Wpływ sodu na gospodarkę mineralną roślin na przykładzie selera korzeniowego i naciowego. Cz. I. Rola sodu i potasu w procesie gromadzenia i wykorzystania składników mineralnych

URSZULA KRUSZELNICKA

Instytut Przyrodniczych Podstaw Produkcji Roślinnej, Akademia Rolnicza w Lublinie

(Otrzymano dn. 24.06.1986)

U. Kruszelnicka (*Institute of Natural Principles of Plant Production, Agricultural Academy, Akademicka 15, 20-934 Lublin, Poland*) Acta Agrobotanica 41 (2): 295-314, 1988.

The effect of sodium on the mineral balance of plants, using the example of root celery and stalk celery. Part I. The role of sodium and potassium in the process of accumulation and utilization of mineral elements

Abstract

In the years 1977 - 1980, studies were conducted on the effect of sodium used to supplement low ($K = 800 \text{ mg/5 kg}$) and high ($K = 1400 \text{ mg/5 kg}$) potassium doses on the content of mineral components, their accumulation in the yield and the percentage of their utilization. The study was carried out on root celery — *Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (Mill.) and stalk celery — *Apium graveolens* L. var. *dulce* (Mill.). The results obtained in these experiments point to the following conclusions: it was found that potassium and sodium mutually limit each other's uptake. Sodium was more antagonistic towards the uptake of calcium than was potassium. However, no clearly antagonistic effect of these elements on the uptake of magnesium was determined. The accumulation of potassium and sodium by the experimental plants rose while the percentage of utilization of these elements decreased as their level in the nutrient medium increased. Sodium exerted a more distinct effect on the accumulation and utilization of other mineral elements than did potassium.

Ilość sodu pobieranego przez rośliny zależy głównie od reakcji danego gatunku na sól, zasobności środowiska w ten pierwiastek oraz od poziomu potasu w tym środowisku. Zazwyczaj zwiększanie zawartości potasu w podłożu ogranicza pobieranie innych kationów, zwłaszcza sodu, przy czym zjawisko to występuje nawet u roślin sodolubnych (Warchołowa, 1971).

Ograniczające działanie sodu na pobieranie potasu przez rośliny jest nieznaczne i zależy przede wszystkim od zasobności środowiska odżywczego w potas. Liczni autorzy obserwowali znaczne zmniejszanie się zawartości

potasu w roślinach w wyniku działania sodu nawet przy wysokim poziomie potasu w podłożu, np. Lehr (1942) na burakach cukrowych, Wehnt i in. (1957) na kukurydzy, a Yoshida i Castaneda (1969) na ryżu.

Na przykładzie roślin sodolubnych takich jak burak, bawełna i kukurydza zaobserwowano synergizm pomiędzy sodem i potasem. Wyrażał się on wzmożonym pobieraniem potasu przez rośliny znajdujące równocześnie sód w zasięgu swoich korzeni (Draycott i in., 1970; Thanabadu 1968; Wehnt i in., 1957). Zjawisko takie występuje wówczas, gdy zawartość przyswajalnego potasu w glebie jest mała. Autorzy wyjaśniają to wypieraniem jonów K^+ przez jony Na^+ z kompleksu sorpcyjnego gleby, w wyniku czego zawartość przyswajalnego potasu w roztworze glebowym ulega zwiększeniu.

Potas i sód łącznie wprowadzone w dużych ilościach do środowiska odżywczego powodują obniżenie zawartości innych kationów w roślinach (Marschall i Sturgis, 1953; Warchołowa, 1971). Zależność ta dotyczy szczególnie wapnia i to w warunkach jego niedoboru w środowisku odżywczym.

Badania nad wpływem sodu na gospodarkę azotową roślin są nieliczne, a wyniki tych badań są dosyć kontrowersyjne. Jednakże szereg publikacji wskazuje na to, że sód bierze udział w przemianach związków azotowych. Badania Effmerta (1960) prowadzone na roślinach marchwi wskazują, że nawożenie sodem potęguje pobieranie azotu w warunkach niedostatecznego nawożenia potasem. Palfi (1965) wykazał zmniejszenie zawartości azotu ogólnego w łodygach ryżu w warunkach wysokiego zaopatrzenia w sód. Inne natomiast badania prowadzone na roślinach motylkowych i burakach cukrowych wskazują na brak wpływu sodu na gospodarkę azotową (Bernstein i Pearson, 1956; Warchołowa, 1971).

Pobieranie i transport fosforu przez rośliny w warunkach zasolenia sodem zdaniem niektórych autorów obniża się (Dochiya i Singh, 1976; Siegel i in., 1980). Natomiast Mc Connel i in. (1978) oraz Shaybany i Kashirad (1978) podają, że sód nie ma wpływu na poziom fosforu w roślinach. Jeszcze inne stanowisko reprezentują Cerda i in. (1979), według których zwiększenie zasolenia wpłynęło na podwyższenie stężenia fosforu w roślinach. Zależność tę stwierdzono u pomidorów.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 1977-1980 na roślinach selera w celu określenia reakcji tych roślin na sód podany jako składnik uzupełniający potas oraz na sód działający przy wysokiej dawce potasu. Określono wpływ sodu na zawartość procentową i gromadzenie w plonach składników mineralnych oraz procentowe ich wykorzystanie przez rośliny sodolubne — selery.

Obiektem doświadczalnym były selery: korzeniowy — *Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (Mill.), odmiany 'Jabłkowy' oraz naciowy — *Apium graveolens* L. var. *dulce* (Mill.), zielonoogonkowej odmiany 'Tendercrisp'. Ta zielonoogon-

kowa odmiana jest jedną z najbardziej wartościowych i nadaje się do uprawy w naszych warunkach klimatycznych.

