

REAKCIJA NEKIH BILJNIH VRSTA NA
ZAMENU K I Ca SA Sr U HRANLJIVOM
RASTVORU*

With Summary in English

MILOJE R. SARIĆ i BORIVOJ KRSTIĆ

(Zavod za biologiju Univerziteta u Novom Sadu)

Primljeno 11. 10. 1975.

Uvod

Zašto jedan jon ne može uvek da zameni drugi jon pri gajenju biljaka, problem je od izuzetne važnosti kako sa praktičnog tako i teorijskog stanovišta.

Mogućnost zamene određenih jona uslovljena je u prvom redu fizičko-hemijskim osobinama jona, koji se zamenjuju kao i mogućnošću obavljanja fiziološko-biohemijskih procesa pri zameni jednog jona drugim.

Pre svega ovom problemu poklanjana je pažnja sa stanovišta mogućnosti zamene određenih jona sličnih fizičko-hemijskih osobina. Kao model ove zamene uzima se Ca i Sr, i zbog toga nije nikakvo čudo što su se pojavili radovi prilično rano koji raspravljaju o problemu mogućnosti zamene Ca sa Sr (Haselhoff 1893, Voelcker 1915, Mc Harque 1919, Headen 1921, Scharrer and Schropp 1937, Hurd-Karrer 1937, Colander 1941, Walsh 1945).

Potonja proučavanja odnose se ne samo na mogućnost zamene ta dva jona sa stanovišta njihovog uticaja na održavanje biljke u životu, odnosno rasta biljke, već i na objašnjenje metaboličke uloge tako zamenjenih jona (Queen, Fleming and O'Kelly 1963, Menzel 1954, Jackson 1968, Schilling 1960, Ringoet and D. Zeew 1968).

Isto tako od izvanredne važnosti su radovi koji se odnose na usvajanje, transport, distribuciju i lokalizaciju Sr i Ca (Rediske 1953, Myttenaere 1963, 1964, 1965, Handly 1963, Emert 1964, 1965, Bell and Biddulph 1963).

* Rad saopšten na 2. simpozijumu Jugoslovenskog društva za biljnu fiziologiju, Stubičke Toplice, 20—23. 5. 1975.

I najzad u »atomskejoj eri« osobiti se značaj pridaje odnosu Sr i Ca sa stanovišta njihovog usvajanja od samih biljaka pri kontaminaciji i dekontaminaciji (Andersen 1973).

Opširniji prikazi u novijoj literaturi o problemima Sr dati su od nekoliko autora (Scott, Russel and Squire 1957, Bollard and Batler 1966, Andersen 1973).

Međutim i danas se može postaviti pitanje zašto jedan jon može odnosno ne može da zameni drugi pri gajenju biljaka. Na ovo pitanje davani su odgovori sa raznih aspekata, a u najnovije vreme literatura koja tretira ove probleme u svetlu najnovijih dostignuća nauke, a osobito fiziologije i biohemije data je u radu Marschnera (Marschner 1971).

Imajući napred izneto u vidu u našem radu želeli smo da ispitamo veći broj kombinacija mogućnosti zamene pojedinih jona, a osobito onih, koji po fizičko-hemijskim osobinama nisu slični. Stoga je vršena zamena Ca i K sa Sr, Na, Li i Rb, jer kao što je napred istaknuto dosadašnji model zamene bio je Ca — Sr. Isto tako treba istaći kao drugi model zamene K — Na i K — Rb. U našem radu vršili smo zamenu K — Sr i Ca — Rb, kao i Ca sa Na i Li. Prema tome zamenjivani su joni koji nisu po fizičko-hemijskim osobinama isti, odnosno slični. Nadalje ispitivane su različite koncentracije Sr pri zameni Ca i K da bi se ustanovili efekti ove zamene u zavisnosti od koncentracije. I najzad ova istraživanja izvođena su sa nekoliko biljnih vrsta koje se po biološkim osobinama veoma bitno razlikuju, da bi se ustanovila specifičnost pojedinih biljnih vrsta u odnosu na zamenu određenih jona.

U ovom radu izneće se rezultati koji se odnose na reakciju pojedinih biljnih vrsta na zamenu K i Ca sa Sr u hranjivom rastvoru.

Metodika

Biljke su gajene metodom vodenih kultura u staklari pri temperaturi $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ u toku 20 dana sa sledećim varijantama hranljivog rastvora:

- kompletan hranljivi rastvor
- totalni nedostatak K u potpunom hranjivom rastvoru
- totalni nedostatak Ca u potpunom hranjivom rastvoru
- K zamenjen sa Sr
- Ca zamenjen sa Sr.

Količina Sr pri zameni K i Ca bila je ekvivalentna njihovim količinama u potpunom hranjivom rastvoru (Reid i York 1958).

Hranljivi rastvori su zamenjivani svaka četiri dana, a ogled je postavljen u pet ponavljanja sa po šest biljaka u svakom ponavljanju. Ogled je izveden tri puta. Posle 20 dana određivana je težina sinteze organske materije preko težine suve materije kako nadzemnog dela tako i korena; kao i sadržaj N, P, K, Ca i Sr u biljnom materijalu. N je određen po metodu Kjeldahla, P spektrometrijski, K plamenim fotometrom a Ca i Sr metodom A. A. S.

