

MODIFICAREA RELAȚIEI SOURCE-SINK LA CARTOF (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) PRIN FERTILIZARE CU CLORURĂ ȘI SULFAT DE POTASIU

Cristina SLABU¹

¹Universitatea de Științe Agricole și Medicină
Veterinară, Iași
e-mail: cslabu@univagro-iasi.ro

In a pot experiment, the effect of 1% K₂SO₄ foliar fertilization combined with KCl soil fertilization on the source - sink relationships of Solanum tuberosum L. plants cv. Desiree was evaluated and compared to K₂SO₄ fertilization. The foliar application of K₂SO₄ at KCl variants did not increase the shoot dry weights but significantly increased the chlorophyll concentration in the leaves, thus increasing the plants' photosynthesis. The foliar application of K₂SO₄ at KCl variants increased the tuber yield. Notably, this increase was due to increase of the tuber number whereas the starch concentration, however, remained constant. The source - sink relationship was modified by a sink extension; the foliar application of K₂SO₄ accelerated the tuber development. The concentration of all cations analyzed was found within normal ranges in all variants included in this study. Plants fertilized with KCl did not present visible symptoms of leaf chlorosis or necrosis, except for a slight yellowing at a concentration of 21 g Cl/g DW.

Key words: (foliar fertilization, chloride, sulphate, source-sink, potato)

La cartof, producția de tuberculi este condiționată de mai mulți factori, printre care și de nutriția minerală. Cercetări numeroase au evidențiat efectul benefic al fertilizării cu potasiu (K) asupra cantității și calității tuberculilor, îndeosebi când acest macroelement este administrat sub formă de K₂SO₄ comparativ cu KCl [2]. De asemenea, s-a dovedit efectul negativ al clorurii de potasiu în transportul asimilatelor [6], care conduce la modificarea raportului source-sink în plantă [2; 5]; prin *source* înțelegându-se locul de sinteză, iar prin *sink* locul de depozitare a asimilatelor, legătura dintre acestea fiind asigurată de către mecanismele de transport.

Pornind de la rolul fiziologic al potasiului în transportul și depozitarea asimilatelor [4; 8], de la cel al sulfului în catalizarea biosintezei clorofilei, a rolului său în sinteza proteinelor din cloroplaste, a aminoacizilor cu sulf, a acetil-coenzimei A, precum și de la faptul că excesul de clor este toxic pentru multe specii de plante [1; 9; 10], cercetările ale căror rezultate se prezintă în cele ce urmează au urmărit efectul administrării foliare a K₂SO₄ asupra relației source-sink la plantele de cartof pe sol fertilizat cu KCl.

MATERIAL ȘI METODĂ

Cercetările s-au efectuat în casa de vegetație a Institutului pentru Nutriția Plantelor al Universității „Justus Liebig” din Giessen, Germania, cu tuberculi de cartof din soiul Desiree, plantați în vase de vegetație de tip Mitscherlich, cu capacitatea de 12 kg. S-a folosit un substrat loessoid, foarte sărac în elemente nutritive. Fertilizarea cu macro- și microelemente s-a realizat uniform, pentru fiecare vas revenind: 4,5 g N sub formă de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 3 g P_2O_5 ($1/3 \text{ NaH}_2\text{PO}_4$ și $2/3 \text{ CaHPO}_4$) 1 g MgO ; 1,03 mg B; 2,09 mg Cu; 0,128 mg Mo; 17, 15 mg Mn și 6, 35 mg de Zn. Potasiul, în cantitate de 4,80 g/vas, s-a aplicat sub formă de K_2SO_4 respectiv KCl. La jumătate din numărul vaselor s-a aplicat plantelor, la interval de 5 zile, fertilizarea foliară cu K_2SO_4 1%, în total revenind un supliment de 2 g K pe plantă. Pe restul plantelor s-a pulverizat apă. Umiditatea solului a fost menținută la 60% din capacitatea de câmp, prin cântărire și udare zilnică.

S-au luat în studiu 4 variante: V-1 = K_2SO_4 ; V-2 = K_2SO_4 + foliar; V-3 = KCl; V-4 = KCl + foliar, cu câte 8 repetiții pentru fiecare variantă, așezate randomizat. În lucrarea de față, pentru a simplifica explicațiile, plantele din vasele cu solul fertilizat cu K_2SO_4 vor fi denumite *plante sulfat*, iar cele la care s-a administrat KCl, *plante clorură*.

Plantele au fost recoltate la înflorire, separat, frunze, tulpini, tuberculi și cântărite în stare proaspătă. Pentru determinarea conținutului de clorofilă din frunze, de la fiecare plantă, s-au prelevat câte 5 g de material, care s-a refrigerat în azot lichid, și s-a păstrat la -18°C , până la utilizare.

