ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA
VOL. XXVI, 19 SECTIO C 1971

Instytut Przyrodniczych Podstaw Produkcji Roślinnej WSR w Lublinie

Zofia UZIAK, Krzysztof CZERNAŚ

Zastosowanie sodu jako uzupełnienia potasu w żywieniu roślin (na przykładzie sałaty)

Применение натрия в качестве пополнения калия для питания растений (на примере салата)

Application of Sodium as a Complement to Potassium in Plant Nutrition (as Exemplified by Salad)

Pobieranie, a następnie wykorzystanie potasu w metabolizmie roślin jest uzależnione między innymi od rodzaju zastosowanej soli oraz obecności w środowisku odżywczym innych kationów. Szczególną rolę odgrywa zasobność gleby w jednowartościowe kationy, a zwłaszcza w sód, który dzięki swym cechom fizycznym i chemicznym jest podobny do potasu (4, 5, 6, 7, 14). Jest zatem bardzo prawdopodobne, że może on konkurować z potasem, zarówno w procesie aktywnego transportu, jak również w innych funkcjach fizjologicznych w komórce roślinnej.

W związku z tym nasuwają się pytania, czy potas jako składnik mineralnego żywienia roślin może być zastąpiony przez sód i w jakim stopniu. Odpowiedź na te pytania starano się znaleźć w trakcie doświadczeń z roślinami sałaty.

CEL I METODYKA BADAŃ

W latach 1967—1969 przeprowadzono trzy doświadczenia nad wpływem soli sodu, stosowanych jako uzupełnienie niedoboru potasu, na wegetację roślin przy różnym zaopatrzeniu ich w wodę. Obiektem doświadczalnym była sałata odmiany As-44. Przy wyborze kierowano się tym, że sałata jest uważana za roślinę sodofobną (2), a więc szczególnie wrażliwą na obecność sodu w środowisku odżywczym.

Tab. 1. Schemat stosowania potasu i sodu w doświadczeniach
Scheme of potassium and sodium application to experiments

Potas Potassium		Sód Sodium			Potas Potassium		Sód Sodium			Potas Potassium		Sód Sodium		
Stosowany związek Compound applied	K_2O mg	Stosowany związek Compound applied	Na_2O mg	Stosunek Ratio $K_2O : Na_2O$	Stosowany związek Compound applied	K_2O mg	Stosowany związek Compound applied	Na_2O mg	Stosunek Ratio $K_2O : Na_2O$	Stosowany związek Compound applied	K_2O mg	Stosowany związek Compound applied	Na_2O mg	Stosunek Ratio $K_2O : Na_2O$
				r. 1967					r. 1968 *					r. 1969 **
KNO_3	150				K_2SO_4	190				K_2SO_4	160			
KH_2PO_4	30				KH_2PO_4	50				KH_2PO_4	80			
K_2SO_4	150				K_2SO_4	110	Na_2SO_4	80	2 : 1	K_2SO_4	80	Na_2SO_4	80	2 : 1
KH_2PO_4	30				KH_2PO_4	50				KH_2PO_4	80			
KCl	150				K_2SO_4	50	Na_2SO_4	140	1 : 1,4	KH_2PO_4	80	Na_2SO_4	160	1 : 2
KH_2PO_4	30				KH_2PO_4	50								
KNO_3	90	$NaNO_3$	60	2 : 1			Na_2SO_4	190	1 : 4	KCl	160			
KH_2PO_4	30				KH_2PO_4	50				KH_2PO_4	80			
K_2SO_4	90	Na_2SO_4	60	2 : 1						KCl	160	NaCl	80	2 : 1
KH_2PO_4	30									KH_2PO_4	80			
KCl	90	NaCl	60	2 : 1						KH_2PO_4	80	NaCl	160	1 : 2
KH_2PO_4	30													
KNO_3	60	$NaNO_3$	90	1 : 1										
KH_2PO_4	30													
K_2SO_4	60	Na_2SO_4	90	1 : 1										
KH_2PO_4	30													
KCl	60	NaCl	90	1 : 1										
KH_2PO_4	30													

* Doświadczenie przeprowadzono przy 3 poziomach wilgotności: 25%, 60% i 80% pełnej pojemności wodnej piasku.

* Experiment was made at 3 levels of moisture: 25%, 60% and 80% of full water capacity of sand.

** Doświadczenie przeprowadzono przy 2 poziomach wilgotności: 25% i 75% pełnej pojemności wodnej piasku.

** Experiment was made at 2 levels of moisture: 25% and 75% of full water capacity of sand.

W pierwszym doświadczeniu (r. 1967) przebadano wpływ azotanów, siarczanów oraz chlorków potasu i sodu na produkcję masy wegetacyjnej sałaty. Doświadczenie było prowadzone w optymalnych warunkach zaopatrzenia roślin w wodę, tj. przy wilgotności wynoszącej 60% pełnej pojemności wodnej (p.p.w.) piasku.

W następnym doświadczeniu (r. 1968) potas i sód stosowano wyłącznie w formie siarczanów w różnych proporcjach, ponieważ wpływ tych soli na sałatę w poprzednim doświadczeniu okazał się szczególnie dodatni. Przez wprowadzenie soli w różnych proporcjach starano się określić, w jakim stopniu potas może być zastąpiony przez sód. Ponadto w celu poznania reakcji roślin na sód, jako składnik uzupełniający niedobór potasu w zależności od zaopatrzenia roślin w wodę, wprowadzono trzy poziomy wilgotności, a mianowicie: niedobór (25% p.p.w.), optimum (60% p.p.w.) oraz nadmiar (80% p.p.w.) wody w środowisku odżywczym roślin.

W trzecim doświadczeniu (r. 1969) przebadano reakcję roślin na sole potasu i sodu — siarczany oraz chlorki, których działanie na rośliny w r. 1967 było przeciwstawne. Doświadczenie powyższe prowadzono w warunkach suszy (25% p.p.w.) oraz przy obfitym zaopatrzeniu roślin w wodę (75% p.p.w.). We wszystkich trzech doświadczeniach starano się także określić wpływ żywienia potasowo-sodowego na gospodarkę wodną roślin doświadczalnych.

Doświadczenia prowadzono w hali wegetacyjnej przez 6 tygodni, maj — czerwiec, w kulturach piaskowych, używając piasku płukanego w wodzie destylowanej. Na jedną doniczkę, czyli na 2 kg piasku, podano następujące ilości składników mineralnych: 150 mg N, 50 mg P_2O_5, 30 mg MgO w doświadczeniu pierwszym oraz 200 mg N, 70 mg P_2O_5, 50 mg MgO — w następnych dwu doświadczeniach. Zastosowano sole w postaci NH_4NO_3, KH_2PO_4 i $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Ponadto rośliny otrzymały mikroelementy w formie: roztworu A-Z i 1% roztworu cytrynianu żelaza po 5 ml.

