

BOGUSŁAW KAROŃ

DOŚWIADCZENIA WAZONOWE NAD WPŁYWEM WANADU NA PLON I SKŁAD CHEMICZNY NIEKTÓRYCH ROŚLIN

Instytut Chemii Rolniczej, Gleboznawstwa i Mikrobiologii Akademii Rolniczej
we Wrocławiu

WSTĘP

W miarę rozwoju metod badawczych coraz więcej pierwiastków, spotykanych w organizmach żywych w ilościach śladowych, zaliczanych zostaje do grupy składników koniecznych dla życia roślin, zwierząt i ludzi. Jednym z mikroelementów, który z tego względu budzi stosunkowo duże zainteresowanie badaczy, jest wanad.

Fizjologiczna rola i funkcje, jakie ten pierwiastek spełnia w organizmach roślin, nie zostały jeszcze w pełni wyjaśnione, a kwestia jego niezbędności, zwłaszcza dla roślin wyższych, pozostaje nadal dyskusyjna [3, 12, 22, 37, 40]. W wielu pracach wskazuje się jednak na możliwość udziału wanadu w procesie fotosyntezy oraz metabolizmie związków azotowych. Podkreśla się przy tym zdolność wanadu do częściowego lub całkowitego zastępowania molibdenu w procesie wiązania azotu atmosferycznego oraz redukcji $N-NO_3$ w roślinach [2, 4, 7, 20, 23, 24, 28].

Badania nad wpływem wanadu na rośliny uprawne zapoczątkowane zostały w roku 1886, kiedy to Witz i Osmond stwierdzili wyraźnie szkodliwe jego działanie na pszenicę rosnącą na sterylizowanym talku. Późniejsze prace wykonane przez Suzuki (1903), Free i Trelease (1917), Kriukowa (1931), Brenchley'a (1932) oraz Scharrera i Schroppa (1935) wykazały, że wanad stosowany w wysokich dawkach (zazwyczaj 20—100 ppm) obniża plony roślin lub nawet całkowicie hamuje ich wzrost, natomiast niskie jego dawki nie wpływają na wysokość plonów lub tylko nieznacznie stymulują ich wzrost (cyt. za [5, 19, 36]).

W doświadczeniach przeprowadzonych przez Bortelsa wniesienie wanadu do gleby powodowało zwiększenie ilości *Azotobacter chroococcum*, poprawiało wzrost koniczyny i grochu oraz zwiększało ilość asymilowanego azotu [7, 8].

Gericke i Rennenkampff, stosując wanad w formie $\text{Ca}(\text{VO}_3)_2$ lub tomasyny (zawierającej 0,48% V) stwierdzili, że wanadynian wapnia w dawce 5-krotnie przekraczającej ilości wanadu wnoszone w tomasynie działał korzystnie na plon koniczyny czerwonej. Dalsze zwiększenie dawki $\text{Ca}(\text{VO}_3)_2$ hamowało wzrost roślin, natomiast nawet sto-krotnie większa niż normalnie dawka wanadu wprowadzona w tomasy-nie nie wywoływała ujemnych skutków w plonach [13, 14].

O korzystnym wpływie nawożenia wanadem na wysokość oraz ja-kość plonów szeregu roślin motylkowych donoszą w swych pracach Pietierburgskij i wsp. [25, 29, 30, 31, 32, 33, 34]. W doświadczeniach po-łowych wanad wnoszono dolistnie (100—600 g V/ha) lub przez mocze-nie czy też opryskiwanie nasion przed siewem (50—100 g V/ha), w doś-wiadzeniach wazonowych zaś wprowadzano go doglebowo w ilościach od 0,5 do 1,0 mg V/kg gleby.

W przeprowadzanych doświadczeniach wazonowych i polowych jed-nocześnie ze wzrostem plonów suchej masy części nadziemnych i na-sion stwierdzano wzrost zawartości azotu i plonu białka, podwyższenie zawartości oraz pobrania fosforu i potasu, podwyższenie zawartości chlorofilu i karotenu [29, 31, 32, 33, 34] oraz obniżenie zawartości azo-tanów [31, 32]. W doświadczeniach tych odnotowano zbieżny wpływ na wysokość i jakość plonów wapnowania, nawożenia molibdenem i na-wożenia wanadem. Nawożenie molibdenem dawało na ogół nieco lepsze efekty niż stosowanie wanadu [25, 31, 33], jednakże w warunkach gleb silnie kwaśnych, zawierających duże ilości glinu ruchomego, bardziej skuteczne działanie wykazywało nawożenie wanadem [30, 32]. Naj-wyższe przyrosty plonów uzyskiwano w kombinacjach, w których jed-nocześnie stosowano wanad i molibden [30, 34].

Kamynina [16] stosując opryskiwania nasion grochu 1,25% roz-tworem NH_4VO_3 stwierdziła korzystny wpływ tego zabiegu na wyso-kość plonu zielonej masy i nasion oraz zwiększenie powierzchni liści, zawartości chlorofilu, witaminy C i karotenu. Zawartość N ogółem wzra-stała tylko w nieznacznym stopniu, natomiast dosyć znacznie zwiększa-ła się ilość azotu białkowego.

Opryskiwanie krzewów winorośli roztworem siarczanu wanadyłu po-wodowało zwiększenie zawartości chlorofilu i podwyższenie aktywności enzymów oksydacyjno-redukcyjnych, co w efekcie dało wzrost plonu jagód oraz poprawę ich wartości smakowych i technologicznych [11].

Kieworkow i Kudriaszow [18] zauważyli, że nawożenie lnu wanadynianem amonu spowodowało wzrost plonu słomy przy jednoczes-nej poprawie takich wskaźników technologicznych, jak długość włókna, jego giętkość oraz wytrzymałość. Najlepsze efekty uzyskano wprowadzając wanad doglebowo (1 kg/ha) lub przez moczenie nasion w 1,25% roztworze NH_4VO_3 .

Singhi i Wort [39] donoszą, że dolistne stosowanie VOSO_4 działało

niekorzystnie na wzrost liści buraka cukrowego, natomiast zwiększało wyraźnie intensywność fotosyntezy.

W doświadczeniach Bertranda [6] opryskiwanie buraków wanadynianem amonowym (400 g/ha) dało na glebie lekkiej przyrost plonu korzeni o 10%, natomiast Nowicki [26], prowadząc doświadczenia na czarnoziemie zdegradowanym, nie stwierdził istotnego wpływu dogłębego stosowania wanadu (4,4 kg/ha) na zdrowotność i plon korzeni buraka cukrowego.

W warunkach kultur piaskowych nawożenie kukurydzy w dawkach 0,05 i 0,25 mg V/kg podłoża poprawiało wzrost roślin, zwiększało plony ziarna, powierzchnię liści, zawartość chlorofilu, białka i fosforu. Wyższe dawki wanadu (1,25 i 6,25 mg/kg) obniżały plony oraz zawartość składników pokarmowych [38].