Rezultati

Težina suve materije

Prema težini suve materije nadzemnog dela (tab. 1.) mogli bismo konstatovati da je kod kukuruza najbolja bila varijanta (u upoređenju sa kontrolom) kada je Ca zamenjen sa Sr (56^{0/0}), a zatim K sa Sr (20^{0/0}). Slična tendencija je kod krastavaca i suncokreta, mada kod suncokreta razlika je znatno veća između kontrole i varijanti zamena (Ca zamenjen sa Sr 25^{0/0}, K zamenjen sa Sr 23^{0/0}). Međutim, najbolji efekat kod graška je postignut kada je K zamenjen sa Sr 57^{0/0} u odnosu na kontrolu dok je od varijante Ca zamenjen sa Sr težina suve materije bila manja nego kada je Ca u potpunosti nedostajao u hranjivom rastvoru.

Analogni rezultati su dobiveni i težinom suve materije korena (tab. 2).

Morfološki izgled biljaka pri zameni Ca sa Sr prikazan je na slici 1, 2, 3. i 4.

Dobiveni rezultati koji se odnose na sadržaj suve materije pokazuju da su ispitivane biljne vrste različito reagovala na zamenu jona. Najuspešnija zamena kod kukuruza bila je Ca sa Sr a kod suncokreta ova zamena je veoma neefektivna, jer je razlika u težini u odnosu na kontrolu bila vrlo velika. Krastavci su bili na sredini po efektima zamene između kukuruza i suncokreta. Međutim, sasvim suprotan efekat postignut je zamenom Ca sa Sr kod graška. Najlošija varijanta bila je baš ova. Najbolji efekat zamene kod graška postignut je pri zameni K sa Sr.

Ovi rezultati pokazuju da postoji određena specifičnost u odnosu na reakciju pojedinih biljnih vrsta kada se zamenjuje Ca sa Sr. Teško je ovu specifičnost povezati sa nekom osobinom ispitivanih biljnih vrsta, a pogotovu imajući u vidu ulogu Ca u pojedinim fiziološko-biohemijskim procesima.

Međutim, još je interesantnija činjenica da pojedine biljne vrste reaguju bolje na zamenu K sa Sr nego Ca sa Sr što je još teže objasniti, ako se zna da je K neophodan element i da je njegova važnost vrlo velika u mnogim fiziološko-biohemijskim procesima.

Hemijski sastav

Poznato je da se pri nedostatku pojedinih jona u hranjivom rastvoru povećava sadržaj nekog drugog jona. U ovom radu pri nedostatku K u hranjivom rastvoru povećan je sadržaj N, i to od 5 do 22^{0/0} (tab. 3), dok je sadržaj N pri nedostatku Ca nešto niži ili na nivou kontrole.

U slučaju zamene ovih jona sa Sr sadržaj N nema tako izraženu pravilnost već kod nekih biljnih vrsta je povećan, a kod drugih smanjen. Analogni rezultati dobiveni su i sa sadržajem N u korenu (tab. 4).

Što se sadržaja P tiče kod nadzemnog dela kod svih varijanti ogleđa u poređenju sa kontrolom sadržaj P je bio povećan, i to osobito kod varijante kada je K zamenjen sa Sr (tab. 5). Međutim, sadržaj P u korenu bio je u najvećem broju slučajeva manji nego kod kontrole ili na nivou kontrole (tab. 6). Sadržaj K kako u nadzemnom delu tako i u korenu, bio je manji nego kod potpunog hranjivog rastvora (tab. 7. i 8). Karakteristično je kod nadzemnog dela da je kod varijante Ca zamenjen Sr

sadržaj K nešto povećan, a što bi se moglo pripisati ulozi Sr. To je još uočljivije kada se posmatra sadržaj Ca, jer je on znatno povećan kada je K zamenjen sa Sr u poređenju sa varijantom bez K (tab. 9, 10).

Inače sadržaj Ca bio je znatno veći pri nedostatku K u poređenju sa kontrolom u nadzemnom delu i u korenu.

Sadržaj Sr zavisio je od biljne vrste i od varijante zamene. U nadzemnom delu najveći sadržaj je bio kod suncokreta, a onda graška, krastavaca i najzad kukuruza. Interesantna je činjenica da je sadržaj Sr bio veći u korenu pri zameni Ca sa Sr nego pri zameni K sa Sr, a što nije bio slučaj u nadzemnom delu kod svih biljnih vrsta (tab. 11, 12).

Sl. 1. Morfološki izgled biljaka kukuruza — Potpun hranljivi rastvor, hranljivi rastvor bez K, hranljivi rastvor bez Ca, hranljivi rastvor u kome je K zamenjen sa Sr i hranljivi rastvor u kome je Ca zamenjen sa Sr (s leva na desno).

Fig. 1. The morphological characteristics of maize plants. — Complete nutritious solution, nutritious solution without K, nutritious solution without Ca, nutritious solution with Sr substituted for K, and nutritious solution with Sr substituted for Ca (from left to right).