Doświadczenia prowadzono w hali wegetacyjnej w kulturach wazonowych piaskowych. Piasek użyty do doświadczeń był płukany w wodzie destylowanej. Na wazon, czyli na 5 kg piasku, podano następujące ilości składników

Tabela 1 — Table 1

Wpływ żywienia potasowo-sodowego na plon selera korzeniowego i naciowego
The effect of potassium-sodium nutrition on the yield of root and stalk celery

Dawka potasu i sodu w mg/wazon Dose of potassium and sodium in mg/pot		Sucha masa całych roślin w g/wazon Dry weight of whole plants in g/pot	
K ₂ O	Na ₂ O	Seler korzeniowy Root celery	Seler naciowy Stalk celery
1977			
800		37,77	17,06
500	300	37,03	18,75
300	500	35,31	19,65
1400		43,99	21,23
500	900	40,09	17,01
NUR _{przy} LSD _{at}	P = 0,95	6,12	3,56
1978			
800		34,18	23,36
500	300	29,47	25,91
500	300	28,54	23,36
150	650	27,20	23,82
1400		44,67	29,85
900	500	40,08	33,24
500	900	35,07	27,81
300	1100	31,97	26,83
NUR _{przy} LSD _{at}	P = 0,95	6,59	7,96
1980			
900		37,80	15,50
1400		43,07	17,21
900	500	37,52	18,36
500	900	37,55	17,51
300	1100	41,24	17,67
100	1300	33,93	15,64
NUR _{przy} LSD _{at}	P = 0,95	7,47	brak istotnych różnic lack of significant differences

mineralnych: 1000 mg N w postaci NH_4NO_3 , 500 mg P_2O_5 w postaci KH_2PO_4 i NaH_2PO_4 oraz 200 mg MgO w postaci $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. Ponadto rośliny otrzymały mikroelementy w postaci A-Z i 1% cytrynianu żelaza po 15 ml na wazon.

Potas i sód stosowano w postaci KCl i K_2SO_4 oraz NaCl, Na_2SO_4 i NaH_2PO_4 . Ilościowe stosunki pomiędzy tymi składnikami przedstawiają tabele załączone w pracy. Pożywkę mineralną otrzymały rośliny w roztworze wodnym w dwóch porcjach. Wapń dostarczono roślinom jednorazowo przy zakładaniu doświadczenia w postaci CaCO_3 , w ilości 800 mg CaO do każdego wazonu.

W poszczególnych latach badań doświadczenia rozpoczynano w kwietniu, a kończono w sierpniu. Wegetacja selera naciowego trwała około 13 tygodni, korzeniowego 17 tygodni. Obie odmiany selera sadzono w fазie pierwszej pary liści właściwych po 3 rośliny selera naciowego i po 2 selera korzeniowego do wazonu. Każda seria doświadczenia składała się z 5 powtórzeń.

Doświadczenia były prowadzone przy zaopatrzeniu roślin w wodę do 60% p.p. wodnej piasku. Likwidowano je w okresie pełnego wzrostu wegetacyjnego roślin. Uzyskany suchy materiał roślinny: liście, ogonki i korzenie poddano analizie chemicznej, oznaczając zawartość N-ogólnego metodą Kjeldahla, P_2O_5 — metodą z wanadomolibdenem K_2O , Na_2O i CaO — metodą fotopłomieniową, MgO i Fe — metodą kolorymetryczną, N-azotanowego — metodą ksylenolową oraz siarczanów i chlorków — metodą Spurwaya. Uzyskane dane dotyczące procentowej zawartości w plonach roślin wymienionych składników zestawiono w tabelach 2-7. Ilość składników zgromadzonych w plonach roślin oraz procentowe ich wykorzystanie przedstawiono graficznie na rys. 1-5. Analizę zawartości wszystkich składników mineralnych przeprowadzono w dwóch powtórzeniach.

Ponadto uważano za wskazane załączyć dane dotyczące uzyskanych średnich plonów i odpowiednich wartości NUR dla poszczególnych serii doświadczeń — tabela 1.

WYNIKI BADAŃ

ZAWARTOŚĆ PROCENTOWA SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W ROŚLINIE

Rośliny selera naciowego zawierały więcej potasu niż rośliny selera korzeniowego. Przy tym ilość tych składników u obu roślin doświadczalnych była zależna od części rośliny oraz od wielkości zastosowanej dawki potasu i sodu. Rośliny selera naciowego zawierały najwięcej K_2O w ogonkach, nieco mniej w blaszkach liściowych, a najmniej w korzeniach. W przypadku selera korzeniowego wystąpiła podobna zależność w ilości K_2O w pędach i korzeniach, przy czym różnice te były znacznie mniejsze niż u selera naciowego (tab. 2-7). U obu odmian selera wraz ze zmniejszaniem się zawartości potasu w podłożu zmniejszał się udział procentowy K_2O w ich biomasie. Ograniczają-

cy wpływ sodu w pobieraniu potasu obserwowano we wszystkich latach doświadczeń u selera naciowego. Wzrastająca dawka sodu wpływała bowiem na zmniejszenie procentowej zawartości K_2O w biomasie, zarówno części nadziemnych jak i korzeni (tab. 2-7).

Ilość sodu w roślinach selera była różna w poszczególnych częściach rośliny i zależała od poziomu potasu i sodu w środowisku odżywczym. Udział procentowy sodu w częściach nadziemnych był większy niż w korzeniach. Dotyczyło to selera korzeniowego i naciowego. Wraz ze wzrostem poziomu sodu w podłożu wzrastała też procentowa zawartość tego składnika w biomasie roślin (tab. 2-7).

Ograniczający wpływ potasu na pobieranie sodu można było najlepiej obserwować w tych seriach, gdzie dawka sodu była stała i wynosiła 500 mg Na_2O /wazon, a dawka potasu wzrastała i wynosiła 300 lub 900 mg K_2O /wazon (tab. 4 i 5). W tych warunkach zawartość sodu w częściach nadziemnych nie ulegała tak wyraźnemu ograniczaniu jak w korzeniach, zarówno u selera korzeniowego jak i naciowego. Należy przy tym zaznaczyć, że rośliny selera naciowego charakteryzowały się większą zawartością sodu niż rośliny selera korzeniowego nawet przy obfitym zaopatrzeniu roślin w potas.