BADANIA WŁASNE

CEL PRACY I METODYKA

Przeprowadzone w latach 1970—1971 cztery doświadczenia wazonowe miały na celu określenie wpływu nawożenia zróżnicowanymi dawkami wanadu na wzrost i rozwój, wysokość plonów oraz skład chemiczny niektórych roślin uprawnych.

Wszystkie doświadczenia założono w wazonach polietylenowych Wagnera na piasku luźnym, silnie kwaśnym ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,4$), zawierającym 0,33% C organicznego. Zawartość przyswajalnych form P_2O_5 , K_2O i Mg wynosiła odpowiednio 4,4, 2,5 i 0,4 mg/100 g gleby, Mn — 3,5, B — 0,21, Cu — 0,85, Zn — 2,9, Mo — 0,05 ppm. Całkowita zawartość wanadu oznaczona spektrograficznie wynosiła 14 ppm.

Na tle nawożenia makro- i mikroskładnikami stosowano zróżnicowane dawki wanadu, wnoszone przedsięwzię w postaci roztworów wodnych metawanadynianu amonowego¹ lub metawanadynianu sodowego. W doświadczeniach, w których nawożenie molibdenem nie było jednym z badanych czynników, nie stosowano nawożenia tym składnikiem.

W trakcie wegetacji rośliny podlewano wodą odmineralizowaną początkowo do 50%, a w dalszych fazach rozwojowych do 60% maksymalnej nasiąkliwości gleby.

Zebrany materiał roślinny rozdrabniano w młynku nożowym typu Fuchs-Mühlén 125—H (Austria), oznaczając w nim następnie: azot metodą Kjeldahla, fosfor metodą wanadynianową, potas metodą płomieniową, N— NO_3 z 3,4-ksylenolem oraz molibden metodą rodankową [21]. Zawartość wanadu oznaczano metodą ekstrakcyjno-kolorymetryczną z 5,7—dwujodo-8—hydroksychinoliną przystosowaną przez autora do analizy materiału roślinnego [17].

¹ Azot wprowadzany w metawanadynianie amonowym uwzględniano przy sporządzaniu naważek soli azotowych.

OPIS I WYNIKI DOŚWIADCZEŃ WAZONOWYCH

Doświadczenie I. Obserwowano w nim reakcję różnych roślin na nawożenie wysokimi dawkami wanadu. Doświadczenie założono w wazonach o pojemności 6 kg gleby, w 4 powtórzeniach, stosując następujące nawożenie na wazon: N — 0,3 g dla roślin motylkowych i 0,6 g dla rzepaku i pszenicy, P_2O_5 — 0,8 g, K_2O — 1,2 g, MgO — 0,5 g oraz mikroelementy z wyłączeniem molibdenu. Wapnowano $CaCO_3$ w ilości odpowiadającej 0,5 kwasowości hydrolitycznej. Nawożenie wanadem, zastosowane w postaci roztworów NH_4VO_3 , wynosiło 0, 20, 50, 150, 250, 350, 450 i 600 mg V/wazon. Jako rośliny testowe wykorzystano bobik, łubin żółty, rzepak ozimy oraz pszenicę ozimą. Siew nasion 2.IX.1970 r., sprzęt 12—14X.1970 r.

Szkodliwe działanie wysokich dawek wanadu na rzepak dało się zauważyć już w okresie wschodów, u innych zaś roślin w 2—4 tygodniu wegetacji. Nadmierne jego stężenie w podłożu prowadziło do zahamowania wzrostu i rozwoju roślin, zmniejszenia powierzchni liści i ilości zielonej masy, opóźnienia i osłabienia krzewienia (pszenica) oraz tworzenia rozety (rzepak).

Wysokie dawki wanadu powodowały istotne obniżenie plonów części nadziemnych wszystkich badanych roślin (tab. 1). Szczególnie silnym spadkiem plonów zareagował rzepak oraz pszenica.

Doświadczenie II. W doświadczeniu badano wpływ różnych dawek wanadu, przy jednoczesnym zróżnicowaniu poziomu wapnowania i nawożenia molibdenem, na wysokość i skład chemiczny peluszk. Doświadczenie prowadzono w wazonach o pojemności 3 kg gleby, w 4 powtórzeniach. Zastosowano następujące nawożenie: 0,15 g N, 0,6 g P_2O_5 ,

T a b e l a 1

Wpływ nawożenia wysokimi dawkami wanadu na plony części nadziemnych roślin
/wartości średnie w g p.s.m. na wazon/
Effect of fertilization with high vanadium doses on yields of aboveground
parts of crops /mean values in g of air-dry matter per pot/

Nawożenie mg V/wazon Fertilization in mg of V per pot	Bobik Horse bean	Łubin żółty Yellow lupine	Rzepak ozimy Winter rape	Pszenica ozima Winter wheat
0	6,92	2,85	12,28	3,52
20	6,25	3,15	12,38	3,42
50	6,78	3,20	12,98	3,68
150	6,40	2,73	2,60	3,55
250	5,22	2,08	0,95	3,12
350	4,28	1,98	0,42	0,85
450	3,10	1,90	0,38	0,82
600	2,45	1,55	< 0,05	0,55
NRU - LSD	0,76	0,21	0,65	0,41

0,9 kg K_2O , 0,3 g MgO na wazon oraz mikroelementy. Wapnowano w ilościach odpowiadających 0,5 lub 1,5 kwasowości hydrolitycznej (odpowiednio 2 i 6 g $CaCO_3$). Wanad stosowano w postaci roztworów NH_4VO_3 w ilościach 0, 10, 25, 50, 75, 100 i 125 mg V/wazon, molibden zaś w formie roztworu $(NH_4)_6MoO_7 \cdot O_{24} \cdot 4H_2O$ w dawkach 0 lub 2,5 mg Mo/wazon. Siew nasion 16.V.1970 r., sprzęt 25—27.VII w fazie kwitnienia.

Niskie dawki wanadu (10 i 25 mg) nie wpłynęły na wzrost i rozwój peluszek. W piątym tygodniu wegetacji widoczne było jednak zahamowanie wzrostu roślin w kombinacjach z dawkami powyżej 50 mg V/wazon. Początek kwitnienia w tych obiektach był w stosunku do kontrolnych (bez wanadu) opóźniony o 2—3 dni.

Uwidocznioną statystycznie wyższą plonem, w stosunku do obiektu kontrolnego, stwierdzono jedynie w obiekcie nawożonym 10 mg V w serii bez nawożenia molibdenem i na niskiej dawce $CaCO_3$ (tab. 2). Średni (dla dawek wanadu) plon w kombinacjach nawożonych 10 i 25 mg V na wazon nie różnił się od plonu w obiektach kontrolnych, dalsze jednak zwiększanie poziomu nawożenia wanadem powodowało udowodnione obniżenie plonów.

Analiza statystyczna nie wykazała współzależności między dawkami wanadu i poziomem wapnowania. Nawożenie molibdenem powodowało obniżenie plonów przy dawkach wanadu 10, 25 i 50 mg V.