Sl. 2. Morfološki izgled biljaka suncokreta. Potpun hranljivi rastvor, hranljivi rastvor bez K, hranljivi rastvor bez Ca, hranljivi rastvor u kome je K zamenjen sa Sr i hranljivi rastvor u kome je Ca zamenjen sa Sr (s leva na desno).

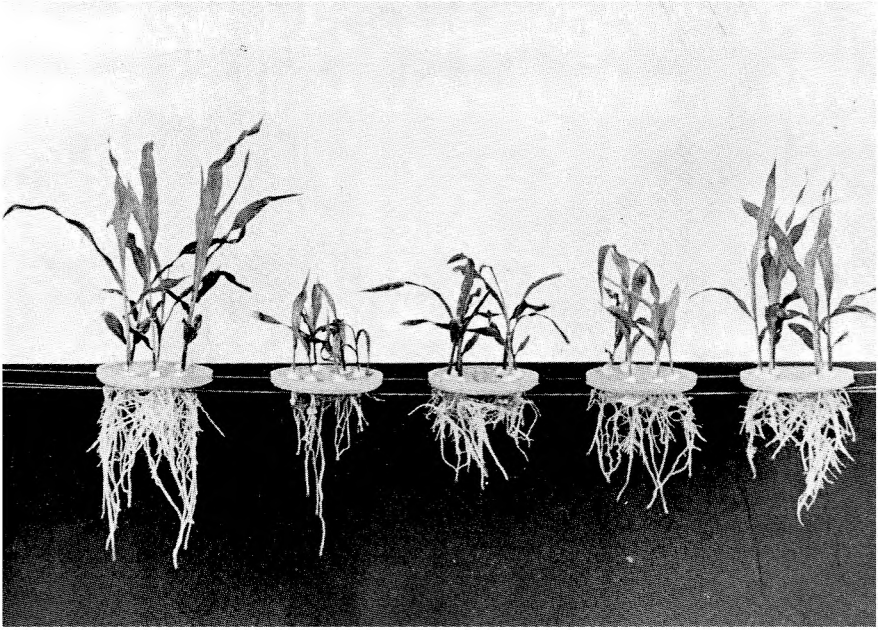
Fig. 2. The morphological characteristics of sunflower plants. Complete nutritious solution, nutritious solution without K, nutritious solution without Ca, nutritious solution with Sr substituted for K, and nutritious solution with Sr substituted for Ca (from left to right).

Sl. 3. Morfološki izgled biljaka graška. Potpun hranljivi rastvor, hranljivi rastvor bez K, hranljivi rastvor bez Ca, hranljivi rastvor u kome je K zamenjen sa Sr i hranljivi rastvor u kome je Ca zamenjen sa Sr (s leva na desno).

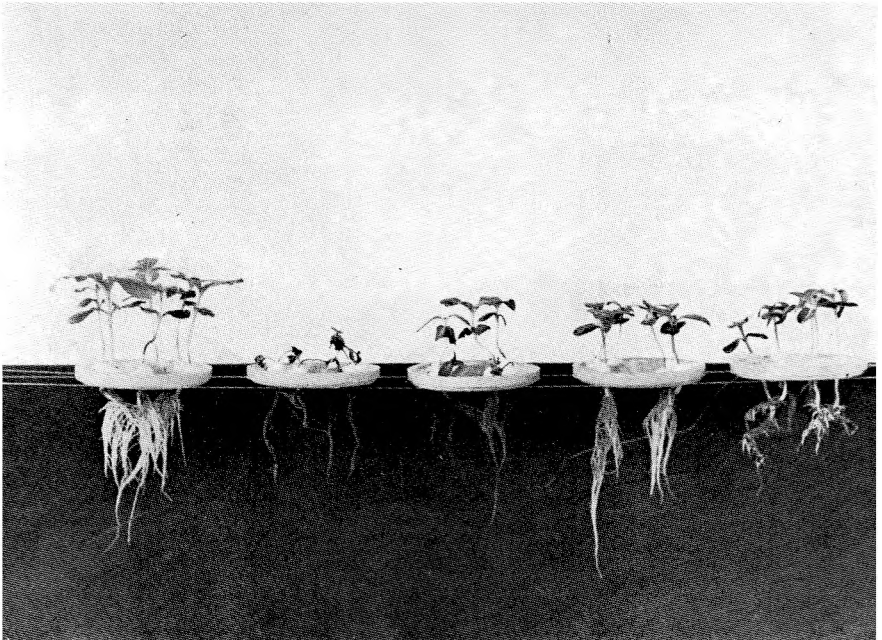
Fig. 3. The morphological characteristics of pea plants. Complete nutritious solution, nutritious solution without K, nutritious solution without Ca, nutritious solution with Sr substituted for K, and nutritious solution with Sr substituted for Ca (from left to right).

Sl. 4. Morfološki izgled biljaka krastavaca. Potpun hranljivi rastvor, hranljivi rastvor bez K, hranljivi rastvor bez Ca, hranljivi rastvor u kome je K zamenjen sa Sr i hranljivi rastvor u kome je Ca zamenjen sa Sr (s leva na desno).