Potas i sód stosowano w poszczególnych doświadczeniach według schematu przedstawionego w tab. 1. Pożywkę mineralną otrzymały rośliny w dwóch porcjach, jedną — przy zakładaniu doświadczenia, a drugą — w czwartym tygodniu wegetacji. Wapń dostarczano roślinom jednorazowo, mieszając piasek każdej doniczki z 500 mg $CaCO_3$. Sałatę sadzono w fazie pierwszej pary liści, po 2 rośliny na doniczkę. Każda seria doświadczalna składała się z 5 powtórzeń.

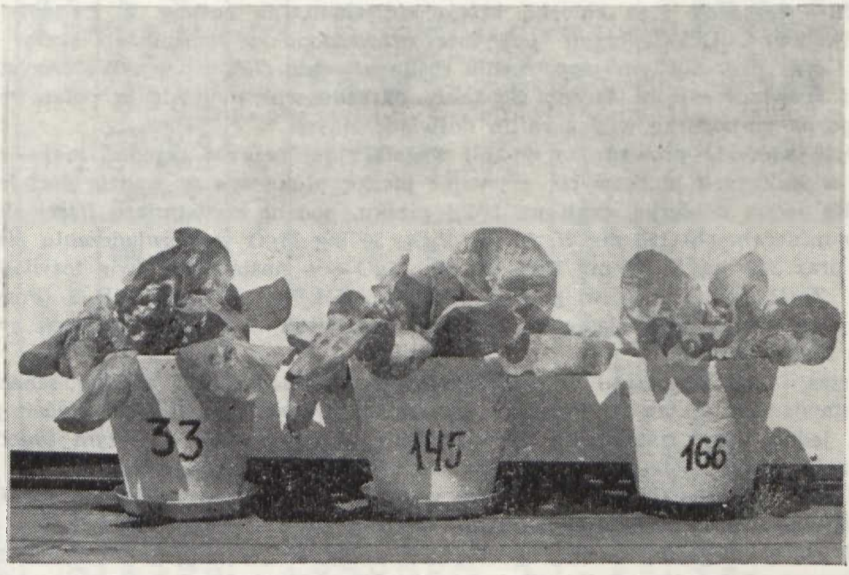
W czasie wegetacji rośliny podlewano wodą destylowaną w ilościach kontrolowanych. Ostatniego dnia przed zakończeniem doświadczeń oznaczono metodą refraktometryczną ciśnienie osmotyczne soku komórkowego (w czwartym liściu — 11). Doświadczenia kończono w okresie intensywnego wzrostu masy wegetacyjnej roślin. Po wysuszeniu roślin określano plon powietrznie suchej masy części nadziemnych i korzeni. Ponadto przeprowadzono analizę zmienności i obliczono średnie odchylenie (ryc 4).

Z ilości zużytej wody przez rośliny w czasie ich wegetacji oraz ze średnich plonów suchej masy wegetacyjnej obliczono współczynnik transpiracji. Zawartość potasu i sodu oznaczono fotometrycznie w suchej masie części nadziemnych i korzeni roślin z drugiego i trzeciego doświadczenia (tab. 2—4 oraz ryc. 5—6).

WYNIKI BADAŃ

Doświadczenie pierwsze (r. 1967). Obserwacje roślin w czasie ich wegetacji wykazały, że spośród trzech stosowanych soli potasu najlepiej na wzrost sałaty wpływały siarczany. Działanie azotanu na

sałatę było mniej korzystne, a jeszcze w większym stopniu — chlorku potasu (ryc. 1). Wprowadzenie soli sodowych do środowiska odżywczego roślin wpłynęło dodatnio na wegetację sałaty. Szczególnie korzystnie podziałał na rośliny sód stosowany w formie siarczanów. Rośliny serii doświadczalnych, w których oba kationy były podane w formie siarczanów, rosły najbujniej, zarówno przy małej dawce sodu, jak i wówczas, gdy zawartość sodu w środowisku odżywczym była taka sama jak potasu. Uzupełnienie soli potasowej chlorkiem, a także azotanem sodu, nie wpłynęło tak korzystnie na wegetację roślin. Rośliny zasilane chlorkami potasu i sodu były słabe, o dużych, ale żółtozielonych liściach.



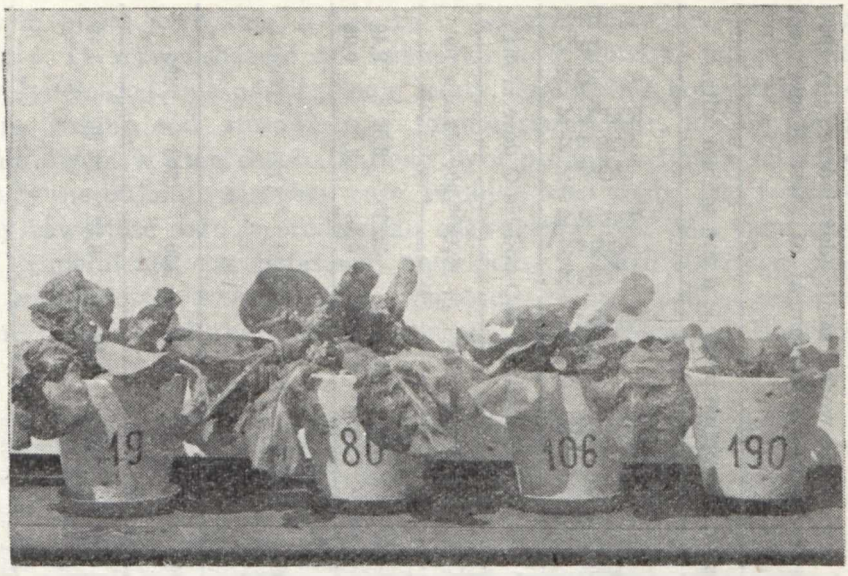
Ryc. 1. Sałata zasilana potasem w formie: 33 — KNO_3, 145 — K_2SO_4 i 166 — KCl
Salad fertilized with potassium in the form of: 33 — KNO_3, 145 — K_2SO_4 and 166 — KCl

Reakcja roślin na zastosowane sole potasu i sodu znalazła swoje odbicie w wysokości uzyskanych plonów. Zastosowanie sodu jako uzupełnienia potasu wpłynęło na znaczne podwyższenie produkcji masy wegetacyjnej we wszystkich seriach doświadczalnych. Nawet rośliny, którym K_2O i Na_2O podano w równych ilościach, osiągnęły wyższe plony niż rośliny pozbawione sodu. Najwyższe plony, zwłaszcza masy liści, uzyskano w serii z potasem i sodem w formie siarczanów (ryc. 4, tab. 2).