W tabeli 3 przedstawiono zawartość oraz pobranie niektórych skład-

Tabela 2

Wpływ zróżnicowanego nawożenia wanadem, molibdenem i wapnowania na plony części nadziemnych peluszek /wartości średnie w g p.s.m. na wazon/
Effect of differentiated vanadium and molybdenum fertilization and liming on yields of aboveground parts of maple pea /mean values in g of air-dry matter per pot/

Nawożenie Fertilization		mg V/wazon mg of V per pot							NRU LSD
$CaCO_3$ g	Mo mg	0	10	25	50	75	100	125	
2	0	13,90	15,32	14,52	13,95	11,95	9,08	8,08	1,09
	2,5	14,68	14,60	13,42	12,22	11,92	11,00	9,68	
6	0	16,15	16,15	15,42	13,95	12,38	11,72	9,02	
	2,5	14,25	14,88	14,28	13,62	11,90	8,48	7,85	
\bar{X} dla dawek V \bar{X} for V doses		14,74	15,24	14,41	13,44	12,04	10,07	8,66	0,55
\bar{X} dla dawek $CaCO_3$ \bar{X} for $CaCO_3$ rates	2 g	14,29	14,96	13,97	13,08	11,94	9,54	8,88	różnice nie- istotne insignifi- cant diffe- rences
	6 g	15,20	15,52	14,85	13,78	12,14	10,15	8,44	
\bar{X} dla dawek Mo \bar{X} for Mo doses	0 mg	15,02	15,74	14,97	13,95	12,16	10,40	8,55	0,77
	2,5 mg	14,46	14,74	13,85	12,92	11,91	9,74	8,76	

Zawartość oraz pobranie niektórych składników mineralnych przez peluszkę
Content und uptake some mineral elements by maple pea

Nawożenie Fertilization		Nawożenie V w mg/wazon - V fertilization in mg per pot							Nawożenie V w mg/wazon - V fertilization in mg per pot						
CaCO ₃ g	Mo mg	0	10	25	50	75	100	125	0	10	25	50	75	100	125
		% N							Pobranie N w mg/wazon - N uptake in mg per pot						
2	0	2,58	2,63	2,46	2,39	2,46	2,87	2,99	324	365	324	302	266	236	218
2	2,5	2,54	2,50	2,53	2,46	2,67	2,90	2,93	338	331	308	272	283	239	258
6	0	2,66	2,73	2,52	2,77	2,82	2,69	2,62	391	402	354	352	317	287	214
6	2,5	2,74	2,70	2,71	2,66	2,57	2,59	2,54	354	364	350	329	278	199	180
		% P ₂ O ₅							Pobranie P ₂ O ₅ w mg/wazon - P ₂ O ₅ uptake in mg per pot						
2	0	0,61	0,57	0,60	0,62	0,53	0,51	0,51	77	79	79	78	57	42	37
2	2,0	0,64	0,60	0,64	0,62	0,60	0,55	0,54	85	79	78	69	65	55	40
6	0	0,57	0,57	0,53	0,44	0,41	0,37	0,35	83	84	74	56	46	39	29
6	2,5	0,51	0,52	0,49	0,40	0,36	0,33	0,31	66	70	63	49	39	25	22
		% K ₂ O							Pobranie K ₂ O w mg/wazon - K ₂ O uptake in mg per pot						
2	0	2,94	2,80	2,88	2,94	3,10	3,23	2,96	409	429	419	410	370	293	239
2	2,5	3,02	3,04	3,28	2,96	3,04	3,20	3,20	443	444	440	361	362	352	310
6	0	2,78	3,00	2,94	2,98	2,94	2,72	2,60	450	484	454	415	364	319	234
6	2,5	2,88	3,04	2,82	2,92	2,56	2,28	2,20	410	452	403	398	304	193	173
		ppm V							Pobranie V w µg/wazon - V uptake in µg per pot						
2	0	0,86	0,05	1,11	2,26	4,29	6,93	7,79	10,8	11,8	14,6	28,5	46,5	57,0	56,9
2	2,5	0,78	1,21	1,54	2,73	4,28	7,05	7,42	10,4	16,0	18,8	30,2	46,2	70,5	65,4
6	0	0,55	0,81	1,13	2,55	4,07	5,90	5,29	8,1	11,9	16,6	32,4	45,8	53,3	43,3
6	2,5	0,45	0,54	1,17	2,50	3,43	4,66	4,91	5,8	7,3	15,1	30,9	37,1	35,7	34,9
		ppm Mo							Pobranie Mo w µg/wazon - Mo uptake in µg per pot						
2	0	0,49	0,58	0,64	0,64	0,77	0,93	1,02	6,2	8,0	8,4	8,1	8,3	7,6	7,5
2	2,5	59,6	41,9	42,6	40,2	40,5	23,2	30,8	793	555	519	445	437	291	271
6	0	1,53	1,60	1,65	1,65	1,73	1,87	1,94	22,5	23,6	23,2	21,0	20,0	19,9	15,9
6	2,5	72,1	73,8	76,4	75,4	73,6	66,0	55,2	993	996	987	933	796	506	392

ników mineralnych przez peluszkę. Zawartość azotu wahała się w granicach od 2,39 do 2,99%, nie wykazywała jednak ukierunkowania związanego z poziomem nawożenia wanadem. Pobranie azotu wykazywało wyraźny związek z wysokością plonów i w kombinacjach z najwyższą dawką wanadu obniżało się w stosunku do obiektów kontrolnych o 25—50%. Podobne zależności stwierdzono dla zawartości i pobierania potasu.

Procentowa zawartość fosforu obniżała się w miarę zwiększania poziomu nawożenia wanadem. Maksymalne obniżenie koncentracji fosforu w stosunku do obiektów kontrolnych wynosiło na tle niższej dawki CaCO_3 około 15%, a przy wysokiej dawce CaCO_3 około 40%. W wyniku równoległego spadku plonów pobranie fosforu obniżyło się przy najwyższych dawkach wanadu o 44—67%.

Zawartość wanadu w częściach nadziemnych peluszkii wzrastała systematycznie w miarę wzrostu dawek tego składnika i przy najwyższym poziomie była 9—11-krotnie wyższa niż w obiektach bez wanadu. Pobranie wanadu, mimo spadku plonów, rosło wyraźnie w miarę wzrostu nawożenia tym składnikiem i w kombinacjach 100 mg V na wazon (w których odnotowano najwyższe pobranie) było 5—7 razy wyższe niż w kombinacjach kontrolnych.

Nawożenie molibdenem, w stosunku do analogicznych kombinacji w serii bez molibdenu, powodowało wzrost pobrania wanadu w obrębie niższej dawki CaCO_3 oraz obniżenie jego pobrania na tle wysokiej dawki CaCO_3 . Podwyższenie dawki CaCO_3 dosyć wyraźnie obniżyło koncentrację i pobranie wanadu przez peluszkę.

W seriach bez nawożenia molibdenem zawartość tego składnika wzrastała wyraźnie w miarę podwyższania dawek wanadu, natomiast na tle nawożenia molibdenem wzrost dawek wanadu powodował stopniowe obniżanie koncentracji Mo dochodzące do 50%.