Analizy chemiczne roślin wykazały, że stężenie wapnia w korzeniach było znacznie mniejsze niż w częściach nadziemnych. Potas na ogół nie wpływał na pobieranie wapnia przez rośliny doświadczalne (tab. 2-7).

W przeciwieństwie do potasu sód działał antagonistycznie w stosunku do wapnia. Wzrastające dawki sodu wpływały ograniczająco na pobieranie wapnia przez obie rośliny doświadczalne. Ten ograniczający wpływ sodu na udział procentowy wapnia zaznaczył się wyraźniej w częściach nadziemnych niż w korzeniach (tab. 2-7). Natomiast udział procentowy magnezu u obu roślin był większy w blaszkach liściowych niż w ogonkach i korzeniach. Zarówno u selera korzeniowego jak i naciowego potas nie ograniczał pobierania magnezu. Wzrastająca dawka sodu powodowała niewielki, ale jednokierunkowy, spadek zawartości procentowej MgO w blaszkach, a także w ogonkach liściowych roślin.

Zastosowane nawożenie potasem i sodem nie wpłynęło na proces pobierania żelaza przez rośliny doświadczalne. Stwierdzono natomiast u obu odmian selera większy udział procentowy żelaza w korzeniach niż w częściach nadziemnych (tab. 2-7).

Uzyskane wyniki procentowej zawartości N-ogólnego wskazują na to, że udział tego składnika w biomasie selera naciowego był większy niż u selera korzeniowego. U selera naciowego większą procentową zawartością N-ogólnego charakteryzowały się blaszki liściowe, nieco mniejszą korzenie, a najmniejszą ogonki liściowe. Natomiast w przypadku selera korzeniowego największą procentową zawartość N-ogólnego stwierdzono w korzeniach.

Wprowadzenie sodu do środowiska odżywczego nie wywarło wyraźnego jednokierunkowego wpływu na zawartość procentową N-ogólnego w biomasie roślin doświadczalnych (tab. 2-7).

Tabela 2 — Table 2

Wpływ żywienia potasowo-sodowego na procentową zawartość składników mineralnych w biomase selera korzeniowego w roku 1977
 The effect of potassium-sodium nutrition on the percentage of mineral components in the biomass of root celery in 1977

Dawka potasu i sodu w mg/wazon		Procentowa zawartość w suchej masie — Percentage of dry weight														
Dose of potassium and sodium in mg/pot		K ₂ O			Na ₂ O			CaO			MgO			Fe ppm		
K ₂ O	Na ₂ O	B	O	K	B	O	K	B	O	K	B	O	K	B	O	K
800		3,10	1,73	1,13	0,00	0,00	0,00	2,95	1,40	0,28	0,84	0,45	0,09	46	47	62
500	300	1,23	0,88	1,10	1,13	1,00	0,08	2,95	1,20	0,28	0,90	0,45	0,20	43	47	41
300	500	0,83	0,63	0,68	2,20	1,68	0,17	2,10	1,13	0,29	0,84	0,41	0,20	57	47	50
1400		4,20	2,90	1,45	0,00	0,00	0,00	2,38	0,88	0,50	0,71	0,39	0,10	58	43	46
500	900	1,28	0,98	1,00	3,00	3,10	0,50	1,68	0,65	0,58	0,73	0,29	0,22	79	19	57
		N-ogólny N-total			N-NO ₃			P ₂ O ₅			S-SO ₄			Cl		
800		1,87	1,10	2,13	0,04	0,10	0,02	0,16	0,12	0,30	1,18	0,06	0,14	0,36	0,42	0,18
500	300	1,84	1,22	2,46	0,09	0,05	0,01	0,13	0,14	0,37	1,11	0,09	0,19	0,13	0,16	0,16
300	500	1,88	1,26	2,72	0,09	0,05	0,02	0,16	0,24	0,37	1,26	0,19	0,12	0,23	0,14	0,19
1400		1,63	0,83	2,03	0,03	0,05	0,02	0,18	0,24	0,32	1,08	0,14	0,19	0,39	0,35	0,25
500	900	1,98	1,17	2,26	0,05	0,15	0,01	0,22	0,36	0,27	1,49	0,19	0,19	0,27	0,18	0,25

Objaśnienia (Symbols): B — blaszki liściowe — leaf blades, O — ogonki liściowe — petioles, K — korzenie — roots

Tabela 3 — Table 3

Wpływ żywienia potasowo-sodowego na procentową zawartość składników mineralnych w biomase selera naciowego w roku 1977

The effect of potassium-sodium nutrition on the percentage of mineral components in the biomass of stalk celery in 1977

Dawka potasu i sodu w mg/wazon		Procentowa zawartość w suchej masie — Percentage of dry weight														
Dose of potassium and sodium in mg/pot		K ₂ O			Na ₂ O			CaO			MgO			Fe ppm		
K ₂ O	Na ₂ O	B	O	K	B	O	K	B	O	K	B	O	K	B	O	K
800		3,80	4,43	1,73	0,00	0,00	0,00	3,50	1,23	0,98	0,57	0,24	0,42	30	19	62
500	300	2,43	3,38	1,28	1,80	1,58	0,55	3,08	1,00	1,03	0,54	0,31	0,33	30	23	72
300	500	1,45	1,80	0,95	3,15	2,65	0,80	2,58	0,83	0,90	0,59	0,25	0,33	23	14	83
1400		5,95	6,80	2,58	0,00	0,00	0,00	2,83	0,98	0,88	0,53	0,35	0,27	29	20	77
500	900	2,18	3,10	1,08	5,23	4,00	1,48	2,08	0,70	0,85	0,42	0,20	0,24	30	13	100
		N-ogólny N-total			N-NO ₃			P ₂ O ₅			S-SO ₄			Cl		
800		3,46	2,74	3,22	0,88	0,75	0,05	0,53	0,34	0,40	0,42	0,10	0,10	0,53	0,45	0,14
500	300	3,33	2,72	3,29	0,78	0,73	0,09	0,51	0,54	0,54	0,56	0,16	0,20	0,37	0,47	0,12
300	500	3,62	2,66	3,47	0,81	0,80	0,11	0,51	0,54	0,37	0,59	0,11	0,19	0,20	0,67	0,11
1400		3,17	2,11	2,87	0,75	0,65	0,05	0,47	0,55	0,28	0,38	0,27	0,16	0,39	0,30	0,16
500	900	3,34	2,10	2,82	0,75	0,78	0,11	0,34	0,42	0,15	0,75	0,25	0,23	0,65	0,64	0,14

Objaśnienia jak do Tabeli 2.