Wpływ zróżnicowanego żywienia potasowo-sodowego na gospodarkę wodną roślin dotyczył tylko soli sodowych, które wyłącznie wpływały

Tab. 2. Wpływ żywienia potasowo-sodowego na produkcję masy wegetacyjnej i gospodarkę wodną sałaty (doświadczenie r. 1967)
Effect of potassium and sodium nutrition on the production of vegetative mass and water management of salad (experiment from 1967)

Rodzaj oznaczenia Kind of determination	Części rośliny Parts of plant	Stosowane sole potasu i sodu — Applied potassium and sodium salts								
		KNO_3 KH_2PO_4	K_2SO_4 KH_2PO_4	KCl KH_2PO_4	KNO_3 $NaNO_3$ KH_2PO_4	K_2SO_4 Na_2SO_4 KH_2PO_4	KCl NaCl KH_2PO_4	KNO_3 $NaNO_3$ KH_2PO_4	K_2SO_4 Na_2SO_4 KH_2PO_4	KCl NaCl KH_2PO_4
		Wysokość dawki K_2O i Na_2O w mg — Amount of K_2O and Na_2O dose in mg								
		$K_2O = 180$			$K_2O = 120$; $Na_2O = 60$			$K_2O = 90$; $Na_2O = 90$		
Powietrznie sucha masa w g Air-dry matter in g	Liście (Leaves) Korzenie (Roots)	3,01 0,96	3,11 1,10	2,89 0,74	3,37 1,28	3,60 1,10	3,51 0,80	3,23 0,88	3,30 1,29	3,49 0,92
Woda pobrana w czasie wegetacji ml/1 roślinę Water uptaken during vegetation ml/1 plant		1151	1174	1169	1386	1316	1243	1479	1721	1689
Współczynnik transpiracji Transpiration coefficient		290	289	325	298	280	310	360	375	383
Ciśnienie osmotyczne w atm. Osmotic pressure in atm	Liście (czwarty) Leaves (fourth)	8,60	9,24	9,30	8,44	7,64	8,16	8,12	7,96	7,48



Ryc. 2. Sałata zasilana K_2SO_4 i Na_2SO_4 w warunkach obfitego zaopatrzenia roślin w wodę; 19 — K_2O = 240 mg; 80 — K_2O = 160 mg, Na_2O = 80 mg; 106 — K_2O = 100 mg, Na_2O = 140 mg; 190 — K_2O = 50 mg, Na_2O = 190 mg

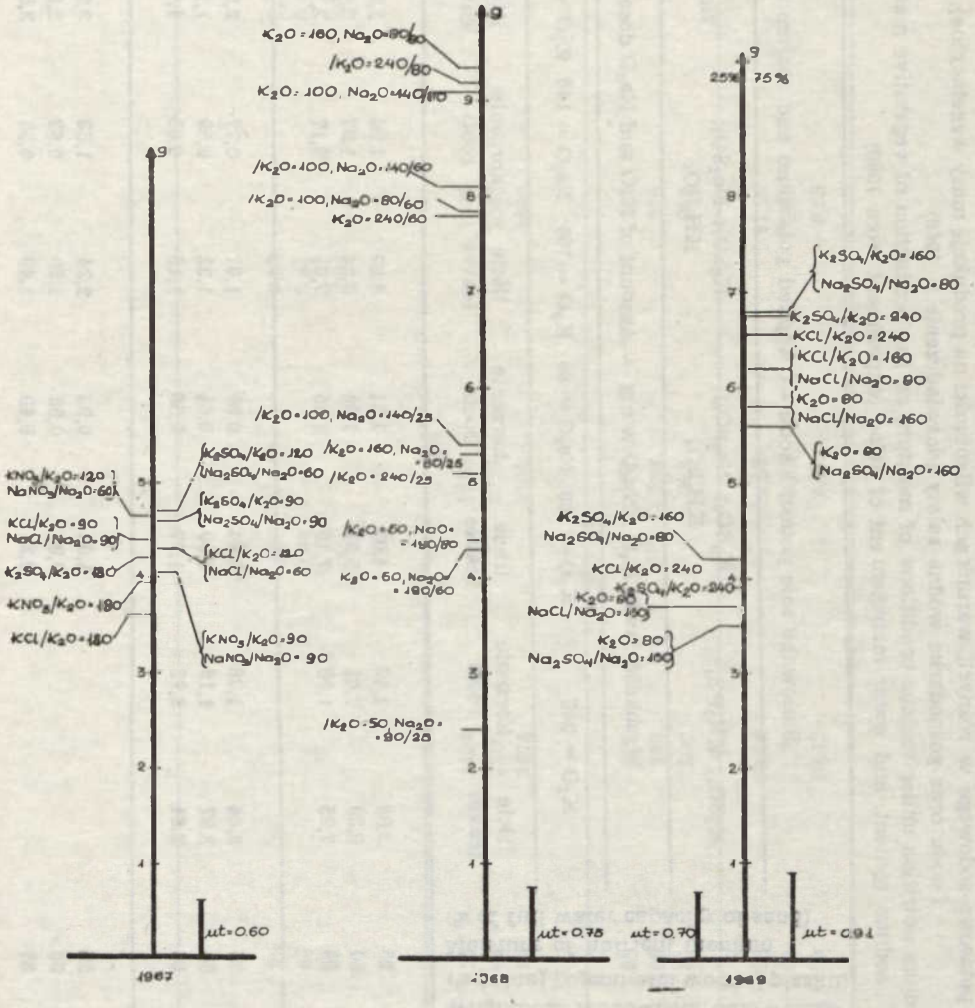
Salad fertilized with K_2SO_4 and Na_2SO_4 at abundant supply of plants with water; 19 — K_2O = 240 mg; 80 — K_2O = 160 mg, Na_2O = 80 mg; 106 — K_2O = 100 mg, Na_2O = 140 mg; 190 — K_2O = 50 mg, Na_2O = 190 mg



Ryc. 3. Sałata zasilana K_2SO_4 i Na_2SO_4 w warunkach niedoboru wody; 137 — K_2O = 240 mg; 211 — K_2O = 160 mg, Na_2O = 80 mg; 236 — K_2O = 100 mg; Na_2O = 140 mg; 252 — K_2O = 50 mg, Na_2O = 190 mg

Salad fertilized with K_2SO_4 and Na_2SO_4 at water deficit; 137 — K_2O = 240 mg; 211 — K_2O = 160 mg, Na_2O = 80 mg; 236 — K_2O = 100 mg, Na_2O = 140 mg; 252 — K_2O = 50 mg, Na_2O = 190 mg

na wartość współczynnika transpiracji i ciśnienia osmotycznego soku komórkowego. Stąd też rośliny przy obfitości sodu i niedoborze potasu w środowisku odżywczym charakteryzował wyższy współczynnik transpiracji i niższe ciśnienie osmotyczne soku komórkowego w liściach niż rośliny obficie żywione potasem.