Pobranie molibdenu w serii 2 g CaCO_3 i bez nawożenia Mo było w kombinacjach nawożonych wanadem o 21—37% wyższe niż w obiektach bez wanadu. W pozostałych seriach pobranie molibdenu wykazywało wyraźne tendencje spadkowe w miarę wzrostu poziomu nawożenia wanadem.

Doświadczenie III. W doświadczeniu badano wpływ zróżnicowanego poziomu nawożenia wanadem na plonowanie i skład chemiczny koniczyny czerwonej, saradeli, owsa i gorczycy białej. Doświadczenie przeprowadzono w wazonach o pojemności 3 kg gleby w 4 powtórzeniach. Nawożenie podstawowe wynosiło (na wazon): N — 0,15 g pod rośliny motylkowe i 1,0 g pod gorczycę i owies, P_2O_5 — 0,7 g (1,0 g pod koniczynę), K_2O — 1,5 g (1,0 g pod seradelę), MgO — 0,3 oraz mikroelementy z wyłączeniem Mo. Wapnowano w ilościach odpowiadających 0,75 kwasowości hydrolitycznej pod seradelę i owies lub 1,0 kwasowości hydrolitycznej pod gorczycę i koniczynę.

Wanad stosowano przedsięwzięnie w formie NaVO_3 w ilościach 0,5, 15,

30 i 60 mg V na wazon. Dla wszystkich badanych roślin z wyjątkiem seradeli uwzględniono również kombinację, w której najwyższą dawkę wanadu wnoszono w trakcie wegetacji: pod koniczynę po pierwszym sprzęcie, pod gorczycę w okresie tworzenia pąków kwiatowych, pod owies w fazie kwitnienia (w tabelach kombinacja ta oznaczona jest jako 60^{*)}). Siew nasion 26.IV.1971. Pierwszy sprzęt koniczyny wykonano w pełni kwitnienia (12.VII), a drugi w początkach kwitnienia (2.IX), seradela sprzętano w pełni kwitnienia (5.VII), natomiast gorczycę i owies w fazie pełnej dojrzałości (odpowiednio 3 i 10.VIII).

Udowodnione statystycznie zwwyżki plonów (tab. 4) w stosunku do obiektów bez nawożenia wanadem stwierdzono: dla koniczyny czerwonej przy dawce 5 i 15 mg V, dla seradeli w kombinacji 30 mg V, dla ziarna owsa oraz nasion i słomy gorczycy w kombinacji 5 mg V. Tok-

T a b e l a 4

Srednie plony roślin przy różnym poziomie nawożenia wanadem
/w g p.s.m. na wazon/
Average yields of crops at different vanadium fertilization level
/in g of air-dry matter per pot/

Nawożenie mg V/wazon Fertilization in mg of V per pot	Koniczyna czerwona Red clover		Seradela Seradella	Owies - Oats		Gorczyca Mustard	
	sprzęt I Ist cut	sprzęt II IInd cut		ziarno grain	słoma straw	nasiona seed	słoma straw
0	24,60	15,28	17,20	29,50	30,10	10,75	36,62
5	26,26	16,76	18,32	31,70	30,00	12,00	40,38
15	26,72	17,96	18,06	28,90	27,80	11,00	38,38
30	24,26	14,88	18,44	27,50	27,60	11,00	37,40
60	15,56	12,08	12,83	25,40	24,50	7,80	24,40
60 [*]	/24,80/	6,44	-	26,60	26,00	8,50	26,80
NRU - LSD	1,39	1,36	1,18	1,45	1,25	1,16	2,20

syczną dla koniczyny, seradeli oraz słomy i nasion gorczycy okazała się dawka 60 mg V, istotne zaś obniżenie plonu ziarna owsa stwierdzono przy dawce 30 mg V, a słomy owsa już przy 15 mg V na wazon.

Najwyższa dawka wanadu zastosowana pogłównie wpłynęła na plony owsa i gorczycy, podobnie jak zastosowana przedsięwnie. W przypadku koniczyny czerwonej pogłowne nawożenie wanadem wyraźnie obniżyło plony w stosunku do obiektu, w którym tę samą ilość wanadu wniesiono przedsięwnie.

Poziom nawożenia wanadem (tab. 5) miał wyraźny wpływ zarówno na zawartość badanych składników mineralnych, jak również ich pobranie z plonami. Niskie dawki wanadu (5—30 mg V) na ogół nie wpływały na procentową zawartość azotu i potasu, natomiast najwyższa dawka zazwyczaj podnosiła koncentrację tych składników w częściach nad-

ziemnych. Wysokie dawki wanadu (30 i 60 mg) obniżyły zawartość P_2O_5 w koniczynie (I sprzęt), seradeli, ziarnie owsa i nasionach gorczycy.

Pokranie N, P_2O_5 i K_2O wykazało wyraźną współzależność z wysokością plonów suchej masy. Dawki wanadu, które wykazywały stymulujący wpływ na plony, zwiększały również pobranie tych składników,

Tabela 5

Wpływ różnych dawek wanadu na zawartość oraz pobranie niektórych składników mineralnych
Effect of different vanadium doses on the content and uptake of some mineral elements