Symbols as in Table 2.

Tabela 4 – Table 4

Wpływ żywienia potasowo-sodowego na procentową zawartość składników mineralnych w biomase selera korzeniowego w roku 1978

The effect of potassium-sodium nutrition on the percentage of mineral components in the biomass of root celery in 1978

Dawka potasu i sodu w mg/wazon		Procentowa zawartość w suchej masie – Percentage of dry weight														
Dose of potassium and sodium in mg/pot		K ₂ O			Na ₂ O			CaO			MgO			Fe ppm		
K ₂ O	Na ₂ O	B	O	K	B	O	K	B	O	K	B	O	K	B	O	K
800		1,98	1,70	1,25	0,00	0,00	0,00	3,55	1,63	0,38	0,96	0,35	0,15	80	22	53
500	300	1,03	0,78	0,98	1,10	1,25	0,30	3,38	1,40	0,43	0,97	0,36	0,24	36	22	49
300	500	0,50	0,53	1,20	1,63	2,30	0,73	3,33	1,70	0,58	0,91	0,40	0,20	63	33	63
150	650	0,40	1,05	0,30	2,65	3,70	0,80	2,98	1,95	0,50	0,42	0,28	0,22	55	27	65
1400		3,50	3,03	1,38	0,00	0,00	0,00	2,93	1,48	0,38	0,76	0,33	0,24	37	20	85
900	500	2,03	1,85	1,25	1,50	1,80	0,40	0,78	1,30	0,50	0,74	0,32	0,24	33	29	80
500	900	0,53	0,50	0,93	2,68	2,55	0,75	2,75	1,15	0,45	0,70	0,25	0,21	58	22	67
300	1100	0,30	0,40	0,58	3,50	3,98	1,20	2,50	1,53	0,58	0,72	0,26	0,27	55	33	44
		N-ogólny N-total			N-NO ₃			P ₂ O ₅			S-SO ₄			Cl		
800		1,63	1,00	2,63	0,04	0,09	0,02	0,18	0,12	0,35	1,01	0,06	0,12	0,34	0,43	0,16
500	300	1,57	0,85	2,29	0,09	0,05	0,01	0,40	0,12	0,40	1,02	0,12	0,12	0,14	0,18	0,19
300	500	1,72	1,13	2,67	0,07	0,05	0,01	0,46	0,38	0,27	1,01	0,20	0,12	0,24	0,14	0,16
150	650	1,95	1,43	2,38	0,08	0,08	0,03	0,40	0,23	0,43	1,08	0,22	0,12	0,45	0,29	0,16
1400		1,62	0,82	1,92	0,04	0,05	0,02	0,41	0,32	0,41	1,00	0,05	0,12	0,29	0,75	0,26
900	500	1,62	0,81	1,86	0,04	0,04	0,01	0,40	0,41	0,27	1,07	0,06	0,12	0,21	0,43	0,17
500	900	1,40	0,77	1,68	0,03	0,15	0,01	0,35	0,36	0,36	1,02	0,19	0,12	0,21	0,29	0,29
300	1100	1,53	0,92	2,30	0,03	0,05	0,01	0,38	0,40	0,46	1,08	0,25	0,14	0,61	0,43	0,19

Objaśnienia jak do Tabeli 2.

Symbols as in Table 2.

Tabela 5 — Table 5

Wpływ żywienia potasowo-sodowego na procentową zawartość składników mineralnych w biomase sclera naciowego w roku 1978

The effect of potassium-sodium nutrition on the percentage of mineral components in the biomass of stalk celery in 1978

Dawka potasu i sodu w mg/wazon		Procentowa zawartość w suchej masie — Percentage of dry weight														
Dose of potassium and sodium in mg/pot		K ₂ O			Na ₂ O			CaO			MgO			Fe ppm		
K ₂ O	Na ₂ O	B	O	K	B	O	K	B	O	K	B	O	K	B	O	K
800		2,63	2,75	1,15	0,00	0,00	0,00	3,23	0,95	0,50	0,49	0,28	0,35	45	14	90
500	300	1,25	1,73	0,83	1,30	1,00	0,28	3,10	0,85	0,45	0,44	0,33	0,28	30	23	70
300	500	1,00	1,18	0,78	2,10	2,80	0,68	3,00	0,88	0,55	0,51	0,34	0,26	35	151	90
150	650	0,69	0,55	0,24	2,60	3,30	0,90	2,98	0,78	0,63	0,51	0,28	0,15	35	52	50
1400		3,95	4,45	1,05	0,00	0,00	0,00	2,95	0,98	0,45	0,49	0,33	0,20	50	29	70
900	500	2,68	3,75	1,05	1,78	1,98	0,35	2,88	1,00	0,50	0,45	0,19	0,30	50	14	70
500	900	1,15	1,63	1,23	3,80	4,08	0,90	2,68	0,73	0,60	0,48	0,24	0,34	45	29	50
300	1100	0,95	0,83	0,63	3,68	3,88	0,63	2,78	0,75	0,70	0,42	0,30	0,21	45	27	90
		N-ogólny N-total			N-NO ₃			P ₂ O ₅			S-SO ₄			Cl		
800		3,45	2,31	2,86	0,83	0,70	0,10	0,66	0,28	0,40	0,43	0,11	0,14	0,82	0,66	0,17
500	300	3,11	2,34	3,01	0,80	0,68	0,05	0,46	0,47	0,46	0,52	0,09	0,14	0,63	0,69	0,12
300	500	3,28	2,25	3,20	0,80	0,78	0,06	0,41	0,50	0,35	0,47	0,11	0,14	0,64	0,81	0,14
150	650	3,41	2,26	2,69	0,80	0,89	0,06	0,68	0,38	0,20	0,56	0,12	0,13	0,75	0,84	0,18
1400		3,14	1,93	2,54	0,90	0,66	0,07	0,71	0,86	0,22	0,52	0,11	0,12	0,77	0,69	0,14
900	1500	3,15	1,90	2,27	0,87	0,58	0,04	0,66	0,72	0,18	0,82	0,18	0,12	0,91	0,42	0,21
500	900	3,17	1,87	2,14	0,74	0,60	0,02	0,47	0,61	0,19	0,72	0,19	0,12	0,99	0,85	0,18
300	1100	2,91	1,91	1,97	0,66	0,46	0,04	0,40	0,48	0,12	0,68	0,16	0,13	0,40	0,69	0,19

