

Katedra Fizjologii Roślin Akademii Rolniczej w Lublinie

EDWARD BOROWSKI

**Wpływ dodatku do kultur piaskowych hydrożelu
potasowego (Akrygel K) lub zwiększonego nawożenia
potasem na rośliny pomidora rosnące w obecności
zróżnicowanych dawek glinu.**

**Część II. Reakcja roślin na glin w warunkach
zwiększonej zawartości jonów potasu w podłożu piaskowym**

Effect of Addition Potassium Hydrogel (Akrygel K) or Increased Potassium Fertilization
on Tomato Plants Grown in Presence of Differentiated Aluminium Doses.

Part II. Plant Response to Aluminium in Conditions of Increased
Potassium Ions Content in Sand Medium

Glin ograniczając bardzo wyraźnie przyrost korzeni wywiera silny wpływ na pobieranie przez rośliny wszystkich składników mineralnych, w tym także potasu. Badania Lin i Myhre (1991) prowadzone na sadzonkach roślin cytrusowych wykazały wyraźny wzrost zawartości potasu pod wpływem zwiększającej się koncentracji jonów glinu w podłożu. Filipek (1989) podaje, że przy niskich stężeniach Al^{3+} w glebie, dopóki nie nastąpi uszkodzenie systemu korzeniowego rośliny, wzmożonej kumulacji Al towarzyszy zwiększone pobieranie kationu potasu. Natomiast Cakmak i Horst (1991) nie stwierdzili, by pod wpływem glinu zwiększała się zawartość potasu w roślinach, zaś Pintro i in. (1996) podają, że zawartość K w tych warunkach ulega nawet zmniejszeniu.

Ponieważ kationy glinu zmniejszają uwodnienie cytoplazmy komórkowej, a kationy potasu zwiększają jej hydratację (Filipek 1989), należy spodziewać się zmniejszonej toksyczności jonów Al w warunkach zwiększonej zawartości potasu w podłożu. Teza taka znajduje potwierdzenie w pracy Anderssona (1998) i Mathur i in. (1992), natomiast Anioł (1995) nie stwierdził zmniejszenia toksyczności Al pod wpływem jonów K. Dlatego też celem niniejszej pracy było określenie reakcji

roślin na glin w warunkach podstawowej i zwiększonej zawartości jonów potasu w podłożu piaskowym.

MATERIAŁ I METODA

Doświadczenia przeprowadzono w hali wegetacyjnej AR w okresie 20 05 – 5 07 1997 r. oraz 11.05 – 1. 07. 1998 r. Rośliną doświadczalną był pomidor karłowy odmiany Beta. Doświadczenia w obu latach badań składały się z 2 części, każda z nich podzielona była na 3 serie doświadczalne zróżnicowane pod względem zastosowanej dawki glinu (0;30;70 mg/wazon). Serie doświadczalne liczyła 10 wazonów, w każdym z nich rosły 2 rośliny. W pierwszej części doświadczenia rośliny korzystały z pożywki Hoaglanda nr 1 (jak w I części pracy) o podwójnej koncentracji zawierającej 474 mg K w doniczce, co oznaczono w tabelach jako podstawowy poziom żywienia roślin potasem K₁. W drugiej części doświadczenia dodatkowo podano roślinom po 240 mg K na wazon w formie K₂SO₄, co oznaczono w pracy jako zwiększony poziom żywienia roślin potasem K₂. Pozostałe warunki doświadczeń oraz metodyka wykonywania pomiarów i analiz chemicznych była analogiczna jak w I części pracy.

WYNIKI

Dane zebrane w tabeli 1 wskazują, że w roku 1997 zwiększony poziom żywienia roślin potasem, w obecności zróżnicowanych dawek glinu w podłożu, wpłynął w sposób istotny na plon suchej masy pomidorów, natomiast w 1998 roku wpływ ten był także wyraźny, ale nie został potwierdzony statystycznie. Korzystny wpływ zwiększonej dawki potasu na plon biomasy roślin w obu latach badań bardzo wyraźnie zależał od zastosowanej dawki glinu. W warunkach bowiem braku jonów glinu w podłożu (kontrola) wzrost plonu związany z wyższą zawartością potasu w podłożu wynosił w roku 1997 około 1 %, zaś 1998r. 9,4 %. Natomiast przy dawce glinu 30mg/wazon zwiększona zawartość potasu w podłożu wpłynęła na blisko 81 % wzrost plonu roślin w roku 1997 i ponad 58 % wzrost plonu w roku 1998. W warunkach najwyższej zawartości glinu w podłożu (70 mg/wazon) odpowiednie dane dla kolejnych lat badań wynoszą 132,3 % i 105,9 %.