Nawożenie mg V/wazon Fertilization in mg of V per pot	Zawartość w p.s.m. Content in abs.d.m.					Pobranie na wazon Uptake per pot				
	N %	P_2O_5 %	K_2O %	V ppm	Mo ppm	N mg	P_2O_5 mg	K_2O mg	V µg	Mo µg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Koniczyna czerwona - sprzęt I					Red clover, Ist cut				
0	2,23	0,69	3,14	0,30	0,41	507	157	714	6,8	9,3
5	2,17	0,67	3,19	0,36	0,43	529	163	778	8,8	10,5
15	2,21	0,67	3,22	0,48	0,49	546	166	796	11,9	12,1
30	2,14	0,65	3,30	0,60	0,52	480	146	741	13,5	11,7
60	2,24	0,62	3,58	3,02	0,60	323	90	517	43,6	8,7
	Koniczyna czerwona - sprzęt II					Red clover, IInd cut				
0	2,82	0,79	3,07	0,75	0,54	403	113	439	10,7	7,7
5	2,68	0,78	3,04	0,72	0,61	420	122	477	11,3	9,6
15	2,68	0,79	2,91	0,85	0,60	449	132	438	14,2	10,1
30	2,61	0,79	3,17	1,18	0,71	368	111	447	16,6	10,0
60	2,64	0,78	3,25	2,91	1,00	302	89	372	33,3	11,5
60 ⁿ	1,96	1,12	3,10	15,02	1,45	119	68	189	91,5	8,8
	Seradela					Seradella				
0	3,36	1,06	4,30	0,49	0,64	532	168	682	7,8	10,1
5	3,31	1,05	4,24	0,65	0,70	561	178	718	11,0	11,9
15	3,23	1,03	4,34	0,76	0,79	540	172	726	12,7	13,2
30	3,15	0,95	4,30	1,06	0,79	538	162	734	18,1	13,5
60	3,08	0,91	4,86	2,02	0,99	365	108	576	23,9	11,5
	Owies - ziarno					Oats, grain				
0	2,33	0,91	0,72	0,21	0,37	633	239	196	5,7	10,0
5	2,34	0,91	0,70	0,23	0,37	683	266	204	6,7	10,8
15	2,32	0,91	0,69	0,24	0,35	618	243	184	6,4	9,3
30	2,32	0,87	0,75	0,22	0,38	589	221	190	5,6	9,6
60	2,44	0,81	0,77	0,43	0,37	573	190	181	10,1	8,7
60 ⁿ	2,36	0,78	0,81	0,40	0,38	580	192	199	9,8	9,3
	Owies - słoma					Oats, straw				
0	0,66	0,13	2,83	0,64	0,15	185	36	793	17,9	4,2
5	0,59	0,11	2,84	0,97	0,16	164	31	791	27,0	4,5
15	0,66	0,12	2,95	1,29	0,15	171	31	764	33,4	3,9
30	0,71	0,12	2,98	2,54	0,13	182	31	766	65,2	3,3
60	0,77	0,13	3,28	7,17	0,17	176	30	749	163,7	3,9
60 ⁿ	0,71	0,11	2,81	8,69	0,17	172	27	681	210,6	4,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Gorzycza biała - nasiona					- White mustard, seed				
0	4,28	1,92	1,10	0,11	0,32	430	192	110	1,1	3,2
5	4,30	1,90	1,08	0,17	0,34	432	213	121	1,9	3,8
15	4,38	1,87	1,12	0,19	0,31	451	193	115	1,9	3,2
30	4,31	1,56	1,08	0,18	0,34	444	192	111	1,9	3,5
60	5,04	1,79	1,10	0,26	0,32	368	130	80	1,9	2,3
60"	4,69	1,61	1,06	0,21	0,35	374	128	84	1,7	2,8
	Gorzycza biała - słoma					- White mustard, straw				
0	0,74	0,20	2,30	0,61	0,71	247	67	769	20,4	23,7
5	0,74	0,19	2,18	0,96	0,66	272	70	800	35,2	24,2
15	0,71	0,19	2,16	2,18	0,78	249	67	757	76,4	27,4
30	0,79	0,20	2,37	2,54	0,74	270	68	809	86,7	25,3
60	0,94	0,20	3,03	15,87	1,06	210	44	675	359,7	23,6
60"	0,95	0,20	2,82	28,29	0,93	232	49	689	691,4	22,7

natomiast spadkowi plonów towarzyszyło obniżone pobranie, szczególnie wyraźne w przypadku fosforu.

U wszystkich badanych roślin (z wyjątkiem słomy owsa i nasion gorzycy) odnotowano systematyczny wzrost zawartości molibdenu w miarę zwiększania dawek wanadu. Pobranie Mo w obiektach nawożonych wanadem było na ogół wyższe niż w kombinacjach kontrolnych i tylko w nielicznych przypadkach spadek plonów przy najwyższych dawkach wanadu nie był równoważony przez wzrost koncentracji molibdenu w roślinach.

Zarówno zawartość, jak i pobranie wanadu wzrastały w miarę wzrostu dawek wanadu. Odnotowano jednak wyraźne zróżnicowanie poszczególnych roślin i ich organów pod względem zdolności do gromadzenia wanadu.

Doświadczenie IV. W doświadczeniu porównywano wpływ nawożenia wanadem i molibdenem na wysokość plonów i skład chemiczny pomidorów na tle zróżnicowanych dawek azotu. Doświadczenie założono w wazonach o pojemności 6 kg gleby, w 7 powtórzeniach. Nawożenie podstawowe wynosiło na wazon: 1,0 g P₂O₅, 1,2 g K₂O, 0,5 g MgO oraz mikroelementy. Nawożenie azotowe, zastosowane w całości przedsięwzięcie w formie NaNO₃, wynosiło 0,5, 1,0 lub 2,0 g N na wazon. Dawka CaCO₃ odpowiadała 0,5 kwasowości hydrolitycznej gleby. Molibden (jako molibden amonowy) i wanad (jako metawanadynian sodowy) wnoszone w postaci roztworów w ilości 3 mg Mo i V na wazon.

Rozsadę pomidorów hodowano na glebie użytej w doświadczeniach, nawożonej makro- i mikroskładnikami (bez Mo), a w fazie 4 liści wysadzono do wazonów (9.VI.1971 r.). Pierwszy sprzęt pomidorów (4 wa-

T a b e l a 6

Srednie plony /w g p.s.m. na wazon/, zawartość oraz pobranie składników pokarmowych przez pomidory
Average yields in g of air-dry matter per pot, content and uptake of nutrient elements by tomatoes

Nawożenie Fertilization	Sprzęt I - Ist harvest								Sprzęt II - IIInd harvest						
	Plon Yield	Zawartość - Content %				Pobranie mg/wazon Uptake in mg per pot			Plon Yield	Zawartość - Content %			Pobranie mg/wazon Uptake in mg per pot		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0,5 g N	17,47	3,36	0,65	5,05	2,28	525	102	789	48,33	1,15	0,43	2,28	504	188	995
0,5 g N+V	19,40	2,86	0,63	4,48	0,17	496	109	776	49,67	1,06	0,42	2,28	481	191	1035
0,5 g N+Mo	19,53	2,78	0,63	4,39	0,10	484	110	765	47,17	1,04	0,42	2,30	446	180	987
0,5 g N+V+Mo	18,37	2,81	0,65	4,40	0,10	459	106	719	47,50	1,07	0,47	2,43	456	200	1037
1,0 g N	18,53	4,04	0,69	4,52	0,64	672	115	752	53,17	1,54	0,41	2,12	734	196	1011
1,0 g N+V	20,03	4,00	0,67	4,41	0,63	716	120	789	57,33	1,54	0,40	2,07	801	208	1077
1,0 g N+Mo	21,60	3,78	0,58	4,07	0,40	725	111	781	56,33	1,51	0,42	2,06	778	216	1069
1,0 g N+V+Mo	18,50	4,24	0,67	4,67	0,64	699	110	770	56,17	1,49	0,39	2,06	765	200	1058
2,0 g N	18,93	4,06	0,58	4,60	0,66	685	98	776	46,67	2,74	0,42	2,18	1173	180	933
2,0 g N+V	20,23	3,93	0,63	4,47	0,49	708	114	805	50,17	2,72	0,43	2,16	1243	200	1035
2,0 g N+Mo	17,40	4,09	0,64	4,90	0,65	636	100	762	46,67	2,65	0,43	2,12	1147	186	918
2,0 g N+V+Mo	19,40	3,94	0,56	4,58	0,53	685	97	796	47,50	2,84	0,43	2,41	1252	190	1062
NUR - LSD	1,42								2,27						

zony) wykonano w okresie tworzenia pierwszych kwiatostanów (12.VII), drugi w okresie początków żółknięcia roślin w obiektach z najniższą dawką azotu.