Objaśnienia jak do Tabeli 2.

Symbols as in Table 2.

Tabela 6 — Table 6 .

Wpływ żywienia potasowo-sodowego na procentową zawartość składników mineralnych w biomase seler korzeniowego w roku 1980

The effect of potassium-sodium nutrition on the percentage of mineral components in the biomass of root celery in 1980

Dawka potasu i sodu w mg/wazon		Procentowa zawartość w suchej masie — Percentage of dry weight														
Dose of potassium and sodium in mg/pot		K ₂ O			Na ₂ O			CaO			MgO			Fe ppm		
K ₂ O	Na ₂ O	B	O	K	B	O	K	B	O	K	B	O	K	B	O	K
900		1,85	1,85	1,50	0,00	0,00	0,00	4,35	2,85	0,83	0,39	0,38	0,40	33	10	47
1400		2,00	3,10	2,13	0,00	0,00	0,00	3,85	2,25	1,00	0,36	0,30	0,44	10	8	73
900	500	3,23	1,63	1,58	1,10	1,98	0,83	4,10	2,08	0,83	0,35	0,28	0,39	10	16	60
500	900	0,83	0,93	1,13	2,48	3,33	1,18	3,53	2,00	0,95	0,37	0,24	0,48	33	9	110
300	1100	0,63	0,50	0,90	3,40	3,45	1,20	3,65	1,55	0,83	0,34	0,24	0,39	47	14	38
100	1300	0,21	0,20	0,40	2,88	5,15	1,58	3,33	2,00	0,85	0,38	0,23	0,56	33	21	29
		N-ogólny N-total			N-NO ₃			P ₂ O ₅			S-SO ₄			Cl		
900		2,19	1,16	2,42	0,15	0,21	0,02	0,38	0,33	0,61	0,91	0,25	0,14	0,53	0,39	0,42
1400		2,18	0,98	2,53	0,27	0,13	0,02	0,38	0,33	0,73	0,92	0,26	0,13	0,50	0,54	0,42
900	500	1,89	0,90	2,03	0,14	0,13	0,02	0,39	0,27	0,67	1,06	0,29	0,14	0,41	0,49	0,50
500	900	1,90	0,96	2,27	0,21	0,19	0,02	0,36	0,29	0,65	1,16	0,33	0,15	0,42	0,47	0,45
300	1100	1,73	0,86	1,94	0,17	0,15	0,02	0,33	0,46	0,93	1,19	0,31	0,13	0,40	0,43	0,40
100	1300	1,98	1,12	2,21	0,18	0,17	0,02	0,53	0,39	0,80	1,13	0,37	0,16	0,45	0,61	0,40

Objaśnienia jak do Tabeli 2.

Symbols as in Table 2.

Tabela 7 — Table 7

Wpływ żywienia potasowo-sodowego na procentową zawartość składników mineralnych w biomase selerą naciowego w roku 1980

The effect of potassium-sodium nutrition on the percentage of mineral components in the biomass of stalk celery in 1980

Dawka potasu i sodu w mg/wazon		Procentowa zawartość w suchej masie — Percentage of dry weight														
Dose of potassium and sodium in mg/pot		K ₂ O			Na ₂ O			CaO			MgO			Fe ppm		
K ₂ O	Na ₂ O	B	O	K	B	O	K	B	O	K	B	O	K	B	O	K
900		6,45	5,03	2,60	0,00	0,00	0,00	4,05	1,10	1,05	0,52	0,33	0,57	27	14	31
1400		6,50	7,15	4,23	0,00	0,00	0,00	3,53	1,38	1,18	0,46	0,22	0,54	12	22	16
900	500	3,70	5,15	1,65	3,63	2,38	2,83	3,58	1,25	1,30	0,49	0,22	0,65	20	31	38
500	900	2,40	3,53	1,58	4,25	3,58	3,23	3,18	1,13	1,03	0,50	0,22	0,61	12	27	35
300	1100	2,03	1,53	1,13	4,88	4,28	3,58	2,85	0,85	1,00	0,54	0,20	0,62	18	18	62
100	1300	0,87	0,51	0,40	5,13	4,65	3,85	2,93	1,28	1,30	0,55	0,15	0,68	12	33	44
		N-ogólny N-total			N-NO ₃			P ₂ O ₅			S-SO ₄			Cl		
900		2,93	1,73	2,80	0,73	1,29	1,03	0,76	0,66	0,81	0,72	0,21	0,16	0,81	1,07	0,17
1400		3,18	1,38	2,61	0,68	1,18	0,44	0,78	0,74	0,91	0,75	0,25	0,22	1,50	1,58	0,41
900	500	3,15	1,65	2,58	0,74	0,97	0,42	0,74	0,74	0,93	0,77	0,24	0,21	1,47	0,86	0,60
500	900	3,04	2,32	2,50	0,62	1,08	0,77	0,89	0,74	0,78	0,77	0,28	0,24	1,17	1,28	0,53
300	1100	3,18	1,46	2,46	0,29	1,04	0,53	1,22	0,57	1,27	0,79	0,36	0,32	1,28	1,20	0,56
100	1300	3,12	1,46	1,49	0,68	1,00	0,56	1,01	0,85	1,05	0,80	0,40	0,29	1,41	1,13	0,50

Objaśnienia jak do Tabeli 2.