Ryc. 4. Średni plon powietrznie suchej masy sałaty w zależności od formy i dawki potasu i sodu oraz wilgotności środowiska odżywczego; μt — najmniejsza udowodniona różnica przy P = 0,95

Mean yield of air-dry matter of salad in relation to the form and dose of potassium and sodium salt, and to the moisture of nutrient medium; μt — the smallest difference proved at P = 0.95

Tab. 3. Wpływ żywienia potasowo-sodowego w różnych warunkach wilgotności na produkcję masy wegetacyjnej, zawartość potasu i sodu oraz gospodarkę wodną sałaty (doświadczenie r. 1968)

Effect of potassium and sodium nutrition under various conditions of moisture on the production of vegetative mass, potassium and sodium content, and water management of salad (experiment from 1968)

Rodzaj oznaczenia Kind of determination	Wilgotność środowiska odżywczego (% pełnej pojemności wodnej piasku) Moisture of nutrient medium (% of full water capacity of sand)	Stosowane sole potasu i sodu — Applied potassium and sodium salts							
		K_2SO_4; KH_2PO_4		K_2SO_4; Na_2SO_4; KH_2PO_4		K_2SO_4; Na_2SO_4; KH_2PO_4		Na_2SO_4; KH_2PO_4	
		Wysokość dawki K_2O i Na_2O w mg — Amount of K_2O and Na_2O dose in mg							
		$K_2O = 240$		$K_2O = 160$; $Na_2O = 80$		$K_2O = 100$; $Na_2O = 140$		$K_2O = 50$; $Na_2O = 190$	
		liście leaves	korzenie roots	liście leaves	korzenie roots	liście leaves	korzenie roots	liście leaves	korzenie roots
Powietrznie sucha masa w g Air-dry matter in g	25	3,98	1,13	4,07	1,21	4,09	1,34	1,92	0,49
	60	6,38	1,41	5,91	1,91	6,24	1,97	3,69	0,65
	80	7,25	1,96	7,29	2,05	7,01	2,17	3,78	0,65
Procentowa zawartość w suchej masie Per cent content in dry matter — K_2O	25	3,84	1,38	2,84	0,89	1,97	0,77	2,08	0,87
	60	2,87	1,15	2,00	0,64	1,32	0,59	1,12	0,70
	80	2,61	0,92	1,77	0,56	1,15	0,65	1,13	0,71
Procentowa zawartość w suchej masie Per cent content in dry matter — Na_2O	25			1,04	0,98	2,24	1,53	3,29	2,40
	60			0,89	0,50	1,59	0,62	2,85	1,87
	80			0,81	0,49	1,49	0,58	2,50	1,64

Stosunek zgromadzonego w masie wegetacyjnej $K_2O : Na_2O$ Ratio of accumulated in vegetative mass K_2O : : Na_2O	25		2,35	0,80	0,59
	60		2,08	0,84	0,46
	80		2,03	0,82	0,46
Woda pobrana w czasie wegetacji w ml/roślinę Water uptaken during vegetation in ml/1 plant	25	1404	1358	1300	998
	60	2286	2258	2262	1876
	80	2676	2700	2606	1988
Współczynnik transpiracji Transpiration coefficient	25	275	257	240	405
	60	293	288	275	387
	80	290	289	284	449
Ciśnienie osmotyczne w atm. Osmotic pressure in atm	25	12,69	12,37	11,90	9,29
	60	11,58	9,88	9,58	8,85
	80	10,32	9,58	8,85	7,85

Doświadczenie drugie (r. 1968). Dodatni wpływ sodu na sałatę, zaobserwowany w pierwszym doświadczeniu, został potwierdzony również w następnych latach. W doświadczeniu prowadzonym w r. 1968 nie stwierdzono wyraźnych różnic pomiędzy roślinami zasilanymi wyłącznie solami potasu a tymi, w których potas był częściowo zastąpiony sodem. Wegetacja roślin przebiegała prawidłowo, nawet w seriach z wyższą dawką sodu niż potasu. Dopiero zastąpienie potasu sodem w 80% zakłóciło wegetację roślin i zahamowało ich wzrost. Zarówno przy niedoborze, jak i obfitym zaopatrzeniu w wodę, rośliny tworzyły rozetkę z drobnych i sztywnych liści, które w trakcie wegetacji prawie nie powiększały się (ryc. 2—3).