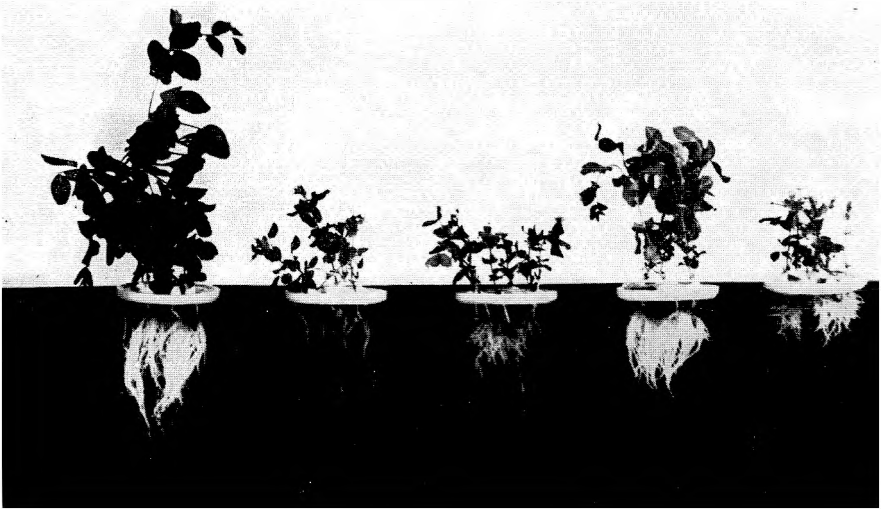
Fig. 4. The morphological characteristics of cucumber plants. Complete nutritious solution, nutritious solution without K, nutritious solution without Ca, nutritious solution with Sr substituted for K, and nutritious solution with Sr substituted for Ca (from left to right).



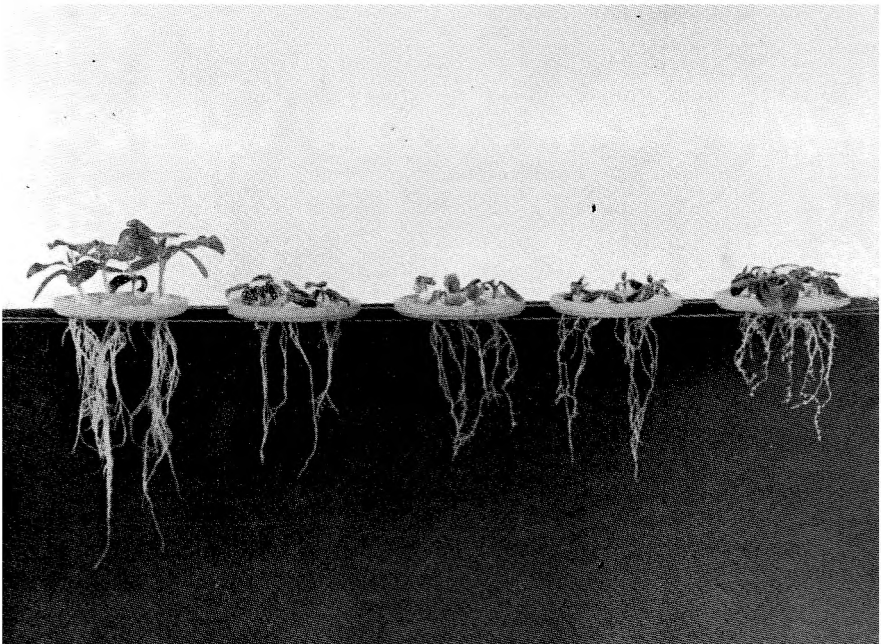
Sl. 1. — Fig. 1.



Sl. 2. — Fig. 2.



Sl. 3. — Fig. 3.



Sl. 4. — Fig. 4.

Tabela 1. Težina suve materije nadzemnog dela u zavisnosti od zamene Ca i K sa Sr (mg/biljci)

Table 1. Weight of dry matter in overground part conditioned by substituting Sr for Ca and K (mg/plant)

Varijanta Variant	Kukuruz Maize		Suncokret Sunflower		Grašak Pea		Krstavac Cucumber	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
∅	415	100	373	100	258	100	185	100
—K	41	11	55	15	100	39	33	18
—Ca	75	18	60	16	136	53	40	22
—K + Sr	83	20	85	23	148	63	33	19
—Ca + Sr	231	56	93	25	113	44	78	42

Tabela 2. Težina suve materije korena u zavisnosti od zamene Ca i K sa Sr (mg/biljci)

Table 2. Weight of dry matter in root conditioned by substituting Sr for Ca and K (mg/plant)

Varijanta Variant	Kukuruz Maize		Suncokret Sunflower		Grašak Pea		Krstavac Cucumber	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
∅	253	100	131	100	68	100	48	100
—K	51	20	26	20	45	66	8	17
—Ca	135	53	25	19	40	59	7	12
—K + Sr	75	30	43	33	63	93	8	17
—Ca + Sr	190	75	58	44	65	95	8	17

Tabela 3. Sadržaj azota u nadzemnom delu u zavisnosti od zamene Ca i K sa Sr (mg%/100 g suve mat.)