Symbols as in Table 2.

Udział procentowy N/NO_3 zależał przede wszystkim od części rośliny. Znacznie większa procentowa zawartość N/NO_3 wystąpiła w częściach nadziemnych obu roślin doświadczalnych, mniejsza zaś w korzeniach. Zastosowanie sodu nie wpłynęło na zawartość N/NO_3 w biomasie roślin. Można jedynie zauważyć, że wyższy poziom sodu w środowisku odżywczym wpływał w nieznacznym stopniu ograniczająco na ilość N/NO_3 w plonach selera naciowego. Zależności tej nie obserwowano u selera korzeniowego, zwłaszcza ze względu na to, że udział procentowy jonu NO_3^- w biomasie tej rośliny był znikomy.

Ilość fosforu zależała również od części rośliny i w przypadku selera naciowego była większa w częściach nadziemnych niż w korzeniach. U selera korzeniowego więcej tego składnika stwierdzono w korzeniach. Zróżnicowane żywienie potasowo-sodowe nie wpłynęło na pobieranie fosforu przez selery (tab. 2-7).

Zawartość procentowa anionu SO_4^{2-} pozostawała w pewnym związku z poziomem potasu i sodu w środowisku odżywczym. Zaobserwowano bowiem zmniejszanie się zawartości procentowej SO_4^{2-} wraz ze wzrostem poziomu potasu. Natomiast wzrastający poziom sodu wpływał na ogół na zwiększony udział procentowy jonu SO_4^{2-} w biomasie roślin doświadczalnych.

Zawartość potasu, a także i sodu w środowisku odżywczym nie miała wpływu na udział procentowy chloru w biomasie roślin. Ilość chloru była zależna tylko od części rośliny. Zarówno SO_4^{2-} jak i Cl^- było więcej w częściach nadziemnych niż w korzeniach (tab. 2-7).

GROMADZENIE I WYKORZYSTANIE SKŁADNIKÓW MINERALNYCH

Gromadzenie składników mineralnych oraz związane z tym procentowe ich wykorzystanie ze środowiska odżywczego zależało przede wszystkim od produktywności roślin. Szczegółową analizę wpływu zróżnicowanego żywienia potasowo-sodowego na produktywność roślin doświadczalnych przedstawiono we wcześniej opublikowanej pracy (Kruszelnicka, 1986), a najważniejsze wyniki z tych badań w tabeli 1.

Uwzględniając plony poszczególnych części roślin oraz zawartość w nich makroskładników można stwierdzić, że wyraźnie większe gromadzenie makroskładników oraz większe procentowe ich wykorzystanie wystąpiło w częściach nadziemnych niż w korzeniach roślin. Nie zaobserwowano wyraźnej dominacji w gromadzeniu składników mineralnych w przypadku selera naciowego w ogonkach liściowych, a selera korzeniowego w korzeniach. Należy jednak zaznaczyć, że rośliny selera korzeniowego gromadziły na ogół więcej azotu ogólnego, a także fosforu w korzeniach niż w pędach (rys. 1-5).

Wraz ze wzrostem poziomu potasu w środowisku odżywczym wzrastało gromadzenie tego składnika u obu odmian. Procent zaś wykorzystania potasu malał wraz ze zwiększaniem się dawek potasu w podłożu. Taka prawidłowość nie zawsze występowała u selera korzeniowego. Wynika to z różnicy w plonowaniu selera naciowego i korzeniowego przy wysokich dawkach potasu (Kruszelnicka, 1986).

Rys. 1. Gromadzenie i wykorzystanie potasu oraz sodu w masie wegetacyjnej selera korzeniowego i naciowego w roku 1977

Fig. 1. The accumulation and utilization of potassium and sodium in the vegetative mass of root and stalk celery in 1977

Sód wyraźniej niż potas wpływał na gromadzenie składników mineralnych oraz ich wykorzystanie. Wystąpiło to zwłaszcza u selera naciowego. Natomiast u selera korzeniowego sód nie ograniczał gromadzenia N-ogólnego, fosforu i potasu z wyjątkiem 1978 r. badań, gdzie zaobserwowano ograniczający wpływ sodu na gromadzenie potasu. Dał się również zauważyć ograniczający wpływ sodu na gromadzenie oraz procentowe wykorzystanie wapnia i magnezu w kolejnych latach badań (rys. 1-5).

Wraz ze wzrostem poziomu sodu w środowisku odżywczym wzrastało gromadzenie tego składnika w masie wegetacyjnej roślin. Wykorzystanie sodu u selera naciowego było analogiczne jak wykorzystanie potasu i malało na ogół wraz ze wzrostem poziomu sodu w środowisku odżywczym. Natomiast u selera korzeniowego zależność wykorzystania sodu od poziomu tego składnika w podłożu nie była jednolita we wszystkich latach badań. Jednakże, podobnie jak u selera naciowego, wykorzystanie sodu malało wraz z podwyższaniem się zawartości tego składnika w podłożu.