Nawożenie pomidorów wanadem (tab. 6) powodowało udowodnione przyrosty plonów na tle wszystkich dawek azotu w pierwszym sprzęcie oraz na tle 1,0 i 2,0 g N w sprzęcie drugim. Zastosowanie molibdenu podnosiło plony pomidorów przy dawkach azotu 0,5 i 1,0 g (sprzęt I) i tylko przy średniej dawce azotu w drugim terminie sprzętu. Jednoczesne stosowanie wanadu i molibdenu nie wykazywało korzystnego wpływu na plony.

Pobranie azotu przez pomidory było zależne w głównej mierze od poziomu nawożenia tym składnikiem. Nawożenie molibdenem oraz wanadem nieco obniżyło pobranie azotu przy dawce 0,5 g N na wazon, natomiast przy wyższych dawkach nieznacznie je stymulowało. Widoczne tendencje wzrostu pobrania azotu, fosforu i potasu pod wpływem nawożenia wanadem i molibdenem związane były ze wzrostem plonów suchej masy w tych obiektach.

Wpływ nawożenia Mo i V na zawartość azotanów (I sprzęt) był różny na tle poszczególnych dawek azotu. Obniżenie zawartości $N-NO_3$ odnotowano na tle najniższej dawki azotu we wszystkich kombinacjach nawożonych Mo lub V, przy średniej dawce azotu w kombinacji nawożonej molibdenem, a przy dawce najwyższej w obiektach z V oraz V+Mo.

DYSKUSJA WYNIKÓW I WNIOSKI

W przedstawionych doświadczeniach wazonowych wanad stosowano w ilościach od 0,5 do 100 mg na 1 kg gleby w postaci roztworów metawanadynianu amonowego lub sodowego.

Obserwacje poczynione w trakcie wegetacji roślin, jak również analiza statystyczna plonów części nadziemnych wykazały, że efekt nawożenia wanadem był zależny od wysokości zastosowanej dawki. Zgodnie z wcześniejszymi spostrzeżeniami wanad w niewielkich ilościach na ogół stymulował przyrost suchej masy, natomiast wyższe dawki obniżały plony roślin (tab. 1, 2, 4, 6). Przeprowadzone doświadczenia nie pozwalają na jednoznaczne określenie wysokości dawki toksycznej, wydaje się jednak, że można przyjąć za Bertrandem [5] i Cannon [9] dawkę 20 mg V/1 kg gleby jako wartość graniczną, po przekroczeniu której obserwuje się już obniżanie plonów większości roślin uprawnych. Należy zaznaczyć, że reakcja na wysokie dawki wanadu była zależna od gatunku rośliny; szczególnie gwałtowne obniżenie plonów odnotowano u rzepaku ozimego i pszenicy ozimej.

Szkodliwe działanie wysokich dawek wanadu objawiało się zmniejszeniem wysokości roślin, grubości łodyg i wielkości blaszek liściowych

oraz zahamowaniem rozwoju roślin. Nie odnotowano jednak w żadnym doświadczeniu symptomów uszkodzeń ostrych.

W literaturze rolniczej spotyka się prace wskazujące, że czynnikiem przeciwdziałającym toksycznemu oddziaływaniu na rośliny wysokich koncentracji niektórych mikroelementów jest wapnowanie gleby [1, 10, 15]. Przeprowadzone w ramach niniejszej pracy doświadczenie z peluszką nie potwierdziło jednak tych obserwacji — plony nie wykazywały współzależności pomiędzy dawkami wanadu i poziomem wapnowania, choć, jak to wynika z tab. 3, zarówno koncentracja, jak i pobranie wanadu obniżały się przy zwiększeniu dawki CaCO_3 . Zgodnie z tym, co sugeruje Cannon [9], można przypuszczać, że obniżenie zawartości wanadu w częściach nadziemnych pod wpływem zwiększonego poziomu wapnowania jest wynikiem wzmożonego wytrącania się $\text{Ca}(\text{VO}_3)_2$ w korzeniach.

W przeprowadzonych doświadczeniach wazonowych nawożenie niewielkimi dawkami wanadu (0,5—10 mg V/kg gleby) powodowało udowodnione przyrosty plonów części nadziemnej większości badanych roślin. Wzrostowi plonów suchej masy towarzyszyło na ogół zwiększone pobranie N, P_2O_5 i K_2O , lecz w przeciwieństwie do obserwacji innych autorów [25, 31, 32, 33] nie stwierdzono przy tym wzrostu koncentracji wymienionych składników w plonach.

Godne podkreślenia wydają się dane analityczne dotyczące zawartości fosforu w roślinach. Stwierdzono bowiem wyraźną tendencję spadku koncentracji tego składnika w miarę wzrostu poziomu nawożenia wanadem. Obniżenie koncentracji P_2O_5 w stosunku do obiektów kontrolnych miało w wielu przypadkach miejsce nawet w tych kombinacjach, w których nie stwierdzono spadku plonów, dochodząc przy najwyższych dawkach wanadu do 40%. W literaturze brak podobnych obserwacji, a uzyskane w niniejszej pracy wyniki zdają się wskazywać, że sole wanadu obniżają przyswajalność fosforu lub też utrudniają jego pobranie przez rośliny. Zagadnienie to wymaga dalszych szczegółowych badań.

Nawożenie solami wanadu prowadziło we wszystkich przypadkach do podwyższenia jego zawartości w częściach nadziemnych i zwiększonego pobrania z plonami. U peluski przy dawce ok. 40 mg V/1 kg gleby stwierdzono ponad 10-krotny wzrost koncentracji i 6-krotny wzrost pobrania tego składnika (tab. 3). W innym doświadczeniu (tab. 5) stwierdzono wyraźne różnice w nagromadzeniu wanadu przez poszczególne gatunki roślin i ich organy. Stosując przedsięwzięcie 20 mg V/kg gleby odnotowano 2-krotny wzrost (w stosunku do kombinacji nie nawożonych wanadem) zawartości wanadu w ziarnie owsa i nasionach gorczycy, 4-krotny wzrost w seradeli i drugim spręćcie koniczyny, 10-krotny w pierwszym spręćcie koniczyny i słomie owsa i aż 26-krotny w słomie gorczycy. Te same ilości wanadu zastosowane pogłównie spowodowały dalsze zwiększenie jego koncentracji w koniczynie oraz słomie owsa i gorczycy.

W literaturze spotyka się często opinie, że wanad może zastępować molibden w przemianach związków azotowych w roślinach wyższych, zwłaszcza zaś w wiązaniu azotu przez rośliny motylkowe. Wskazuje się przy tym na duże podobieństwo chemiczne tych pierwiastków, ich zbliżony wpływ na intensywność niektórych procesów fizjologicznych oraz wysokość i skład chemiczny plonów [22, 27, 32, 34].