Conținutul de substanță uscată a plantelor s-a determinat tot prin cântărire, la balanța electronică, după uscarea materialului în etuvă, la 60°C , până la greutate constantă.

Concentrația de clorofilă din frunze, a fost determinată spectrofotometric, în extract acetonic 1% [11]. Concentrația de cationi s-a determinat prin spectroscopie în absorbție atomică (AAS) [11], cea de anioni prin cromatografie de ioni [11], amidonul pe cale enzimatică (Boeringer Mannheim) [3], după metode standardizate. Pentru calculul statistic al datelor s-a folosit testul t [8].

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Conținutul de substanță uscată din frunze și tulpini. Cantitatea de substanță uscată acumulată în părțile aeriene până la recoltare s-a diferențiat (tab. 1) de la 24,6 la V-1 la 20,2 g la V-3, fiind pozitiv influențată atât în cazul frunzelor cât și al tulpinilor, prin fertilizarea cu K_2SO_4 comparativ cu KCl. Fertilizarea cu KCl a determinat acumularea substanței uscate foliare de 15,4 - 15,8 g/vas semnificativ mai mică de 17,7 - 18,9 g/vas în cazul fertilizării cu K_2SO_4 .

Fertilizarea foliară cu K_2SO_4 nu a diferențiat semnificativ conținutul de substanță uscată a plantelor din variantele experimentate. Rezultatele reliefează creșterea suprafeței asimilatorii a plantelor prin administrarea în sol a K_2SO_4 , în timp ce K_2SO_4 aplicat foliar nu modifică semnificativ acest parametru.

Tabelul 1

Efectul fertilizării diferențiate cu K_2SO_4 și KCl și al fertilizării foliare cu K_2SO_4 asupra conținutului de substanță uscată a organelor aeriene la cartof

	Frunze	Tulpini	Total
V-1 = K_2SO_4	17,7 (a)	5,8	23,5 (a)
V-2 = K_2SO_4 + foliar	18,9 (a)	5,7	24,6 (a)
V-3 = KCl	15,8 (b)	4,4	20,2 (b)
V-4 = KCl + foliar	15,4 (b)	4,9	20,3 (b)

Apa liberă. Cercetări anterioare au demonstrat contribuția ionului clor, acumulat în vacuole, la mărirea potențialului osmotice al sucului vacuolar, ceea ce determină pătrunderea apei în celulă, prin endosmoză [10]. La plantele luate în studiu, conținutul de apă liberă în părțile aeriene nu s-a diferențiat semnificativ la nici una dintre variante (*fig. 1*), după cum era de așteptat. Rezultatele demonstrează că aprovizionarea optimă cu potasiu (ion cu efect osmotice), precum și suplimentul de apă administrat foliar, au determinat egalizarea conținutului de apă liberă în organele aeriene a plantelor.

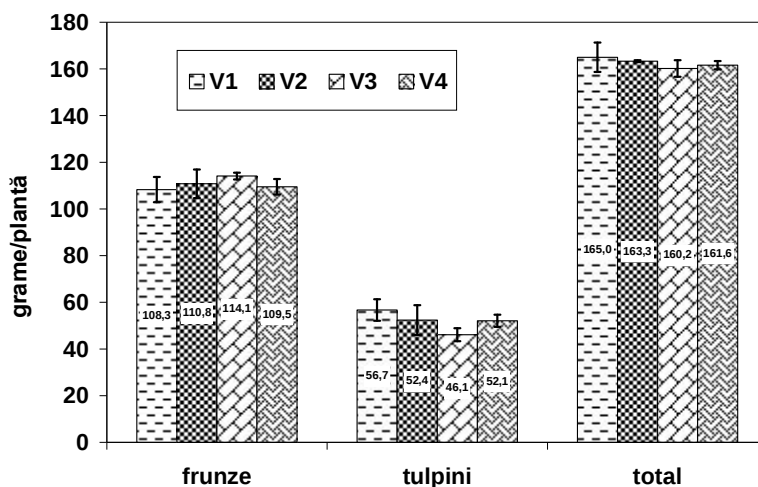


Figura 1 Conținutul de apă liberă în organele aeriene a plantei

Concentrația de clorofilă totală, determinată prin analiza spectrofotometrică a extractului acetonice de pigmenți a avut valori cuprinse între 2,2 mg/g de substanță proaspătă, la varianta V-1 și 1,8 mg la V-3.

KCl a contribuit la scăderea conținutului de clorofilă din frunze, fapt sesizat și în timpul vegetației printr-o ușoară îngălbenire a plantelor.