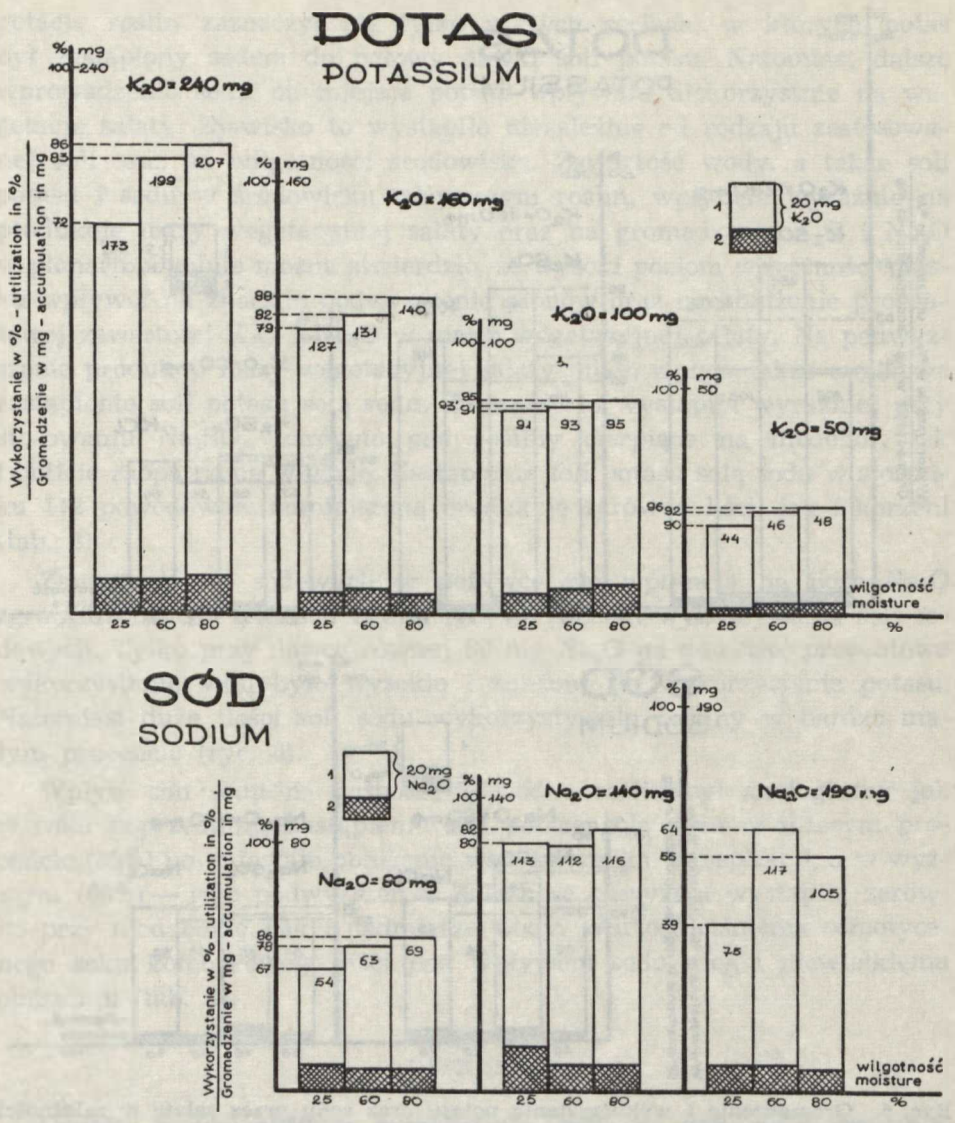
Poza roślinami wymienionej serii doświadczalnej na wzrost roślin wpływało zaopatrzenie ich w wodę. Najbujniejszy wzrost i najwyższy plon charakteryzował rośliny rosnące na maksymalnie uwilgotnionym piasku. Najwolniej natomiast rosła sałata w warunkach suszy. Liście miała drobne, skórzaste i silnie pomarszczone.

Sód, stosowany jako składnik częściowo zastępujący potas, wpływał wyraźnie korzystnie na produkcję masy wegetacyjnej sałaty. Dopiero przy wyraźnym niedostatku potasu i nadmiarze sodu produkcja masy wegetacyjnej sałaty była znacznie obniżona (ryc. 4, tab. 3).

W omawianym doświadczeniu stwierdzono ponadto, że zwiększona dawka, zarówno soli potasu, jak i sodu, wpływała na wzrost procentowy zawartości odpowiednio K_2O lub Na_2O w masie wegetacyjnej roślin. Natomiast wzrost wilgotności środowiska odżywczego działał odwrotnie. Pod wpływem zwiększonej zawartości wody w piasku udział procentowy tych składników malał tak w liściach, jak i w korzeniach (tab. 3). Wykorzystanie zaś przez rośliny potasu było w porównaniu z sodem w wyższym stopniu uzależnione od wilgotności środowiska. Ponadto można stwierdzić, że procent wykorzystania soli potasu był bardzo wysoki i zawsze wyższy niż sodu (ryc. 5).

Stosowany Na_2SO_4 wywarł także pewien wpływ na gospodarkę wodną sałaty. Częściowe (tzn. 30 i 60%) zastąpienie soli potasu solą sodu wpływało na niewielkie obniżenie współczynnika transpiracji w porównaniu z roślinami zasilanymi wyłącznie potasem. Natomiast znaczna przewaga sodu nad potasem spowodowała ogromne podwyższenie wartości współczynnika transpiracji. Wartość ciśnienia osmotycznego soku komórkowego liści sałaty nieznacznie zmniejszyła się pod wpływem żywienia solą sodową, niezależnie od wielkości dawki (tab. 3).

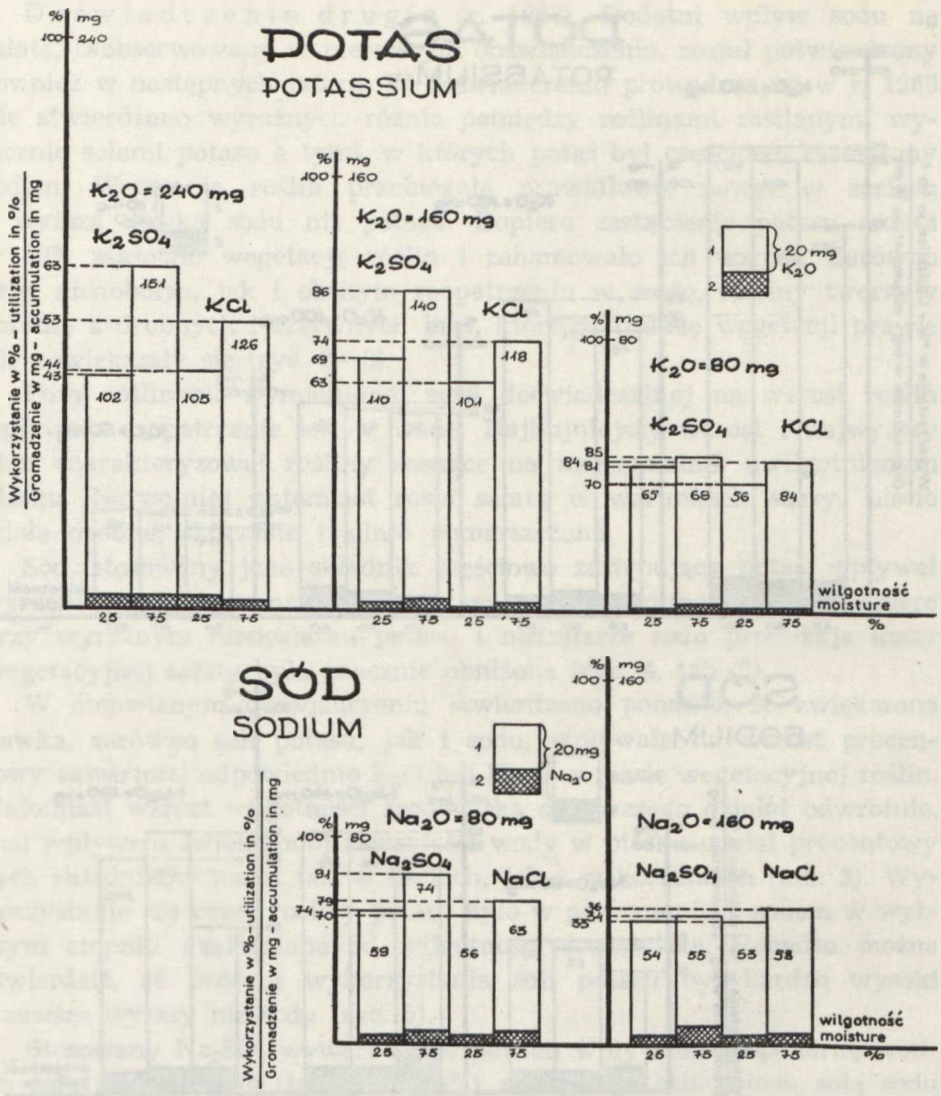
Doświadczenie trzecie (r. 1969). Podobnie jak w roku poprzednim, zawartość wody w środowisku odżywczym wpływała wyraźnie na przebieg wegetacji i plonowanie sałaty. Rośliny obficie zaopatrzone w wodę rosły szybko, rozwijając liście duże i wiotkie, o intensywnie