Analiza wielkości wytworzonej suchej masy poszczególnych organów roślin przy podstawowym i zwiększonym żywieniu roślin potasem w warunkach obecności jonów glinu w podłożu wskazuje, że zwiększona zawartość potasu wpłynęła w nieco większym stopniu na przyrost plonów suchej masy korzeni i łodyg wraz z ogonkami niż blaszek liściowych. W roku bowiem 1998 sucha masa korzeni wytworzonych pod wpływem wyższej dawki K przy zawartości glinu 30 mg była blisko 1,7-krotnie, zaś łodyg 1,6-krotnie większa niż przy dawce K₁, natomiast masa liści 1,5-krotnie większa. Odpowiednie dane przy zawartości

glinu 70 mg wynosiły dla korzeni, łodyg wraz z ogonkami liściowymi i blaszek liściowych: 2,18; 2,10; 1,96 (tab. 1). Stosunek plonów suchej masy, analizowanych części roślin, uzyskanych przy dawce K_2 w stosunku do K_1 , w roku 1997 był podobny (tab. 1).

Dane zawarte w tabeli 2 wskazują, że zwiększone zaopatrzenie roślin w potas wpłynęło korzystnie, niezależnie od stężenia jonów glinu w podłożu, na przewodność szparkową, fotosyntezę i transpirację, chociaż nie potwierdzono tego statystycznie. Najbardziej pod wpływem zwiększonej ilości potasu w podłożu wzrastała przewodność szparkowa liści (średnio o 21,4 %) w znacznie mniejszym stopniu fotosynteza (3,5 %) i transpiracja (2,9 %). Zwiększona dawka potasu okazywała przy tym większy wpływ na przewodność szparkową i fotosyntezę roślin rosnących w obecności 70 mg Al, niż przy 30 mg lub braku Al w podłożu. Odmienne było w przypadku transpiracji, która była nawet nieco mniejsza przy wyższej dawce potasu (K_2) i równoczesnej obecności glinu niż przy dawce podstawowej (K_1) (tab. 2).

Tabela 3 przedstawia wpływ dawek glinu w warunkach podstawowej i zwiększonej zawartości potasu w podłożu na zawartość jonów Al, K, Ca i P w analizowanych organach roślin pomidora. Uzyskane wyniki wskazują, że liście, łodygi i korzenie roślin pomidora zawierały mniej glinu w warunkach zwiększonego zaopatrzenia roślin w potas. Potas tym bardziej ograniczał pobieranie i akumulację glinu w organach roślin im więcej jonów Al znajdowało się w podłożu, dotyczyło to przy tym w wyrażnie większym stopniu korzeni niż części nadziemnych roślin. Zawartość procentowa potasu w liściach, łodygach i korzeniach roślin w obu latach prowadzonych badań zwiększyła się zarówno pod wpływem rosnących dawek glinu, jak i zwiększonego odżywiania roślin potasem. Odmienne kształtowała się w warunkach prowadzonych doświadczeń zawartość procentowa wapnia. Jego udział w organach roślin wyrażnie zmniejszył się pod wpływem rosnących dawek glinu, a także zwiększonej zawartości jonów potasu w podłożu. Najwięcej obu składników zawierały łodygi i ogonki liściowe roślin, mniej blaszki liściowe, a najmniej korzenie. Zawartość procentowa fosforu w analizowanych organach roślin zwiększyła się głównie pod wpływem obecności glinu, a także zwiększonej ilości jonów potasu w podłożu, chociaż w wyrażnie mniejszym stopniu (tab. 3).

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki wykazały, że w warunkach zwiększonego zaopatrzenia roślin w potas wyrażnie obniżyła się toksyczność glinu w stosunku do roślin pomidora. Znalazło to swój wyraz przede wszystkim w wyższych w tych warunkach plonach suchej masy roślin, a także w większej chociaż statystycznie nie udowodnionej

Tab. 2 Wpływ zróżnicowanych dawek glinu na przewodność szparkową, fotosyntezę i transpirację liści pomidora żywionych podstawową (K_1) i zwiększoną dawką potasu (K_2) – doświadczenie z 1998 roku

Effect of differentiated doses of aluminium on stomatal conductance, photosynthesis and transpiration of tomato plant fed with basic (K_1) and increased potassium dose (K_2) – experiment from 1998