Fertilizarea foliară cu K_2SO_4 nu a modificat statistic semnificativ concentrația de clorofilă din frunzele plantelor *sulfat* (*fig. 2*), dar a produs o

creștere a acestora la plantele *clorură* contribuind la sporirea intensității fotosintezei.

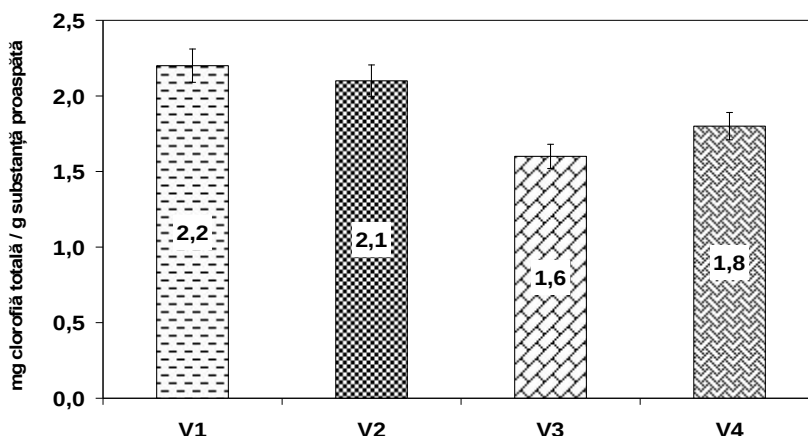


Figura 2 Efectul fertilizării asupra concentrației de clorofilă din frunze.

Concentrația de elemente nutritive. Chiar și sub influența fertilizării diferențiate cu K_2SO_4 și KCl plantele au fost aprovizionate cu suficiente cantități de elemente nutritive, valorile concentrației acestora în frunze situându-se în limitele considerate normale, după Bergmann [1] (*tab. 2*). În ultima coloană a tabelului 2 sunt prezentate limitele care indică aprovizionarea normală cu elemente nutritive a plantelor de cartof. De remarcat că la plantele *clorură* concentrația ionilor de clor a atins valori ridicate, considerate toxice pentru unele plante [1].

În cazul soiului Desiree se poate considera că valoarea de 21 mg Cl/g s.u. reprezintă limita inferioară a toxicității clorului, deoarece plantele nu prezentau cloroze evidente sau necroze pe frunze, ci numai o ușoară îngălbenire care a cauzat scăderea cu 8% a masei vegetative totale a plantelor variantei V-3 comparativ cu V-1. Fertilizarea foliară cu K_2SO_4 a redus efectul toxic al clorului; chiar și la o concentrație de 21 mg Cl/g s.u., scăderea masei vegetative fiind de numai 6% (V-4 comparativ cu V-2).

Producția. Efectul fertilizării asupra numărului de tuberculi (*tab. 3*) atestă că la varianta V-3 (fertilizată exclusiv cu KCl) numărul de tuberculi pe plantă s-a redus semnificativ în comparație cu varianta V-1, fertilizată cu K_2SO_4 . Suplimentul de K_2SO_4 , aplicat foliar, nu a avut efect asupra *plantelor sulfat* (V-1 comparativ cu V-2), însă a sporit, semnificativ, numărul de tuberculi la plantele *clorură*.

Tabelul 2

Efectul fertilizării diferențiate cu K_2SO_4 și KCl și al fertilizării foliare cu K_2SO_4 asupra concentrației elementelor nutritive din frunzele plantelor (mg/g)

Variante	V-1= K_2SO_4	V-2 = K_2SO_4 + foliar	V-3 =KCl	V-4 =KCl + foliar	Valori normale [1]
K^+	34,1	57,0	37,6	53,4	50 – 66
Ca^{2+}	13,2	12,9	16,0	17,8	6 – 20
Mg^{2+}	8,3	6,9	8,6	8,2	2,5 – 8
Na^+	0,1	0,1	0,1	0,1	0,04 – 1
Cl^-	5,5	5,3	20,7	21,0	0,5 – 4
SO_4^{2-}	23,4	42,5	6,0	26,3	1-5 (sulf)

Tabelul 3

Efectul fertilizării diferențiate cu K_2SO_4 și KCl și al fertilizării foliare cu K_2SO_4 asupra numărului de tuberculi pe plantă și a masei acestora

Variante	Nr. tuberculi	Greutatea tuberculilor (g s.u./ plantă)	Greutatea medie a unui tubercul	Raportul tuberculi, parte aeriană	Conținutul de amidon (% din s.p.)
V-1 = K_2SO_4	5,0 (a)	33,5 (a)	6,7	1,4 (a)	14,0
V-2 = K_2SO_4 + foliar	5,3 (a)	41,0 (b)	7,7	1,7 (b)	13,9
V-3 = KCl	3,3 (b)	32,0 (a)	9,7	1,6 (b)	12,1
V-4 =KCl + foliar	5,7 (a)	41,1 (b)	7,2	2,0 (c)	12,5