Ryc. 5. Gromadzenie i wykorzystanie potasu oraz sodu przez sałatę w zależności od dawki K_2SO_4 i Na_2SO_4 oraz wilgotności środowiska odżywczego; 1 — liście, 2 — korzenie

Accumulation and utilization of potassium and sodium by salad in relation to the dose of K_2SO_4 and Na_2SO_4 and to the moisture of nutrient medium; 1 — leaves, 2 — roots

zielonej barwie. Wzrost roślin wegetujących w warunkach suszy był zahamowany, a blaszki liściowe twarde i pomarszczone. W wegetacji roślin zaznaczył się także wpływ żywienia potasowo-sodowego. Reakcja



Ryc. 6. Gromadzenie i wykorzystanie potasu oraz sodu przez sałatę w zależności od dawki i formy stosowanej soli oraz wilgotności środowiska odżywczego; 1 — liście, 2 — korzenie

Accumulation and utilization of potassium and sodium by salad in relation to the dose and form of applied salt, and to the moisture of nutrient medium; 1 — leaves, 2 — roots

roślin na stosowane siarczany, zarówno potasu jak i sodu, była bardziej dodatnia niż na chlorki, zwłaszcza wtedy, gdy rośliny w niedostatecznym stopniu były zaopatrzone w wodę. Korzystny wpływ sodu na we-

getację roślin zaznaczył się tylko w tych seriach, w których potas był zastąpiony sodem do połowy dawki soli potasu. Natomiast dalsze wprowadzenie sodu na miejsce potasu wpływało niekorzystnie na wegetację sałaty. Zjawisko to wystąpiło niezależnie od rodzaju zastosowanej soli oraz od wilgotności środowiska. Zawartość wody, a także soli potasu i sodu w środowisku odżywczym roślin, wpłynęła wyraźnie na produkcję masy wegetacyjnej sałaty oraz na gromadzenie K_2O i Na_2O w plonach. Ogólnie można stwierdzić, że wysoki poziom wilgotności piasku wpływał na znaczne podwyższenie plonów oraz na obniżenie procentowej zawartości K_2O i Na_2O w masie wegetacyjnej sałaty. Na podwyższenie produkcji masy wegetacyjnej sałaty miało wpływ także częściowe zastąpienie soli potasu solą sodu. Zależność ta wystąpiła wyraźniej przy stosowaniu Na_2SO_4, zarówno pod rośliny cierpiące na niedobór, jak i obficie zaopatrzone w wodę. Zastąpienie soli potasu solą sodu w stosunku 1:2 powodowało zmniejszoną produkcję zarówno liści, jak i korzeni (tab. 4).

Zawartość soli sodowych w pożywce nie wpłynęła na ilość Na_2O zgromadzonego w plonach roślin, lecz na procent wykorzystania soli sodowych. Tylko przy dawce równej 80 mg Na_2O na doniczkę procentowe wykorzystanie sodu było wysokie i zbliżone do wykorzystania potasu. Natomiast duże ilości soli sodu wykorzystywały rośliny w bardzo małym procencie (ryc. 6).

Wpływ soli sodu na gospodarkę wodną roślin był analogiczny jak w roku poprzednim. Zastąpienie soli potasu solą sodu w niższym procencie (33%) powodowało obniżenie współczynnika transpiracji, a w wyższym (66%) — jego podwyższenie. Zależność powyższa wystąpiła zarówno przy niedoborze, jak i nadmiarze wody. Wartość ciśnienia osmotycznego soku komórkowego liści pod wpływem sodu uległa niewielkiemu obniżeniu (tab. 4).

DYSKUSJA

Dodatni wpływ obfitego zaopatrzenia roślin w wodę na plonowanie, a więc na wykorzystanie składników mineralnych (w omawianym doświadczeniu potasu i sodu) jest potwierdzeniem licznych wcześniejszych badań (1, 8, 12). Nie wykazano natomiast w dostępnym piśmiennictwie, aby wilgotność środowiska w większym stopniu wpływała na wykorzystanie potasu niż sodu, co zaobserwowano w omawianym doświadczeniu. Praca P i t m a n a (9), wskazująca na większe pobieranie sodu niż potasu w zależności od intensywności transpiracji, tylko w pewnym stopniu znalazła potwierdzenie w uzyskanych wynikach. Znacznie bowiem wyższy współczynnik transpiracji charakteryzował tylko te rośli-

Tab. 4. Wpływ żywienia potasowo-sodowego przy niedoborze lub obfi tość potasu i sodu oraz gospodarkę
Effect of potassium and sodium nutrition on the production of vegetative at deficient or abundant water supply