Dawka Al w mg/wazon Al dose in mg/pot	Przewodność szparkowa Stomatal conductance [$\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]			Fotosynteza netto Net photosynthesis [$\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]			Transpiracja Transpiration [$\text{mmol(H}_2\text{O)} \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]		
	K_1	K_2	$\bar{x}$ dla dawek $\bar{x}$ for doses	K_1	K_2	$\bar{x}$ dla dawek $\bar{x}$ for doses	K_1	K_2	$\bar{x}$ dla dawek $\bar{x}$ for doses
0	0,20	0,25	0,22	11,46	11,88	11,67	7,17	7,95	7,56
30	0,16	0,18	0,17	7,34	7,55	7,44	5,15	5,03	5,09
70	0,05	0,07	0,06	2,57	2,68	2,62	2,24	1,98	2,11
$\bar{x}$ dla K (for K)	0,14	0,17		7,12	7,37		4,85	4,99	
NIR – LSD dla K (for K)	nieistot. - insignif.			nieistot. - insignif.			ieistot. - insignif.		
NIR dla dawek Al LSD for Al doses	0,04			2,18			2,35		
NIR dla $K \times$ dawka Al LSD for $K \times$ Al dose	0,09			2,43			2,64		

Tab. 3. Wpływ zróżnicowanych dawek glinu na zawartość Al i K w suchej masie roślin pomidora żywnych podstawową (K_1) i zwiększoną dawką potasu (K_2)
 Effect of differentiated doses of aluminium on Al and K content in tomato plant dry mass fed with basic (K_1) and increased potassium dose (K_2)

Dawka Al w mg/wazon Al dose in mg/pot	K_1			K_2		
	blaszki liściowe leaf blades	łodygi + ogonki stems+petioles	korzenie roots	blaszki liściowe leaf blades	łodygi + ogonki stems+petioles	korzenie roots
Zawartość Al w $mg \cdot kg^{-1}$ – content of Al in $mg \cdot kg^{-1}$						
1997						
0	80	80	1100	80	80	1050
30	220	130	3100	200	130	2200
70	1250	440	7200	980	310	4700
1998						
0	95	90	1200	90	90	950
30	240	150	2800	210	120	2100
70	1050	390	7400	850	290	5850
Zawartość K w % – content of K in %						
1997						
0	3,29	3,30	0,18	3,46	3,61	0,26
30	3,34	5,03	0,33	3,89	5,71	0,57
70	3,87	b.m.	0,53	4,05	6,11	0,84
1998						
0	2,88	3,02	0,26	3,36	3,81	0,31
30	3,19	4,73	0,39	3,85	5,50	0,68
70	3,56	b.m.	0,61	4,08	6,09	0,92
Zawartość Ca w % – content of Ca in %						
1997						
0	2,47	3,27	1,32	2,11	2,82	0,98
30	2,18	3,03	1,09	1,84	2,38	0,71
70	1,87	b.m.	0,85	1,52	1,91	0,52
1998						
0	2,69	3,09	1,20	2,32	2,62	0,88
30	2,21	2,62	0,98	1,95	2,15	0,70
70	1,93	b.m.	0,73	1,57	1,77	0,55
Zawartość P w % – content of P in %						
1997						
0	0,27	0,15	0,12	0,32	0,19	0,14
30	0,32	0,18	0,14	0,32	0,21	0,17
70	0,35	b.m.	0,17	0,38	0,21	0,19
1998						
0	0,19	0,11	0,19	0,24	0,16	0,10
30	0,23	0,15	0,12	0,28	0,20	0,15
70	0,27	b.m.	0,12	0,32	0,22	0,18

b. m. – brak materiału

przewodności szparkowej liści i ich fotosyntezie. Andersson (1998) i Mathur i in. (1992) również potwierdzają zmniejszoną toksyczność jonów glinu dla roślin w obecności potasu, nie stwierdził natomiast takiej zależności Anioł (1995). Niewątpliwie, co wykazały przeprowadzone badania, mniejsza toksyczność jonów glinu przy wyższej zawartości K w podłożu wiąże się ze zmniejszoną w tych warunkach jego akumulacją. Potas w większym stopniu ograniczał akumulację glinu w korzeniach niż w częściach nadziemnych, odpowiednio także przyrost biomasy korzeni przy dawce potasu K_2 w stosunku do K_1 był większy niż pozostałych analizowanych organów (tab.1). Trudno jednoznacznie stwierdzić, na jakiej zasadzie potas blokuje pobieranie i akumulację glinu przez korzenie roślin. Wydaje się jednak, że jest to oparte na zjawisku równowagi jonowej. Intensywne pobieranie kationu potasu przez rośliny, nawet powyżej ich potrzeb metabolicznych, jest zjawiskiem znanym (luksusowe żywienie potasem). Duża zatem ilość wprowadzonych wraz z tym jonem ładunków dodatnich przy wyższej dawce potasu w podłożu, wpłynęła na zmniejszenie pobierania innych kationów w tym także Al^{3+} . Wydaje się, że w przeprowadzonych doświadczeniach na zwiększone pobieranie potasu, zwłaszcza przy jego wyższej zawartości w podłożu, miała wpływ także forma podanego azotu, którą był azotan. Nawożenie bowiem $N-NO_3$ zwiększa w roślinach zawartość anionów organicznych, powodując dla ich zrównoważenia zwiększone zapotrzebowanie roślin na kationy (Borowski 1989, Filipek 1989). Ponieważ w podłożu przeważał kation K^+ , on więc, jak wykazały przeprowadzone badania, był w większym stopniu pobierany niż inne.

