles, probablement en conséquence du synergisme existant entre les ions de sulfate et de phosphate; tandis que sur des niveaux relativement hauts de sulfate, on pouvait observer un effet antagonistique. L'absorption de phosphate était influencée d'une mesure relativement plus forte par les sels de carbonate du K que par les chlorures et sulfates. On a attribué un effet favorable au rôle des ions de K qu'ils jouent avec les ions de carbonates dans l'activité métabolique.

Quant au métabolisme de phosphore, les résultats ont démontré l'effet des sels de K généralement sur la fraction de P organique. La teneur en P a plutôt augmenté jusqu'à certaines concentrations de sels de K, au-dessus desquelles elle a diminué.

*Tableau 1.* Effet des sels de K employés en différentes concentrations sur la composition chimique et le rapport relatif entre les cations et les anions dans les plantes de l'orge (1). Dose de sel, meq/l. (2) Pourcentage de KCl dans les plantes (3). Pourcentage de  $\text{KSO}_4$  dans les plantes (4). Pourcentage de  $\text{K}_2\text{CO}_3$  dans les plantes.

*Tableau 2.* Effet des sels de K employés en différentes concentrations sur la teneur en P des plantes de l'orge (1). Dose de sel, meq/l (2). Teneur en P des plantes, mg/100 g matière sèche.

*Tableau 3.* Effet des sels de K employés en différentes concentrations sur la teneur en P inorganique ( $P_i$ ) et P organique ( $P_o$ ), et leur rapport relatif dans la plante (P mg/100 g matière sèche). (1) Dose de sel, meq/l.

*Fig. 1.* Absorption des anions par les plantes influencée par la concentration des sels de K employés. Axe horizontal: sels ajoutés, meq/l. Axe vertical: absorption total des anions, meq/l.

*Fig. 2.* Absorption de K des plantes influencée par la concentration des sels de K ajoutés. Axe horizontal: sels ajoutés, meq/l. Axe vertical: absorption total de K, mg/vase.

*Fig. 3.* Absorption total de P influencée par la concentration des sels de K employés. Axe horizontal: sels employés, meq/l. Axe vertical: absorption total de P, mg/vase.

*Fig. 4.* Influence de la concentration des sels de K sur les fractions de P inorganique ( $P_i$ ) et P organique ( $P_o$ ) des plantes. Axe horizontal: sels employés, meq/l. Axe vertical: teneur en P organique et inorganique, mg/vase.

*Fig. 5.* Rapport relatif des fractions P ( $P_i : P_o$ ) dans les plantes influencée par la concentration des sels de K ajoutés. Axe horizontal: sels employés, meq/l. Axe vertical: rapport relatif  $P_i : P_o$ .

## Изучение зависимости между фосфорным и калийным питанием растений

А. ЭЛ-ЛЕБОУДИ, Т. ЭЛ-КОББИА и М. М. МОУКХТАР

Университет Аин Шамс, Сельскохозяйственный факультет, кафедра почвоведения, Каир (Египет)

### Резюме

В питательную среду песчаной культуры ячменя вносили ионы калия в дозах 0,25, 0,50, 1,00, 2,00, 4,00 и 8,00 мг. экв/л и изучали как влияют сопровождающие анионы на фосфорное питание растений. Доза фосфата  $\text{KН}_2\text{P}_2\text{O}_4$  составляла 2,00 мг. экв/л.

Данные опытов показали, что с увеличением прибавления в питательную среду солей, увеличилось усвоение растениями как катионов, так и анионов; благоприятное влияние объясняется электрической нейтрализацией в растительных клетках.

Относительно усвоения фосфора растениями, не наблюдали никакого заметного влияния КСI на этот процесс. В случае сернокислых солей, вносимых в небольших концентрациях, по всей вероятности, в результате синергизма между сульфатными и фосфатными ионами, наблюдали благоприятное влияние. Карбонат калия оказал более благоприятное влияние на усвоение фосфора растениями, чем хлориды или сульфаты калия. По нашему мнению это объясняется тем, что в активности обмена веществ большую роль играют не только ионы калия, но и карбонатные ионы.

По данным опытов в обмене веществ под влиянием солей калия, фосфор в основном проявляется в органической фосфорной фракции. До определенной концентрации калийных солей содержание фосфора повышалось, после этого предела наблюдалось снижение его содержания.

*Табл. 1.* Влияние калийных солей на процентное содержание в ячмене калия и других сопровождающих анионов и на их соотношение. (1) Доза вносимых солей, мг.экв/л. (2) Процентное содержание хлористого калия в растениях. (3) Процентное содержание сернокислого калия в растениях. (4) Процентное содержание карбоната калия в растениях.

*Табл. 2.* Исследование влияния источников калия различной концентрации на содержание фосфора в растении. (1) Доза вносимых солей, мг.экв/л. (2) Содержание фосфора в растениях, в мг/100 г сухого вещества.

*Табл. 3.* Исследование влияния источника калия различной концентрации на содержание в ячмене неорганической ( $P_i$ ) и органической ( $P_o$ ) фракций фосфора (P мг/100 г сухого вещества). (1) Доза вносимых солей, мг.экв/л.

*Рис. 1.* Зависимость усвоения растениями анионов от концентрации калийных солей. По горизонтальной оси: дозы вносимых солей, мг.экв./л. По вертикальной оси: общее количество усвоенных анионов, мг.экв./сосуд.

*Рис. 2.* Зависимость усвоения растениями калия от концентрации калийных солей. По горизонтальной оси: дозы солей, мг.экв./л. По вертикальной оси: общее количество усвоенного калия, мг.экв./сосуд.

*Рис. 3.* Усвоение растениями общего фосфора в зависимости от концентрации калийных солей. По горизонтальной оси: дозы солей, в мг.экв/л. По вертикальной оси: общее усвоение фосфора, в мг/сосуд.

*Рис. 4.* Количество в растениях неорганического ( $P_i$ ) и органического ( $P_o$ ) фосфора в зависимости от концентрации калийных солей.

*Рис. 5.* Зависимость соотношения фракций фосфора ( $P_i : P_o$ ) в растениях от концентрации калийных солей. По горизонтальной оси: дозы вносимых солей, мг.экв/л.