Rodzaj oznaczenia Kind of determination		Wilgotność środowiska odżywczego (% pełnej pojemności wodnej piasku) Moisture of nutrient medium (% of full water capacity of sand)	Stosowane sole potasu i sodu			
			K_2SO_4; KH_2PO_4		KCl; KH_2PO_4	
			Wysokość dawki K_2O i Na_2O w mg			
			K_2O = 240			
			liście leaves	korzenie roots	liście leaves	korzenie roots
Powietrznie sucha masa w g Air-dry matter in g		25	3,20	0,72	3,30	0,80
		75	5,75	1,20	5,50	1,04
Procentowa zawartość w suchej masie Per cent content in dry matter	K_2O	25	3,00	0,80	3,00	0,70
		75	2,60	0,50	2,20	0,50
	Na_2O	25				
		75				
Stosunek zgromadzonego w masie wegetacyjnej K_2O : Na_2O Ratio of accumulated in vegetative mass K_2O : : Na_2O		25				
		75				
Woda pobrana w czasie wegetacji w ml/roślinę Water uptaken during vegetation in ml/1 plant		25	1505		1472	
		75	2958		2734	
Współczynnik transpiracji Transpiration coefficient		25	384		359	
		75	427		418	
Ciśnienie osmotyczne w atm. Osmotic pressure in atm		25	11,14		11,30	
		75	9,08		9,24	

tym zaopatrzeniu roślin w wodę na produkcję masy wegetacyjnej, zawarwodną sałaty (doświadczenie r. 1969)
mass, potassium and sodium content, and water management of salad for plants (experiment from 1969)

Applied potassium and sodium salts							
K_2SO_4; Na_2SO_4; KH_2PO_4		KCl; NaCl; KH_2PO_4		Na_2SO_4; KH_2PO_4		NaCl; KH_2PO_4	
Amount of K_2O and Na_2O dose in mg							
$K_2O = 160$; $Na_2O = 80$				$K_2O = 80$; $Na_2O = 160$			
liście leaves	korzenie roots	liście leaves	korzenie roots	liście leaves	korzenie roots	liście leaves	korzenie roots
3,90	0,63	3,60	0,62	3,15	0,52	3,05	0,45
5,70	1,10	5,20	1,03	4,70	0,90	5,02	0,75
2,74	0,50	2,75	0,30	2,00	0,35	2,00	0,40
2,40	0,25	2,19	0,40	1,40	0,23	1,30	0,20
1,38	0,80	1,42	0,70	1,56	1,10	1,61	0,75
1,20	0,50	1,10	0,60	1,00	0,90	1,06	0,67
1,86		1,80		1,16		1,06	
1,88		1,87		1,24		1,44	
1472		1414		1472		1374	
2618		2480		2576		2798	
310		335		401		393	
385		398		460		485	
10,18		10,04		10,50		9,88	
8,44		8,60		8,44		8,68	

ny, które były zasilane zbyt dużą dawką soli sodu. W tym przypadku, mimo znacznego procentowego udziału sodu w masie wegetacyjnej roślin, wykorzystanie podanej soli sodu było niskie z powodu nieprawidłowej wegetacji. Natomiast zastąpienie potasu sodem w stosunku 1:1,4 oraz niższym wpływało raczej na obniżenie współczynnika transpiracji. Wówczas, mimo znacznego nagromadzenia Na_2O w masie wegetacyjnej roślin, wyparowywanie z nich wody było ograniczone. Podobne wyniki uzyskał T u l l i n w badaniach nad burakami cukrowymi (13).

Spośród stosowanych soli potasu i sodu najkorzystniej na sałatę wpływały siarczany. Prawdopodobnie było to związane ze specyficzną reakcją sałaty na aniony SO_4^{--} i Cl^-. We wcześniejszych bowiem badaniach, prowadzonych na szpinaku, stwierdzono znacznie lepsze działanie chlorku niż siarczanu potasu (10).

Dodatnia reakcja sałaty odmiany As-44 na obecność sodu w środowisku odżywczym, wyrażająca się między innymi we wzmożonej produkcji masy wegetacyjnej, wskazywałaby na to, że sałata nie jest rośliną sodofobną, jak to określili H a r m e r i B e e m (2).

Z przeprowadzonych badań wynika, że sód wprowadzony do środowiska odżywczego był pobierany oraz gromadzony w dość dużych ilościach w masie wegetacyjnej sałaty. Analizując zaś stosunek zgromadzonego przez rośliny K_2O:Na_2O, można stwierdzić, że wartości te zawarte są w małym przedziale (tab. 3, 4). Świadczy to o dodatniej reakcji sałaty na obecność jonów Na w podłożu (2). Należy przy tym podkreślić, że wegetacja roślin przebiegała prawidłowo nawet wtedy, gdy wartość stosunku K_2O do Na_2O spadała poniżej jedności, pod warunkiem, że zawartość potasu w środowisku odżywczym była wystarczająca (tab. 3, ryc. 2, 3). Można zatem stwierdzić, że sałata wykazywała większą tolerancję w stosunku do sodu niż inne rośliny (4, 5, 6).

Ponadto wyższe plony masy wegetacyjnej sałaty, zasilanej jednocześnie sodem i potasem, w porównaniu z roślinami korzystającymi wyłącznie z soli potasowych, wskazywałyby na specyficzne działanie sodu na rośliny. Świadczy to o fakcie, że działanie sodu nie ogranicza się wyłącznie do zastępowania potasu w niektórych funkcjach fizjologicznych, jak to między innymi sugerował L u n d e g a r d h (2, 3).

WNIOSKI

1. Produkcja masy wegetacyjnej sałaty była uzależniona od zawartości wody w środowisku odżywczym oraz od zastosowanej soli potasu i sodu. Plon wzrastał wraz z zawartością wody. Najodpowiedniejszymi solami dla badanej rośliny okazały się siarczany potasu i sodu.

2. Częściowe zastąpienie soli potasu solami sodu (w niższym stosunku niż 1:1,4) wpływało korzystnie na plonowanie sałaty oraz na kształtowanie się współczynnika transpiracji.

3. Zastąpienie soli potasu solami sodu w stosunku 1:2 i 1:4 wpływało niekorzystnie na wegetację sałaty, produkcję masy wegetacyjnej oraz kształtowanie współczynnika transpiracji.

4. Gromadzenie potasu przez rośliny sałaty w dużym stopniu zależało od dawki stosowanej soli oraz wilgotności środowiska, natomiast na gromadzenie sodu mniej wpływały wymienione czynniki. Również procent wykorzystania potasu był wyższy niż sodu.