Table 3. Nitrogen content in overground part conditioned by substituting Sr for Ca and K (mg%/100 g of dry matter)

Varijanta Variant	Kukuruz Maize		Suncokret Sunflower		Grašak Pea		Kraštavac Cucumber	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
∅	4077	100	4149	100	4600	100	4298	100
-K	4865	119	5087	122	4829	105	5141	119
-Ca	3809	45	3971	96	4609	100	3803	88
-K + Sr	4389	107	4559	110	3713	81	4157	97
-Ca + Sr	3800	93	4045	97	4195	91	4935	115

Tabela 4. Sadržaj azota u korenu u zavisnosti od zamene Ca i K sa Sr (mg%/100 g suve mat.)

Table 4. Nitrogen content in root conditioned by substituting Sr for Ca and K (mg %/100 g dry weight)

Varijanta Variant	Kukuruz Maize		Suncokret Sunflower		Grašak Pea		Kraštavac Cucumber	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
∅	2195	100	3325	100	3178	100	3593	100
-K	2513	114	2494	75	3626	114	2950	82
-Ca	2482	113	1575	47	3358	106	2335	65
-K + Sr	2787	127	2748	70	3455	109	2995	83
-Ca + Sr	2270	103	2752	83	3675	116	3567	99

Tabela 5. Sadržaj fosfora u nadzemnom delu u zavisnosti od zamene Ca i K sa Sr (mg %/100 g suve mat.)
 Table 5. Phosphorus content in overground part conditioned by substituting Sr for Ca and K (mg %/100 g dry weight)

Varijanta Variant	Kukuruz Maize		Suncokret Sunflower		Grašak Pea		Kraštavac Cucumber	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
Ø	687	100	898	100	642	100	624	100
-K	1668	243	1114	124	814	126	981	157
-Ca	994	144	1017	113	875	136	999	160
-K + Sr	2075	302	1248	139	651	101	2049	328
-Ca + Sr	1023	149	1090	121	832	129	919	147

Tabela 6. Sadržaj fosfora u korenu u zavisnosti od zamene Ca i K sa Sr (mg %/100 g suve mat.)
 Table 6. Phosphorus content in root conditioned by substituting Sr for Ca and K (mg %/100 g dry weight)

Varijanta Variant	Kukuruz Maize		Suncokret Sunflower		Grašak Pea		Kraštavac Cucumber	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
Ø	692	100	752	100	994	100	821	100
-K	671	97	347	46	964	97	551	67
-Ca	629	91	210	28	902	91	523	64
-K + Sr	654	95	726	96	1356	136	568	75
-Ca + Sr	644	93	539	72	1099	110	576	70

Tabela 7. Sadržaj kalijuma u nadzemnom delu u zavisnosti od zamene Ca i K sa Sr (mg %/100 g suve mat.)
 Table 7. Potassium content in overground part conditioned by substituting Sr for Ca and K (mg %/100 g dry weight)

Varijanta Variant	Kukuruz Maize		Suncokret Sunflower		Grašak Pea		Kraštavac Cucumber	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
∅	2271	100	2709	100	2961	100	2063	100
-K	565	25	307	12	315	11	347	17
-Ca	1662	73	1617	59	1879	63	1892	92
-K + Sr	598	26	416	16	432	15	354	17
-Ca + Sr	2712	119	1856	69	2004	68	2098	102

Tabela 8. Sadržaj kalijuma u korenu u zavisnosti od zamene Ca i K sa Sr (mg %/100 g suve mat.)
 Table 8. Potassium content in root conditioned by substituting Sr for Ca and K (mg %/100 g dry weight)

Varijanta Variant	Kukuruz Maize		Suncokret Sunflower		Grašak Pea		Kraštavac Cucumber	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
∅	2380	100	2663	100	3331	100	1929	100
-K	350	15	156	6	485	15	300	16
-Ca	1476	62	1491	56	1285	39	1254	65
-K + Sr	490	21	215	8	450	14	271	14
-Ca + Sr	2088	88	1464	55	2748	82	1120	58

Tabela 9. Sadržaj kalcijuma u nadzemnom delu u zavisnosti od zamene Ca i K sa Sr (mg %/100 g suve mat.)

Table 9. Calcium content in overground part conditioned by substituting Sr for Ca and K (mg %/100 g dry weight)

Varijanta Variant	Kukuruz Maize		Suncokret Sunflower		Grašak Pea		Kraštavac Cucumber	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
∅	66	100	146	100	154	100	176	100
-K	119	179	338	231	337	219	213	121
-Ca	31	48	101	69	57	37	49	28
-K + Sr	145	220	478	328	232	151	445	252
-Ca + Sr	36	54	113	77	64	41	28	16

Tabela 10. Sadržaj kalcijuma u korenu u zavisnosti od zamene Ca i K sa Sr (mg %/100 g suve mat.)