Przy niskiej zawartości przyswajalnych form Mo w glebie nawożenie wanadem powodowało wyraźne zwiększenie koncentracji i pobrania molibdenu z plonami, w pewnym stopniu proporcjonalne do zastosowanej dawki wanadu (tab. 3 i 5). Należy zatem przyjąć, że nawożenie wanadem może zwiększyć dostępność molibdenu, co zresztą sugerowano we wcześniejszych pracach (cyt. za [35]). Rozpatrując zatem mechanizm korzystnego wpływu niewielkich dawek wanadu na rośliny uprawne, nie można nie brać pod uwagę tego zjawiska.

Przeprowadzone doświadczenia nie pozwalają również wykluczyć ewentualnego wpływu wanadu na rośliny uprawne jako rezultatu intensyfikacji procesów mikrobiologicznych w glebie. Z drugiej strony, obniżanie się zawartości azotanów w pomidorach pod wpływem niewielkich (0,5 ppm) dawek wanadu wskazuje na możliwość bezpośredniego udziału pierwiastka w metabolizmie związków azotowych, jak to sugeruje wielu autorów [22, 23, 25, 28].

Analizując wzajemne powiązania pomiędzy wanadem i molibdenem warto zwrócić uwagę, iż wpływ nawożenia wanadem na koncentrację molibdenu był zależny od zaopatrzenia roślin w ten ostatni składnik. O ile bowiem przy niskiej zawartości przyswajalnych form Mo w glebie wzrost dawek wanadu powodował wyraźny wzrost koncentracji Mo w częściach nadziemnych, to przy dobrym zaopatrzeniu w molibden obserwowano zależność odwrotną, tj. spadek koncentracji molibdenu w miarę wzrostu poziomu nawożenia wanadem (tab. 3).

Przeprowadzone doświadczenia wazonowe oraz analiza chemiczna plonów pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków.

1. Niskie dawki wanadu, wprowadzone dogłębowo w postaci NH_4VO_3 lub NaVO_3 , powodowały wzrost plonów większości badanych roślin, natomiast dawka 20 mg V/kg gleby wykazywała już na ogół działanie toksyczne.

2. Koncentracja wanadu w częściach nadziemnych roślin wzrastała wraz z dawkami tego składnika, przy czym poszczególne gatunki i ich organy posiadały różną zdolność gromadzenia.

3. W miarę wzrostu dawek wanadu stwierdzano obniżanie się koncentracji fosforu i jego pobrania przez rośliny.

4. Przy niskiej zawartości przyswajalnych form Mo w glebie nawożenie wanadem powodowało wzrost koncentracji i pobrania molibdenu przez rośliny.

LITERATURA

- [1] Allaway W. H.: Agronomic control over the environmental cycling of the trace elements. *Adv. Agron.* 20, 1968, 235—274.
- [2] Arnon D. I.: The role of micronutrients in plant nutrition with special reference to photosynthesis and nitrogen assimilation. (W) Trace elements. Proc. of the Conference Held at the Ohio Agric. Exp. Station, Wooster — 1957. New York—London 1958, 1—32.
- [3] Arnon D. I., Wessel G.: Vanadium as an essential element for green plants. *Nature* 172, 1953, 1939—1940.
- [4] Becking J. H.: Species differences in molybdenum and vanadium requirements and combined nitrogen utilization by *Azotobacteriaceae*. *Plant and Soil* 16, 1962, 2, 171—201.
- [5] Bertrand D.: The biogeochemistry of vanadium. *Bull. Am. Mus. Nat. History* 94, art. 7, 1950, 407—455.
- [6] Bertrand D.: Le vanadium oligo-element dynamique pour les végétaux supérieurs. *C. R. Acad. Sci. Paris Ser. D*, 268, 1969, 520—522.
- [7] Bortels H.: Über die Wirkung von Molybdän- und Vanadiumdüngungen auf Azotobacterzahl und Stickstoffbindung in Erde. *Arch. Mikrob.* 8, 1937, 1—12.
- [8] Bortels H.: Über die Wirkung von Molybdän und Vanadium auf Leguminosae. *Arch. Mikrob.* 8, 1937, 13—26.
- [9] Cannon H. L.: The biogeochemistry of vanadium. *Soil Sci.* 96, 1963, 196—204.
- [10] Czarnowska K., Piotrowska M.: Mikroelementy w żywieniu roślin. Opracowania Problemowe CBR, Warszawa 1970.
- [11] Dobrolubskij O. K.: Wlijanije mikroelementa wanadija na winograd. *Fizjoł. rast.* 10, 1963, 3, 319—324.
- [12] Fizjologia mineralnego żywienia roślin. Praca zbiorowa p.r. A. Nowotny-Mieczyskiej. Warszawa 1965.
- [13] Gericke S.: Versuche über die Wirkung des Spurenelements Vanadin auf des Pflanzenwachstum. *Bod. u. Pfl.* 23 (68), 1941, 342—350.
- [14] Gericke S., Rennenkampff E.: Untersuchungen über die Wirkung des Vanadins auf das Pflanzenwachstum. *Bod. u. Pfl.* 18 (63), 1940, 305—315.
- [15] Hodgson J. F.: Chemistry of the micrinutrient elements in soils. *Adv. Agron.* 15, 1963, 119—159.
- [16] Kamynina Ł. M., Wlijanije mikroelementow na urożaj i kaczestwo gorocha na wyszczelocennom czernoziemie. *Agrochimija* 1965, 10, 123—127.
- [17] Karoń B.: Badania nad zawartością wanadu w roślinach. Praca doktorska, AR Wrocław, 1973.
- [18] Kieworkow A. P., Kurdiaszow W. S.: O roli wanadija w powyszenii urożaja i ułuczszennii kaczestwa produkcji lna. *Agrochimija* 1970, 11, 130—135.
- [19] Kriukow W. A.: Fizjologiczeskoje wlijanije tomasszłaka i jewo primiesiej wanadija i myszjaka na rastienije. *Udobr. i urożaj* 1931, 7, 627—635.
- [20] Kryłowa N. B.: Wlijanije molibdena i wanadija na azotifikaciju. *Dokł. Tim. Sielchoz. Ak.*, wyp. 84, 1963, 293—299.
- [21] Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. Cz. II. Badanie materiału roślinnego. Wyd. IUNG, Puławy 1972.
- [22] Nason A.: The metabolic role of vanadium and molybdenum in plants and animals. (W:) Trace elements. Proc. of the Conference Held at the Ohio Agric. Exp. Station, Wooster — 1957, New York—London 1958, 269—296.
- [23] Nicholas D. I. D.: Metals and enzyme activity. *Bioch. Soc. Symposium* No. 15, Cambridge 1958, 71—72.