5. Sód w środowisku odżywczym powodował niewielkie obniżenie wartości osmotycznej soku komórkowego liści sałaty.

PIŚMIENNICTWO

1. Borchmann W.: Über die Abhängigkeit des Mineralsoffgehaltes verschiedener Futterpflanzen von der Höhe der Wasserversorgung — Z. Landwirtsch. Versuchs. u. Untersuchungswes., **9** (3), 173—198 (1963).
2. Fizjologia mineralnego żywienia roślin. Praca zbiorowa pod red. A. Nowotny-Mieczyńskiej. PWRiL, Warszawa 1965.
3. Hutchenson T. B., Mc Caleb S. B., Woltz W. G. Potassium-sodium Interrelationships: 2. Potassium and Sodium Interactions in Mineral Systems. Soil Sci., **88**, 36—44 (1959).
4. Koter Z., Warchołowa M.: Rola sodu w żywieniu seradeli. Acta Agrob., **11**, 131—150 (1962).
5. Lancaster J. D., Andrews W. B., Jones U. S.: Influence of Sodium on Yield and Quality of Cotton Lint and Seed. Soil Sci., **76**, 29—40 (1953).
6. Larson W. E., Pierre W. H.: Interaction of Sodium and Potassium on Yield and Cation Composition of Selected Crops. Soil. Sci., **76** (1), 51—64 (1953).
7. Lehr J. J.: Exploratory Pot Experiments on Sensitiveness of Different Crops to Sodium. Plant a. Soil, **4**, 289—297 (1953).
8. Mederski H. J., Wilson J. H.: Relation of Soil Moisture to Ion Absorption by Corn Plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., **24**, 1960.
9. Pitman M. G.: Transpiration and the Selective Uptake of Potassium by Barley Seedlings (*Hordeum vulgare* cv. Bolivia). Aust. J. Biol. Sci., **18** (5), 987—998 (1965).
10. Schmalfuss K., Reinicke I.: Über die Wirkung gestaffelter K-Gaben als KCl und K_2SO_4 auf Ertrag und Gehalt an Wasserź N-Verbindungen, K, Cl und S-Fraktionen von Spinatpflanzen im Gefässversuch. Pflanzenernährung Düng. Bodenk., **91**, 21—29 (1960).
11. Shimshi D., Livne A.: The Estimation of the Osmotic Potential of Plant Sap by Refractomery and Conductimery. A Field Method. Ann. Botany, **31** (123), 1967.
12. Skazkin F. D.: Wlijanije izbytocznogo uwłażnienija poczwy na rastienija w razlicznyje pieriody ich razwitija. Fizioł. rast., **7**, 269—275 (1960).

13. Tullin V.: Response of the Sugar Beet to Common Salt. Physiol. Plantarum. **7**, 810—834 (1954).
14. Udobienko G. W., Iwanow N. P., Łożkina N. N.: Uswojenije kalija rastienijami iz rastwora w zawisimosti ot sostawa pitatielnoj smiesi. Fizioł. rast., **11**, 638—647 (1964).

РЕЗЮМЕ

В 1967—1969 гг. троекратно исследовали влияние солей натрия, примененных в качестве пополнения калия, на продукцию вегетационной массы и водный режим салата. В первом опыте (1967 г.) исследовали реакцию растений на нитраты, сульфаты, хлориды натрия и калия. В следующем опыте (1968 г.) исследовали калий и натрий в разных пропорциях в форме сульфатов, вводя при этом 3 варианта влажности среды: недостаток (25% общей емкости воды), оптимум (60% общей емкости воды) и избыток (80% общей емкости воды) воды. В третьем опыте (1969 г.) исследовали влияние сульфатов и хлорида натрия и калия на салат, применяемых в условиях суши (25% общей емкости воды), а также при обильном снабжении растений водой (75% общей емкости воды).

Из полученных результатов вытекают следующие выводы:

1. Продукция вегетационной массы салата зависела от содержания воды в питательной среде и от применяемых солей калия и натрия. Урожай увеличивался одновременно с увеличением содержания воды. Наиболее соответствующими солями для исследованного растения являются сульфаты калия и натрия.

2. Частичная замена соли калия солями натрия (при отношении меньше 1:1,4) благотворно влияла на урожайность салата, а также на коэффициент транспирации.

3. Замена соли калия солями натрия в отношении 1:2 и 1:4 отрицательно влияла на вегетацию салата, продукцию вегетационной массы и на коэффициент транспирации.

4. На накапливание растениями калия большое влияние имеют дозы применяемой соли и влажность среды. Накапливание натрия зависит от вышеуказанных факторов в меньшей степени. Одновременно процент использования калия выше, чем натрия.

5. Содержание натрия в питательной среде вызывает небольшое понижение осмотического давления клеточного сока листьев салата.

SUMMARY

In the years 1967—1969 there were carried out three experiments with the effect of sodium salts used as a complement to potassium on

the production of vegetative mass and water management of salad. The first experiment (the year 1967) comprised the examination of plant reaction to nitrates, sulfates and chlorides of sodium and potassium. In the second experiment (1968) potassium and sodium of various ratios were applied in the form of sulfates at three introduced variants of medium moisture: deficit (25% of full water capacity, f.w.c.), optimum (60% f.w.c.) and surplus (80% f.w.c.) of water. The third experiment (1969) concerned the effect of potassium and sodium sulfates and chlorides on salad at deficient (25% f.w.c.) or abundant supply of plants with water (75% f.w.c.).

On the basis of the results obtained the following conclusions were drawn:

1. The production of vegetative mass of salad depended on the content of water in the nutrient medium and the applied potassium and sodium salt. The yield was increasing with a greater content of water. Potassium and sodium sulfates were found to be the most suitable salts for the examined plant.

2. Partial substitution of sodium salts for potassium salts (at the ratio lower than 1:1,4) had a favourable influence on the yield of salad and the transpiration coefficient.

3. Substitution of sodium salts for potassium salts at the ratio of 1:2 and 1:4 unfavourably influenced the vegetation of salad, the production of vegetative mass and the transpiration coefficient.

4. The dose of applied salt and the moisture of medium had a great influence on potassium accumulation. Sodium accumulation was, to a smaller extent, dependent upon the above factors. Per cent utilization of potassium was also higher than that of sodium.

5. Sodium content in the nutrient medium brought a small decrease in the osmotic value of vacuole sap in the leaves of salad.

Pap. druk. sat. III kl. 80 g | Format B5 (70×100) | Stron druku: 19
Annales UMCS, Lublin 1971 | Drukarnia Uniwersytecka w Lublinie | Zam. nr 12 z dnia 18.I.1971
950+50 egz. A-7 | Maszynopis otrzymano 18.I.1971 | Druk ukończono 25.VIII.71