Table 10. Calcium content in root conditioned by substituting Sr for Ca and K (mg %/100 g dry weight)

Varijanta Variant	Kukuruz Maize		Suncokret Sunflower		Grašak Pea		Kraštavac Cucumber	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
∅	68	100	146	100	109	100	138	100
-K	174	256	338	231	131	120	165	119
-Ca	35	51	101	69	55	51	40	29
-K + Sr	123	179	478	328	145	133	169	122
-Ca + Sr	33	49	113	77	73	67	65	47

Tabela 11. Sadržaj stroncijuma u nadzemnom delu u zavisnosti od zamene Ca i K sa Sr (mg %/100 g suve mat.)
 Table 11. Strontium content in overground part conditioned by substituting Sr for Ca and K (mg %/100 g dry weight)

Varijanta Variant	Kukuruz Maize	Suncokret Sunflower	Grašak Pea	Krastavac Cucumber
	mg	mg	mg	mg
∅	—	—	—	—
—K	—	—	—	—
—Ca	167	630	248	184
—K + Sr	148	462	276	193

Tabela 12. Sadržaj stroncijuma u korenu u zavisnosti od zamene Ca i K sa Sr (mg %/100 g suve mat.)
 Table 12. Strontium content in root conditioned by substituting Sr for Ca and K (mg %/100 g dry weight)

Varijanta Variant	Kukuruz Maize	Suncokret Sunflower	Grašak Pea	Krastavac Cucumber
	mg	mg	mg	mg
∅	—	—	—	—
—K	—	—	—	—
—Ca	78	67	53	205
—K + Sr	100	171	136	326

Tabela 13. Fizičko-hemijske osobine nekih elemenata
Table 13. Physical and chemical properties of some elements

Fizičko-hemijske osobine Physical and chemical properties	Elementi Elements									
	Li	Na	K	Rb	Cs	Mg	Ca	Sr		
Atomski broj Atomic number	3	11	19	37	55	12	20	38		
Atomska težina Atomic weight	6,94	22,99	39,10	85,48	132,91	24,31	40,08	87,62		
Valenca Valence	+1	+1	+1	+1	+1	+2	+2	+2		+2
Atomska zapremina Atomic volume	13,1	23,7	44,4	55,8	69,3	13,97	26,00	34,00		
Radius atoma (Å) Atomic radius (Å)	1,33	1,57	2,03	2,16	2,35	1,36	1,74	1,92		
Radius ions (Å) Ionic radius (Å)	0,60	0,95	1,1	1,4	1,48	0,65	0,95	1,10		
Specifična težina Specific weight	0,53	0,97	0,86	1,53	1,90	1,74	1,55	2,60		
Elektronegativnost Electronegativity	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	1,2	1,0	1,0		
Energija ionizacije (V) Ionization energy (V)	5,39	5,14	4,34	4,16	3,96	7,00	6,01	4,00		
Energija ionizacije (Cal.) Ionization energy (Cal.)	123,3	117,5	99,2	95,6	89,1	160,0	140,0	92,3		

Diskusija

Kao što se iz pregleda literature vidi problem zamene jona je i danas aktuelan. Treba istaći činjenicu da su pri zameni jona mnogi istraživači želeli da povežu mogućnost zamene određenih jona sa njihovim fizičko-hemijskim osobinama.

Međutim, veoma je teško povezati mogućnost zamene jona sa njihovim fizičko-hemijskim osobinama, jer ako bi zamena bila uslovljena samo ovim osobinama, onda se postavlja pitanje zašto se npr. elementi I i II grupe periodnog sistema međusobno svi ne zamenjuju?

Poznata je mogućnost zamene K sa Na, ali samo kod određene grupe biljaka (repa, španać, cvekla i druge biljke iz porodice *Chenopodiaceae*), no i u ovim slučajevima ta zamena nije totalna (L e h r 1953). Naprotiv, gotovo da nije moguće K zameniti sa Na kod kukuruza, soje, raži, heljde i dr.

Znači u ovom slučaju postoji specifičnost reakcije pojedinih biljnih vrsta u odnosu na zamenu tih dva elementa. Isto tako navode se podaci da Ca jednim delom može biti zamenjen sa Sr kod kukuruza, međutim čak i delimična zamena kod paradajza nemoguća je. Naravno postavlja se i pitanje zašto se ne bi mogao Ca zamenjivati sa Mg ili Mg sa Sr ili K sa Cs i Li.

Konačno kad govorimo o fizičko-hemijskim svojstvima elemenata, ona mogu biti okarakterisana sa oko desetak parametara, pa se postavlja pitanje: da li možda neki od ovih parametara ima dominantnu ulogu? Imajući na umu navedene vrednosti za ove osobine (tab. 13), teško se može ustanoviti bilo kakva veza fizičko-hemijskih svojstava elemenata i mogućnosti njihove zamene.

Važno je imati na umu i značaj određenih jona u fiziološko-biohemijskim procesima. Ta činjenica je važna pri ispitivanju nedostatka određenog jona i pri zameni pojedinih jona. Dobiveni rezultati pokazuju da nije uvek moguće dati pravo objašnjenje zamene jona ni sa tog staništa. Navešćemo jedan primer. Poznata je uloga K u mnogim procesima životne aktivnosti biljaka (E v a n s 1966), međutim, kao što smo napred istakli, kod nekih biljaka K se u velikom stepenu može zameniti sa Na pa se postavlja pitanje: da li Na preuzima fiziološko-biohemijsku funkciju K?

