

TADEUSZ FILIPEK

KSZTAŁTOWANIE SIĘ RÓWNOWAGI JONOWEJ W ŻYCIU W ZALEŻNOŚCI OD WYSYCENIA GLEB KATIONAMI *

Katedra Chemii Rolnej Akademii Rolniczej w Lublinie

WSTĘP

Koncepcja optymalnego wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleb kationami, według której udział kationów powinien wynosić: 65% Ca^{2+} , 10% Mg^{2+} , 5% K^+ i 20% H^+ , sformułowana została już w latach czterdziestych tego wieku [10, 21]. Nie może ona być jednak odpowiednia dla wszystkich roślin i różnych gleb, bowiem bez znajomości całkowitej pojemności sorpcyjnej nie można mówić o optymalnych proporcjach kationów nawet dla określonych gatunków roślin [9, 12 - 14, 16].

Mattson [9] pobieranie jonów przez rośliny uzależnia od: aktywności roztworu glebowego, wartościowości kationów i anionów oraz pojemności sorpcyjnej gleby. Jego zdaniem, w jednakowych warunkach roślina tym więcej gromadzi kationów dwuwartościowych, im mniejsza jest pojemność sorpcyjna gleby, a różnice są tym większe, im bardziej rozcieńczony jest roztwór glebowy.

Blizsze poznanie wpływu wysycenia pojemności wymiennej gleb kationami Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ i Al^{3+} na odżywianie się roślin ma duże znaczenie praktyczne i teoretyczne [5, 6, 12, 14, 15, 21]. Pozwala bowiem śledzić wzajemne oddziaływanie oraz możliwość zastępowania jednych jonów drugimi, co odgrywa istotną rolę w warunkach stresowych. Szczególnego znaczenia nabiera poznanie zależności między wysyceniem kompleksu sorpcyjnego gleby kationami a równowagą jonową w roślinach.

Niezależnie od ilości, proporcji i rozmieszczenia jonów, w roślinach musi być zachowana równowaga jonowa, a więc liczba ładunków dodatnich — kationów powinna być równoważona odpowiednią ilością ładunków ujemnych — anionów. Teoretyczne podstawy równowagi jonowej w roślinach przedstawili Wit i in. [20]. Twierdzą oni, że utrzymanie od-

* Praca wykonana w ramach CPBP — 04.10.05.04.

powiedniej równowagi pomiędzy ogólną ilością kationów (C), anionów nieorganicznych (A) i organicznych (C-A) jest warunkiem dobrego wzrostu i rozwoju rośliny.

Uważa się [1, 7, 8, 11, 17-20], że suma jonów: $K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$ jest praktycznie równa całkowitej ilości kationów, zaś suma jonów NO_3^- , Cl^- , $H_2PO_4^-$ i SO_4^{2-} obejmuje całkowitą ilość anionów nieorganicznych w roślinie. Pozostałe jony nie decydują w znaczącym stopniu o równowadze kationowo-anionowej z uwagi na małe ilości (mikroelementy) czy właściwości chemiczne (krzem).

Takie ujęcie składu jonowego roślin jest zgodne z rzeczywistością w normalnych warunkach wzrostu i rozwoju roślin [2-4, 11, 19, 20]. Jednak na glebach silnie zakwaszonych czy zanieczyszczonych innymi pierwiastkami, np. metalami ciężkimi, koncentracja innych jonów w glebie i w konsekwencji w roślinie może być tak duża, że w istotny sposób wpływa na kształtowanie się równowagi jonowej.

Celem niniejszej pracy jest określenie wpływu zawartości zasadowych i kwaśnych kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym gleb na stan równowagi jonowej żyta w fazie kłoszenia.

MATERIAŁY I METODY

Próbki gleby z poziomów akumulacyjnych oraz żyta w fazie kłoszenia (10,5 według skali Feekesa) pobierano w latach 1986 i 1987 w pięciu obiektach badawczych w rejonie kopalni wzgł. Lubelsko-Chełmskiego Gwarectwa Węglowego: A — Turka, B — Rogoźno, C — Piaseczno, D — Bogdanka, E — Głębokie. W każdym obiekcie pobierano po 5 próbek gleb i roślin.

W glebie oznaczono: skład granulometryczny metodą areometryczną, pH_{KCl} , kwasowość hydrolityczną metodą Kappena, zawartość glinu ruchomego metodą Sokołowa, węgla organicznego — metodą Tiurina, azotu ogółem — metodą Kjeldahla oraz zawartość kationów wymiennych, traktując glebę roztworem 1 mol CH_3COONH_4 na 1 dm^3 o pH 7. W przesączu kationy Ca^{2+} , K^+ i Na^+ oznaczono metodą fotometrii płomieniowej, zaś Mg^{2+} kolorymetrycznie przy użyciu żółcieni tytanowej.