Rys. 2. Gromadzenie i wykorzystanie potasu oraz sodu w masie wegetacyjnej selera korzeniowego i naciowego w roku 1978

Fig. 2. The accumulation and utilization of potassium and sodium in the vegetative mass of root and stalk celery in 1978

Rys. 3. Gromadzenie i wykorzystanie potasu oraz sodu w masie vegetacyjnej selera korzeniowego i naciowego w roku 1980

Fig. 3. The accumulation and utilization of potassium and sodium in the vegetative mass of root and stalk celery in 1980

DYSKUSJA

Analizy chemiczne roślin wykazały, że zróżnicowane nawożenie potasem i sodem nie wpływało na procentową zawartość anionów ani w częściach nadziemnych, ani w korzeniach. Analizy te pozwoliły ustalić istnienie pewnej współzależności w pobieraniu kationów jedno- i dwuwartościowych, a zwłaszcza potasu, sodu i wapnia przez rośliny doświadczalne (tab. 2-7). Wyniki te były potwierdzeniem stanowiska tych autorów, którzy zakładają odrębność mechanizmu pobierania i gromadzenia kationów i anionów przez rośliny (Hiatt, 1968; Lundegardh, 1960; Mengel, 1968; Wilbrandt, 1963).

W przeprowadzonych doświadczeniach z selerem korzeniowym i naciowym obserwowano, że potas ograniczał pobieranie sodu, zwłaszcza w korzeniach. Zmniejszała się zawartość sodu przy równoczesnym wzroście ilości potasu w pożywce. Sód hamował pobieranie i gromadzenie potasu, zwłaszcza u selera naciowego. Wpływ ten był większy przy mniejszej zasobności środowiska odżywczego w potas. Wzrastające dawki sodu bardziej ograniczały pobieranie wapnia niż zwiększające się dawki potasu.

Zjawisko wzajemnej zależności w procesie pobierania przez rośliny trzech kationów: potasu, sodu i wapnia były przedmiotem licznych badań: (Cooper

Objaśnienia jak do rys. 1.
Symbols as in Fig. 1.

Rys. 4. Gromadzenie i wykorzystanie azotu oraz fosforu w masie wegetacyjnej selera korzeniowego i naciowego w latach 1977-1980

Fig. 4. The accumulation and utilization of nitrogen and phosphorus in the vegetative mass of root and stalk celery in 1977-1980

Rys. 5. Gromadzenie i wykorzystanie wapnia oraz magnezu w masie vegetacyjnej selera korzeniowego i naciowego w latach 1977-1980

Fig. 5. The accumulation and utilization of calcium and magnesium in the vegetative mass of root and stalk celery in 1977-1980

i in., 1953; Hutcheson i in., 1959; Larson i Pierre, 1953; Troug i in., 1953). Bear i Prince (1945) oraz Scharrer i Jung (1955, 1957) zjawisko to tłumaczą potrzebą utrzymania w roślinie stałego, zgodnego z prawami elektrostatyki, stosunku pomiędzy kationami i anionami. W badaniach nad tym zagadnieniem wykazano, że stosunek kationów do anionów w roślinie ma pewną stałą wartość, skutkiem czego przy niezmienionej zawartości anionów zwiększonemu pobieraniu jednego kationu towarzyszy zmniejszone pobieranie innego. Ze względu na swoje fizjologiczne znaczenie potas zajmuje wyjątkową pozycję wśród kationów i jego pobieranie jest w najmniejszym stopniu ograniczane przez inne kationy znajdujące się w podłożu. Pierwiastek ten może natomiast wpływać ograniczająco na pobieranie innych kationów takich jak: sód, wapń lub magnez. Obserwowane zatem w doświadczeniach z selerami ograniczone pobieranie sodu przy wysokim poziomie potasu w środowisku, jak również zmniejszone pobieranie wapnia przy wysokich dawkach sodu należałoby tłumaczyć koniecznością utrzymania równowagi pomiędzy kationami i anionami.

Omawiając problem pobierania jonów sodowych przez rośliny należy zaznaczyć, że wysoka hydratacja jonu Na^+ , znacznie większa niż jonu K^+ , niewątpliwie utrudnia jego przenikanie przez ścianki komórkowe korzeni. Troug i in. (1953), Mc Lean (1956) oraz Scharrer i Jung (1957) podają, że ze względu na wysoki stopień uwodnienia sód pobierany jest przez niektóre rośliny (kukurydza, słonecznik, cebula) w bardzo małych ilościach i w związku z tym u tych roślin nie można stwierdzić dodatniego działania Na na plon. W omawianych doświadczeniach z selerami korzeniowym i naciowym zjawiska takiego nie stwierdzono. Zatem można sądzić, że u roślin sodolubnych duża hydratacja jonu sodowego nie stanowi bariery ograniczającej w procesie pobierania tego składnika przez rośliny. Ta prawidłowość, iż sód jest przemieszczany do części nadziemnych wskazywałaby na swoisty mechanizm transportu tego pierwiastka w roślinach sodolubnych. Większa zawartość procentowa sodu u selera naciowego niż korzeniowego może sugerować nawet większą sodolubność selera naciowego.

WNIOSKI

1. W procesie pobierania potasu i sodu stwierdzono wzajemne ograniczanie się tych składników:

a) wzrastająca dawka sodu wpływała na zmniejszenie procentowej zawartości potasu zwłaszcza w biomasie selera naciowego,

b) ograniczający wpływ potasu na pobieranie sodu wystąpił wyraźniej w korzeniach niż w częściach nadziemnych, i to zarówno u selera korzeniowego jak i naciowego;

2. Sód działał bardziej antagonistycznie niż potas na pobieranie wapnia przez rośliny. Nie stwierdzono natomiast wyraźnie antagonistycznego działania tych składników na pobieranie magnezu;

3. Gromadzenie potasu i sodu przez rośliny doświadczalne zwiększało się, a procentowe wykorzystanie tych składników malało wraz ze wzrostem ich poziomu w środowisku odżywczym. Sód w sposób bardziej wyraźny niż potas wpływał na gromadzenie i procentowe wykorzystanie innych składników mineralnych.

STRESZCZENIE

W latach 1977-1980 przeprowadzono badania wpływu sodu stosowanego jako uzupełnienie potasu przy niższej ($K = 800 \text{ mg/5 kg}$) oraz przy wysokiej dawce potasu ($K = 1400 \text{ mg/5 kg}$) na zawartość procentową i gromadzenie w plonach składników mineralnych oraz procentowe ich wykorzystanie.