- [24] Nikołow B. A.: Pogłoszczeniej nitratnowo azota i fosfora rastienijami pod wlijanijem molibdienu i wanadija. *Agrochimija* 1972, 11, 109—113.
- [25] Nikołow B. A., Pietierburgskij A. W.: Diejstwije mikroelementow na urożaj i kacestwo bobowych kultur. *Izw. Tim. Sielchoz.* 1967, 4, 141—149.
- [26] Nowicki A.: Badania nad wpływem niektórych mikroelementów na plon, zdrowotność, zawartość cukru w korzeniach buraka cukrowego w warunkach polowych. *Rocz. Nauk rol.* 85-A-4, 1961, 681.
- [27] Pejwe J. W.: Uczastije mikroelementow w biochimizeskich processach swiazannyh s biosintezom białkow w rastienijach. *Agrochimija* 1969, 2, 143—150.
- [28] Pejwe J. W. i wsp.: Diejstwije 1—oksi—1—oksomolibdatrana i 1—okso—wanadatrana na aktywnost' niekatoryh fiermientow-oksidorieduktaz swiazannyh s azotnom obmienon bobowych rastienij. *Dokł. AN SSSR* 1474, 1967, 4, 986—988.
- [29] Pietierburgskij A. V.: Der Einfluss von Vanadium auf Leguminosen. (W:) Mineralstoffversorgung von Pflanze und Tier. Vorträge eines internationalen Symposium, Berlin 1966, 221—229.
- [30] Pietierburgskij A. V.: Der Einfluss der Bodenazidität und der Spurenelemente Molybdän und Vanadium auf das Wachstum einiger Leguminosen. *T. Thaer-Archiv* 12, 1968, 69—78.
- [31] Pietierburgskij A. W.: Wlijanie, molibdienu i wanadija na urożaj i chimizeskij sostaw gorocha. *Agrochimija* 1964, 1, 81—92.
- [32] Pietierburgskij A. W.: Wlijanie izwiesti, molibdienu i wanadija na bobowyje kultury w usłowijach kisłych poczw. *Izw. Tim. Sielchoz. Ak.* 1964, 2, 49—64.
- [33] Pietierburgskij A. W., Nikołow B.: Wlijanie molibdienu i wanadija na urożaj i sodierzanije azota u ziarnobobowych kultur na niekatoryh poczwach Bołgarii. *Agrochimija* 1968, 11, 91—101.
- [34] Pietierburgskij A. W., Sabo B.: Wniesienije izwiesti i molibdienu pod bobowyje rastienija na kisłych poczwach. *Dokł. Tim. Sielchoz. Ak.*, wyp. 84, 1963, 226—232.
- [35] Pietierburgskij A. W., Sabo B.: Diejstwije izwiesti, molibdienu i wanadija na urożaj i chimizeskij sostaw gorocha. *Dokł. Tim. Sielchoz. Ak.*, wyp., 94, 1963, 73—82.
- [36] Scharrer K., Schropp W.: Über die Wirkung des Vanadiums auf Kulturpflanzen. *Z. f. Pfl. Düng. Bodenk.* 37, 1935, 196—202.
- [37] Schütte K.: *Biologie der Spurenelemente.* München—Basel—Wien 1965.
- [38] Singh B. B.: Effect of vanadium on the growth, yield and chemical composition of maize (*Zea mays L.*). *Plant and Soil* 34, 1971, 1, 209—213.
- [39] Singh B., Wort D. J.: Effect of vanadium on growth, chemical composition and metabolic processes of mature sugar beet (*Beta vulgaris L.*) plants. *Plant Physiol.* 44, 1969, 1321—1327.
- [40] Welch R. M., Huffman E. W. D. Jr.: Vanadium and plant nutrition. *Plant Physiol.* 52, 1973, 183—185.

B. КАРОНЬ

ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ ПО ВЛИЯНИЮ ВАНАДИЯ НА УРОЖАЙ
И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙИнститут агрохимии, почвоведения и микробиологии
Сельскохозяйственная академия во Вроцлаве

Резюме

Проведено вегетационные опыты, целью которых было определить влияние удобрения ванадием на высоту урожая и химический состав некоторых культурных растений. Почва для опытов отличалась низким содержанием илстой части почвы и усвояемых форм питательных элементов.

В опытах на фоне удобрения NPK и микроэлементов (за исключением Mo) вносились дифференцированные дозы ванадия в количествах от 0, по 100 мг V на кг почвы.

Наблюдения в период вегетации как и статистическая обработка данных показали, что эффект удобрения ванадием обнаруживал зависимость от величины вносимой дозы. Удобрение в количествах 0,5-10 мг V на кг почвы давало в общем статистически достоверные прибавки урожая, но высшие дозы понижали урожай большинства исследованных растений.

Росту урожая сухой массы под влиянием невысоких доз ванадия обычно сопутствовало повышенное усвоение основных питательных элементов, однако не установлено при том увеличения их концентрации в растениях. Обнаруживалась отчетливая тенденция к падению концентрации фосфора с повышением уровня удобрения ванадием.

Внесение ванадия приводило во всех случаях к повышению его содержания в надземной части растений и к повышенному его выносу с урожаем. Отмечены отчетливые различия в усвоении этого элемента отдельными видами растений как и их органами.

Влияние ванадия на концентрацию молибдена в растениях оказалось поставленным в зависимость от снабжения этим элементом. В случае низкого содержания усвояемых форм молибдена в почве его содержание в растениях увеличивалось с ростом уровня удобрения ванадием, но при высоком содержании усвояемого молибдена в почве возрастающие дозы ванадия способствовали постепенному понижению концентрации Mo в растениях.

B. KARON

POT EXPERIMENTS ON THE VANADIUM EFFECT ON YIELD
AND CHEMICAL COMPOSITION OF SOME CROPSDepartment of Agricultural Chemistry, Soil Science and Microbiology,
College of Agriculture in Wrocław

Summary

Pot experiments aiming at determination of the vanadium fertilization effect on yield and chemical composition of some crops were carried out. Soil used in the experiments characterized itself with a low content of clayey particles and available forms of nutrients.

In the experiments different vanadium doses were applied, varying from 0.5

to 100 mg of V per 1 kg of soil. Vanadium was applied against the fertilization with NPK and trace elements (except Mo).

Observations carried out in the course of growth as well as the statistical analysis of yields have proved that the vanadium effect depended on its application dose. The vanadium fertilization in the doses varying within 0.5—10.0 mg of V per 1 kg of soil gave, on the average, statistically proved yield increments, while higher vanadium doses led to a decrease of yields of most crops tested.

The dry matter yield increment under the effect of low vanadium doses was accompanied, as a rule, by higher uptake of nutrient elements, at which, however, no increase of their content in plants was noticed. A distinct tendency to a phosphorus concentration drop along with increasing vanadium fertilization was observed.

The vanadium fertilization led in all cases to an increase of this element in aboveground parts of plants and to its more intensive carrying off with yields. Distinct differences in the uptake of this element, both by particular crop kinds and also by their organs, were observed.

The vanadium effect on the molybdenum concentration in plants depended on the supply with the latter. In case of a low content of available molybdenum forms in soil, its content in plants increased along with an increase of the vanadium fertilization level, while at a high available molybdenum content increasing vanadium doses caused a gradual decrease of the Mo concentration in plants.

Dr Bogusław Karoń
Instytut Chemii Rolniczej,
Gleboznawstwa i Mikrobiologii AR
Wrocław, ul. Grunwaldzka 53