Može se pretpostaviti da delimično zamenjeni jon preuzima ulogu u određenim procesima jer je poznat specifičan i nespecifičan efekt jona. Tako npr., specifično delovanje K postoji u odnosu na fermentnu aktivnost i ona je uslovljena manjim, odnosno većim sadržajem K. Međutim, da bi određeni ferment delovao, potrebna je odgovarajuća jonska sila da bi isti očuvao svoju konfiguraciju. U tom slučaju postoji nespecifično delovanje K i ono može da bude zamenjeno Na, Rb ili bilo kojim kationom.

Naši rezultati se jednim delom slažu sa napred navedenim teorijskim hipotezama, međutim, ovoga puta ističemo da je u našem radu bilo totalno isključenje pojedinih jona iz hranljivog rastvora koji su zamenjeni sa Sr. U tom slučaju je veoma teško dati objašnjenje za mogućnost zamene K sa Sr, jer se oni razlikuju po fizičko-hemijskim i fiziološko-biohemijskim funkcijama znatno više nego Ca i Sr.

Isto tako pojedine biljne vrste pri zameni K i Ca sa Sr vrlo su različito reagovala, možemo navesti tipičan primer mogućnosti zamene Ca sa

Sr kod kukuruza, dok je kod suncokreta efekat zamene Ca i K sa Sr bio gotovo isti. Kod graška dobiveni su drugačiji rezultati, koji pokazuju da je efekat K sa Sr bio nešto efikasniji nego efekat zamene Ca sa Sr.

Osobito ovi podaci koji se odnose na različito reagovanje pojedinih biljnih vrsta pri istim kombinacijama zamene pokazuju da je problem zamene jona sa opšteg biološkog stanovišta prilično složen i da je teško naći direktnu vezu mogućnosti zamene jona bilo sa fizičko-hemijskim osobinama ili sa njihovom ulogom u fiziološko-biohemijskim procesima.

Z a k l j u č a k

Na osnovu dobivenih rezultata može se zaključiti sledeće:

Prema sintezi organske materije nadzemnog dela najefikasnija zamena Ca sa Sr bila je kod kukuruza, zatim krastavaca i najzad suncokreta. Kod graška ova zamena je izazvala negativan efekat.

Sinteza organske materije korena pri zameni Ca sa Sr bila je najveća kod kukuruza, a zatim graška, suncokreta i najzad krastavaca.

Pri zameni K sa Sr prema težini suve materije nadzemnog dela i korena nije dobiven nikakav pozitivan efekat kod kukuruza, suncokreta i osobito ne u krastavaca. Kod graška donekle je bila moguća zamena K sa Sr.

Sadržaj ispitivanih jona zavisio je kako od varijante ishrane tako i biljne vrste.

— Sadržaj N bio je povećan pri nedostatku K kao i pri nedostatku K kada je on zamenjen Sr, ali samo kod kukuruza i suncokreta. Dok je sadržaj N u korenu kod kukuruza i graška bio povećan u svim varijantama ishrane, a kod krastavaca i suncokreta smanjen.

— Sadržaj P je bio povećan u svim kombinacijama ishrane u odnosu na potpun hranjivi rastvor i kod svih biljnih vrsta, ali samo u nadzemnom delu.

— Sadržaj K je bio smanjen u svim slučajevima bez obzira na varijantu ishrane i biljnu vrstu.

— Sadržaj Ca bio je povećan pri nedostatku K, a osobito pri zameni K sa Sr, izuzev u nadzemnom delu kod graška i u korenu kod kukuruza.

— Sadržaj Sr bio je najveći u nadzemnom delu kod suncokreta, a onda graška, krastavaca i najzad kukuruza. Sadržaj Sr je bio znatno veći u nadzemnom delu nego u korenu kod svih biljnih vrsta izuzev krastavca.

L i t e r a t u r a

- Andersen, J. A.*, 1973: Plant accumulation of radioactive strontium with special reference the strontium-calcium relationship as influenced by nitrogen. Danish atomic energy commission research establishment Ris report N° 278, 1—56.
- Bell, C. W.*, and *Bollard and Batler Biddulph*, 1963: Translocation of calcium. Exchange versus mass-flow. *Plant Physiol.* 38, 610—614.
- Collander, R.*, 1941: Selective absorption of cations by higher plants. *Plant Physiol.* 16, 691—720.