Przedstawione w I i II części pracy wyniki wskazują, że również obecność samych jonów glinu w podłożu wpływa na wzrost zawartości w organach roślin potasu, co także potwierdza Lin i Myhre (1991) i Filipek (1989), natomiast nie obserwował takiej zależności Cakmak i Horst (1991), a Pintro i in. (1996) stwierdził nawet spadek zawartości potasu przy wzrastających dawkach glinu. Zwiększone pobieranie K w warunkach wzrastającego stężenia glinu ma jednak swoje fizjologiczne uzasadnienie. Glin bowiem, jak podaje Filipek (1989), powoduje zmniejszenie uwodnienia komórek, mogą one zatem, dążąc do przywrócenia właściwego stanu, w większym stopniu pobierać potas, który zwiększa hydratację koloidów komórek, zmniejsza lepkość i zwiększa przepuszczalność protoplazmy. Oczywiście, korzenie roślin wyrosłych przy wzrastających dawkach glinu w warunkach zwiększonej ilości potasu, mając większą masę, charakteryzowały się, prawdopodobnie, także większą powierzchnią absorpcyjną, a zatem sprawniej pobierały wodę i sole mineralne. Znalazło to swój wyraz w większej w tych warunkach przewodności szparkowej liści, a także fotosyntezie. Korzystny wpływ jonów potasu na przewodność szparkową liści potwierdza także Behboudian i Anderson (1990). Nie stwierdzono natomiast, by lepsze zaopatrzenie roślin w potas wpływało na wzrost

transpiracji z jednostki powierzchni liści, nie znaczy to jednak, że rośliny te nie wydały więcej wody, różnice bowiem w intensywności transpiracji (pomiędzy roślinami z K₁ i K₂) były wprawdzie niewielkie, lecz różnice w ich suchej masie, a zatem i powierzchni transpiracyjnej duże.

PIŚMIENNICTWO

- Andersson M., 1998. Toxicity and tolerance of aluminium in vascular plants. *Water, Air and Soil Pollut.* 39: 439-462.
- Anioł A., 1995. Podstawy hodowli roślin odpornych na toksyczne działanie jonów glinu. *Biul. IH i AR*, 156: 185-194.
- Behboudian M.H., Anderson D.R., 1990. Effects of potassium deficiency on water relation and photosynthesis of the tomato plants. *Plant and Soil* 127: 137-139.
- Borowski E., 1989. Skład jonowy i zawartość niektórych związków organicznych w roślinach kapusty pastewnej i kukurydzy. Cz. I. Wpływ żywienia różnymi formami azotu. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. EEE*, vol.44, 18: 151-162.
- Cakmak I., Horst W.J., 1991. Effect of aluminium on net efflux of nitrate and potassium from root tips of soybean (*Glycine max* L.). *J. Plant Physiol.* 138, 4: 400-403.
- Filipek T., 1991. Występowanie glinu ruchomego w glebie i jego oddziaływanie na rośliny. *Post. Nauk Rol.* 4/5/6: 3-14.
- Lin Z., Myhre D.L., 1991. Differential response of citrus rootstocks to aluminium levels in nutrient solutions. II. Plant mineral concentrations. *J. Plant Nutr.* 14, 11: 1239-1254.
- Mathur B. K., Singh S. K., Lal E., 1992. Effect of longterm manuring and fertilization on forms of aluminium and some properties of Alfisol of Ranchi. *Bihar J. Research. Birsa Univ. Agric.* 4, 2: 141-145.
- Pintor J., Barloy J., Fallavier P., 1996. Aluminium effects on the growth and mineral composition of corn plants cultivated in nutrient solution at low aluminium activity. *J. Plant Nutr.* 19, 5: 729-741.

SUMMARY

The effect of high doses of aluminium on production of biomass, Al, K, Ca and P accumulation in leaves, stems and roots was studied in pot experiments, as well as gas exchange of plants fed with basic (480 mg/pot) and increased potassium dose (720 mg/pot).

The results showed that increased potassium dose reduced aluminium toxicity for plants, which was expressed by higher stomatal conductance and photosynthesis as well as greater yield of dry mass of all parts of plants. It was caused by less accumulation of Al, first of all in roots but in tops, too. Higher dose of potassium also increased K and P content, while decreasing Ca content in all organs of plants. The present article discusses a possible mechanism of potassium activity in presence of aluminium ions in medium.