De remarcat efectul pozitiv al fertilizării foliare concretizat într-un spor semnificativ de producție atât la plantele *clorură* cât și la cele *sulfat* (tab. 3). La plantele *clorură* fertilizarea foliară a contribuit la creșterea raportului sink-source (tuberculi/parte aeriană). Analiza conținutului de amidon al tuberculilor, care are valori reduse la plantele *clorură*, precum și analiza numărului de tuberculi pe plantă, la aceste variante, scoate în evidență că sporul de producție, înregistrat la varianta V-4, nu s-a realizat pe seama creșterii conținutului de amidon ci pe extinderea sink-ului, deci și pe o sporire a acumulării altor substanțe organice (proteine membranare, lipide etc). Acest lucru demonstrează că fertilizarea foliară cu K_2SO_4 a plantelor de cartof care cresc pe soluri cu exces de clor nu contribuie la creșterea concentrației de amidon din tuberculi, ci la o mărire a capacității de depozitare a plantelor prin creșterea numărului de tuberculi. Greutatea uscată a tuberculilor plantelor fertilizate cu KCl (9,7 g) este superioară celor fertilizate cu K_2SO_4 (6,7 g).

Se poate aprecia că, în cazul soiului Desiree, dozele de KCl administrate nu reduc transportul asimilatelor, până la înflorirea plantelor, ci reduc spațiul de depozitare a acestora, reprezentat prin numărul de tuberculi pe plantă.

K₂SO₄ administrat foliar plantelor *clorură* sporește fotosinteza și stimulează tuberizarea, dar nu influențează sinteza amidonului în tuberculi.

CONCLUZII

1. K₂SO₄ administrat în sol, comparativ cu KCl determină creșterea semnificativă a producției de tuberculi și a concentrației lor în amidon.

2. K₂SO₄ administrat foliar are efect benefic asupra plantelor *clorură*, prin creșterea concentrației de clorofilă din frunze și a raportului sink-source ca urmare a sporirii numărului de tuberculi pe plană.

3. Concentrația de 21 mg Cl/g s.u. în frunze se poate considera limita superioară de toleranță pentru soiul de cartof Desiree, la care scade masa vegetativă a plantelor dar nu apar simptome de toxicitate pe frunze.

BIBLIOGRAFIE

1. Bergmann, W., 1993 - *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen*. 3. Auflage. Gustav-Fischer-Verlag, Jena Stuttgart, p. 213 și 385.
2. Beringer, H. Koch K., Lindhauer M.G., 1990 - *Source:sink relationships in potato (Solanum tuberosum) as influenced by potassium chloride or potassium sulphate nutrition*, Plant and Soil, vol. 124, p. 287-290
3. Beutler H.O., 2006 - *Enzymatische Bestimmung von Stärke in Lebensmitteln mit Hilfe der Hexokinase-Methode*, Starch, vol 30/9, p. 309-312
4. Bhandal, I.S., Malik, C.P., 1988 - *Potassium estimation, uptake, and its role in the physiology and metabolism of flowering plants*, Int. Rev. Cytol., vol 110, p. 205–254.
5. Daie, J., 1996 - *Metabolic adjustments, assimilate partitioning, and alterations in source–sink relations in drought-stressed plants*. In: Zamski E., Schaffer A.A., eds. Photoassimilate distribution in plants and crops. Source–sink relationships. New York: Marcel Dekker Inc., p. 407- 420.
6. Haeder, H.E. (1975): *Einfluss chloridischer und sulfatischer Ernährung auf Assimilation und Assimilatverteilung in Kartoffelpflanzen*, Landwirtsch. Forsch., SH vol. 32/1, p.122–131
7. Köhler, W., Schachtel, G., Voleske, P., 2002 - *Biostatistik - Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler*. 2. Auflage. Springer-Verlag, Heidelberg.
8. Leigh, R.A., 2001 - *Potassium homeostasis and membrane transport*, J. Plant Nutr. Soil Sci., vol. 164, p. 193-198.
9. White, P.J., Broadley, M.P., 2001 - *Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review*, Ann. Bot., vol 88, p. 967-988.
10. Xu, G., Megan, H., Tarchitziky, J., Kafafi U., 2000 - *Advances in chloride nutrition of plants*, Adv. Agron., vol 68, p. 97-150.
11. Zörb, C., Wiese, J., Wiese, H., Krämer, C., Yan, F., Mühling K.H., Schubert, S., 2004 - *Biochemische Praktikumsversuche*. Verlag Grauer, Beuern-Stuttgart, p. 49, 63.