- Emmert, F. H., 1964: Water utilization and calcium-strontium uptake in *Phaseolus vulgaris*. *Physiol. Plantarum*. 17, 746—750.
- Emmert, F. H., 1965: Forces involved in retention and movement of nonmetabolic strontium in *Phaseolus vulgaris*. *Plant and Soil* 22, 136—142.
- Evans, S. H. and S. G. Sorger, 1966: Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. *Plant Physiol*. 17, 47—76.
- Handley, R., and R. Overstreet, 1963: Uptake of strontium roots of *Zea Mays*. *Plant Physiol*. 38, 180—184.
- Haselhoff, E., 1893: Versuche über den Ersatz des Kalkes durch Strontium bei der Pflanzenernährung. *Landwirt. Jahrb.* 22, 851—867.
- Hurd-Karrer, A. M., 1937: Rubidium and strontium toxicity in plants inhibited by potassium and calcium, respectively. *J. Wash. Acad. Sci.* 27, 351—353.
- Jackson, W. A., and D. C. Williams, 1968: Nitrate-stimulated uptake and transport of strontium and other cations. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32, 698—704.
- Jackson, W. A., D. C. Williams and P. L. Minotti, 1968: Some consequences of nitrogen nutrition on uptake and transport of strontium and caesium. *Soil Sci.* 106, 381—392.
- Headden, W. P., 1921: Titanium, barium, strontium and lithium in certain plants. *Colorado Agr. Expt. Sta. Bull.* 267.
- Marschner, H., 1971: Why can sodium replace potassium in plants? Potassium in Biochemistry and Physiology. *International Potash Institute* 50—63.
- Menzel, R. G., 1954: Competitive uptake by plants of potassium, rubidium, caesium, calcium and strontium from various soils. *Soil Sci.* 77, 419.
- McHargue, I. S., 1919: Effects of certain compounds of barium and strontium on the growth of plants. *J. Agr. Res.* 16, 183—194.
- Myttenaere, C., 1963: Influence du rapport strontium-calcium sur la croissance et l'absorption du strontium et du calcium chez *Pisum sativum* L. *Ann. Physoil. Végét. Univ. Bruxelles.* 8, 47—59.
- Myttenaere, C., 1964: Influence du rapport strontium-calcium sur la localisation du strontium et du calcium chez *Pisum sativum*. *Physiol. Plantarum.* 17, 814—827.
- Myttenaere, C., 1965: The influence of the strontium-calcium in *Pisum sativum*. *Radiation Bot.* 5, 143—152.
- Rediske, J. H., and A. A. Selders, 1953: Absorption and translocation of strontium by plants, *Plant Physiol.* 28, 594.
- Reid, P. H. and E. T. York, 1958: Effect of nutrient deficiencies on growth and fruiting characteristics of peanuts in sand cultures. *Agr. Jour.* 50, (2) 37—63.
- Ringoet, A., and D. De Zeeuw, 1968: Discrimination between calcium and strontium in oat plants. I. Influence of the growth stage of the plants and of the osmotic potential of the root medium. *Z. Pflanzenphysiol.* 59, 238—248.
- Ringoet, A., and D. De Zeeuw, 1968: Discrimination between calcium and strontium in oat plants. II. Relation to the differential chemical binding of both ions. *Z. Pflanzenphysiol.* 59, 249—257.
- Queen, W. H., H. W. Fleming, and J. C. O'Kelley, 1963: Effects on *Zea mays* seedlings of a strontium replacement for calcium in nutrient media. *Plant Physiol.* 38, 410—413.
- Scharrer, K., and W. Schropp, 1937: Über die Wirkung von Strontium und Barium-ionen auf das Wachstum einiger Pflanzen. *Bodenk. Pflanzenernähr.* 3, 369—385.
- Schilling, G., 1960: Strontium in der höheren Pflanze. II. Verteilung und Bindungszustand der Pflanze. *Z. Pflanzenernähr. Düng.* 91, 212—224.

- Scott, R. R., and H. Squire., 1958: The Absorption and Distribution of strontium in Plants. I. Preliminary studies in water culture. *Journal of Experimental Botany* 9, 262—276.
- Voelcker, J. A., 1915: The influence of strontium salts on wheat. *J. Roy. Agr. Soc. England* 76, 344—351.
- Walsh, T., 1945: The effect on plant growth of substituting strontium for calcium in acid soils. *Proc. Roy. Irish Acad.* 50B, 287—294.

SUMMARY

THE REACTION OF SOME PLANT SPECIES TO THE SUBSTITUTION OF Sr FOR Ca AND K IN A NUTRITIOUS SOLUTION

Miloje Sarić and Borivoj Krstić
(Institute of Biology of the University of Novi Sad)

The possibility of substituting ions has lately been given particular attention; the possibility of total and partial substitution of Rb for K, Sr for Ca, and Na for K, has often been mentioned.

We have investigated the possibility of a total substitution of Sr for Ca and K in the following plant species: maize, sunflower, pea and cucumber.

The substitution of Sr for Ca and K has been investigated in comparison to three controls: complete nutritious solution, lack of K, lack of Ca in relation to the weight of dry matter and content of ions N, P, K, Ca and Sr.

According to the synthesis of organic matter of the overground part the results show that the substitution of Sr for Ca was the most effective in maize, next in cucumber and sunflower, while in pea a negative effect was obtained. Considering the root the situation is different, because maize and pea reacted most, sunflower was next, and least of all reacted cucumber.

An interesting fact is that it was possible to substitute Sr for K in relation to the weight of both overground part and root in pea. The other plant species, especially cucumber, do not show any effect.

The content of individual ions depends on the kind of nutrition and plant species.

Prof. dr Miloje R. Sarić 1
mr Borivoj Krstić
Zavod za biologiju
Univerziteta u Novom Sadu
21000 Novi Sad (Jugoslavija)