Obiektem badań były rośliny selera korzeniowego — *Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (Mill.) oraz naciowego — *Apium graveolens* L. var. *dulce* (Mill.).

Wyniki uzyskane z przeprowadzonych badań upoważniają do wyciągnięcia następujących wniosków:

W procesie pobierania potasu i sodu stwierdzono wzajemne ograniczanie się tych pierwiastków. Sód działał bardziej antagonistycznie niż potas na pobieranie wapnia przez rośliny. Nie stwierdzono natomiast wyraźnie antagonistycznego działania tych składników na pobieranie magnezu. Gromadzenie potasu i sodu przez rośliny doświadczalne wzrastało, a procentowe wykorzystanie tych pierwiastków malało ze wzrostem ich poziomu w środowisku odżywczym. Sód w sposób bardziej wyraźny niż potas wpływał na gromadzenie i procentowe wykorzystanie innych składników mineralnych.

LITERATURA

- Bear F. E., Prince A. L., 1945. Cation equivalent constancy in alfalfa. Jour. Amer. Soc. Agron. 37: 217-222.
- Bernstein L., Pearson G. A., 1956. Influence of exchangeable sodium on the yield and chemical composition of plants. I. Green beans, garden beets, clover and alfalfa. Soil Sci. 82: 247-258.
- Cerda A., Bingham F. T., Labanauskas C. K., 1979. Blossom and rot of tomato fruit as influenced by osmotic potential and phosphorus concentrations of nutrient solution media. Jour. Amer. Soc. Hort. Sci. 104: 236-239.
- Cooper H. P., Paden W. R., Philippe M. M., 1953. Effects of applications of sodium in fertilizer on yields and composition of the cotton plants. Soil Sci. 76: 19-28.
- Dochiya S. S., Singh M., 1976. Effect of salinity, alkalinity and iron application on the availability of iron, manganese, phosphorus and sodium in pea (*Pisum sativum* L.) crop. Plant Soil 44: 697-702.
- Draycott A. P., Marsh J. A. P., Tinker P. B. H., 1970. Sodium and potassium relationships in sugar beet. Jour. Agric. Sci. 74: 567-573.
- Effmert B., 1960. Über das Natrium als Pflanzennährstoff Untersucht an Speisemöhren Sommerweizen und Ackerbohnen. Z. Pfl. Ernähr. Dung. 89, 134: 201-211.
- Hiatt A. J., 1968. Electrostatic association and Donnan phenomena as mechanisms of ion accumulation. Plant Physiol. 43: 893-901.
- Hutcheson T. B., Woltz W. G., Mc Caleb S. B., 1959. Potassium sodium interrelationships. Soil Sci. 87: 28-38.
- Kruszelnicka U., 1986. Wpływ sodu na produktywność, wartość biologiczną oraz gospodarkę wodną roślin na przykładzie selerów. Ann. UMCS Sect. E. 41: w druku.
- Larson W. E., Pierre W. H., 1953. Interaction of sodium and potassium on yield and cation composition of selected crops. Soil Sci. 76: 51-64.

- Lehr J. J., 1942. The importance of sodium for plant nutrition. III. The equilibrium of cations in the beet. *Soil Sci.* 53: 399-411.
- Lundegardh H., 1960. *Pflanzenphysiologie*. Gustav Fischer Verlag, Jena, 435-444.
- Marschall J. G., Sturgis M. B., 1953. Effects of sodium fertilizers on yield of cotton. *Soil Sci.* 76: 75-79.
- Mc Connel D. B., Joiner J. N., Johnson C. R., 1978. Influence of salinity levels on growth and chemical composition of *Livistona chinensis*. *Hort. Sci.* 13: 706-707.
- Mc Lean E. D., 1956. Uptake of sodium and other cations by five crop species. *Soil Sci.* 82: 21-28.
- Mengel K., 1968. *Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze*. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Palfi G., 1965. The effect of sodium salts on the nitrogen, phosphorus, potassium, sodium and amino acid content of rice shoots. *Plant Soil*, 22: 127-135.
- Scharrer K., Jung J., 1955. Der Einfluss der Ernährung auf das Verhältnis von Kationen zu Anionen in der Pflanze. *Z. Pfl. Düng. u. Bodenk.* 71: 76-94.
- Scharrer K., Jung J., 1957. Über den Einfluss verschiedenen Anionen auf die Aufnahme von Calcium, Natrium und Kalium. *Plant Soil*, 9: 49-63.
- Schaybany B., Kashirad A., 1978. Effect of NaCl on growth and mineral composition of *Acacia saligno* in sand culture. *Jour. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 823-826.
- Siegel S. M., Siegel B. Z., Massey J., Lahne P., Chen J., 1980. Growth of corn in saline waters. *Physiol. Plant.* 50: 71-73.
- Thanabadu M. W., 1968. Magnesium-sodium interactions effecting the uptake and distribution of potassium and calcium by cotton. *Plant Soil*, 29: 132-143.
- Troug E., Berger K. C., Attoe D. J., 1953. Response of nine economic plants to fertilization with sodium. *Soil Sci.* 76: 41-50.
- Warchołowa M., 1971. Wpływ sodu na buraki cukrowe rosnące przy wzrastających poziomach potasu. *Pam. Puław.* 47: 177-197.
- Wehant R. L., Stelly M., Collins W. O., 1957. Effect of Na and K on corn and crimson clover grown on Norfolk sandy loam at two residual K levels. *Soil Sci.* 83: 175-183.
- Wilbrandt W., 1963. *Verhandl. d. Ges. Deutsch, Naturforscher u. Ärzte*. Springer Verlag, Berlin 48.
- Yoshida S., Castaneda L., 1969. Partial replacement of potassium by sodium in the rice plant under weakly saline conditions. *Soil Sci. Plant Nutrient* 15: 183-186.