Skład jonowy żyta oznaczano w próbkach z każdego powtórzenia po mineralizacji materiału roślinnego w H_2SO_4 z dodatkiem H_2O_2 . Oznaczono: azot ogółem metodą Kjeldahla, fosfor — kolorymetrycznie metodą wanado-molibdenową, potas i wapń — metodą fotopłomieniową, magnez — kolorymetrycznie z żółcieniem tytanową i glin kolorymetrycznie z aluminonem. W ekstrakcie 2% kwasu octowego z dodatkiem węgla aktywnego oznaczono: sód — fotopłomieniowo oraz chlorki i siarczany nefelometrycznie przy użyciu $AgNO_3$ i $BaCl_2$. W wyciągu wodnym ze zmielonego materiału roślinnego, po strąceniu białka kwasem trójchlo-

roctowym, oznaczono kolorymetrycznie: $N-NH_4^+$ z odczynnikami Neslera oraz $N-NO_3^-$ z kwasem fenolodwusulfonowym. Ilość anionów organicznych (C-A) obliczono z różnicy sumy kationów (C) i anionów nieorganicznych (A) [11, 20]. Zawartość jonów w glebie i roślinach podano, zgodnie z układem SI, w milimolach w przeliczeniu na jony jednowartościowe (mmol.n*/100 g s.m. = meq/100 g s.m.).

WYNIKI BADAŃ

Gleby z obiektów Turka i Piaseczno zawierały podobny udział poszczególnych frakcji. Były to piaski słabo gliniaste lub piaski gliniaste lekkie. Gleby z Bogdanki i Głębokiego to pyły zwykle z wyraźną przewagą frakcji pyłu drobnego. Największe zróżnicowanie w składzie granulometrycznym gleb stwierdzono w obiekcie Rogoźno. Wystąpiły tu, począwszy od najlżejszych: piaski gliniaste mocne i pylaste oraz pyły zwykle i ilaste (tab. 1).

We wszystkich obiektach stwierdzono zakwaszenie gleb (tab. 2), z tym że zdecydowany niepokój może wzbudzić odczyn gleb w Piasecznie i Głębokim. Wystąpiło tu już tak silne zakwaszenie, że pojawiły się, i to w znacznych ilościach, wolne jony glinu, które w takich stężeniach powodują zaburzenia we wzroście i rozwoju roślin. Glin w ilościach uznawanych za toksyczne (powyżej 2 mg Al na 100 g gleby) pojawił się tam, gdzie odczyn spadł poniżej pH 5 i jednocześnie wystąpiła niska zawartość węgla organicznego. Podkreślić również należy stosunkowo wy-

Tabela 1

Skład granulometryczny gleb — Texture of soils

Obiekty Treatments	Procentowy udział frakcji o średnicy w mm — Per cent of fractions of mm in dia					
	1-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	< 0,002
Turka	$\frac{65-72}{69}$	$\frac{8-18}{11}$	$\frac{1-14}{9}$	$\frac{5-7}{7}$	$\frac{1-2}{1}$	$\frac{3-4}{3}$
Rogoźno	$\frac{7-57}{31}$	$\frac{8-13}{11}$	$\frac{15-36}{26}$	$\frac{11-28}{19}$	$\frac{3-8}{6}$	$\frac{5-10}{7}$
Piaseczno	$\frac{68-84}{76}$	$\frac{4-9}{6}$	$\frac{4-13}{9}$	$\frac{2-6}{4}$	$\frac{1-3}{2}$	$\frac{3-4}{3}$
Bogdanka	$\frac{18-25}{22}$	$\frac{13-16}{16}$	$\frac{32-38}{37}$	$\frac{14-17}{16}$	$\frac{5-7}{6}$	$\frac{6-10}{8}$
Głębokie	$\frac{23-28}{26}$	$\frac{13-15}{14}$	$\frac{32-34}{32}$	$\frac{14-20}{16}$	$\frac{4-5}{4}$	$\frac{6-7}{7}$

* — n = wartościowość jonu — liczba ładunków.

Tabela 2

Niektóre właściwości chemiczne gleb
Some chemical properties of soil

Obiekty Treatments	pH _{KCl}	Kwasowość hydrolytyczna Hydrolytic acidity (mmol H ⁺ /100 g)	Glin ruchomy Mobile aluminum (mg/100 g)	C organiczny Organic C %	N ogółem Total N
Turka	5,6	2,00	0,63	0,65	0,19
Rogoźno	5,0	4,36	1,98	1,18	0,10
Piaseczno	4,5	3,54	4,95	0,69	0,07
Bogdanka	4,9	4,08	1,71	1,03	0,11
Głębokie	4,5	4,98	6,62	1,02	0,11
NIR-LSD (p = 0,05)	0,9	1,43	3,42	0,23	n.i.
n.i. — nieistotny — not significant					

Tabela 3

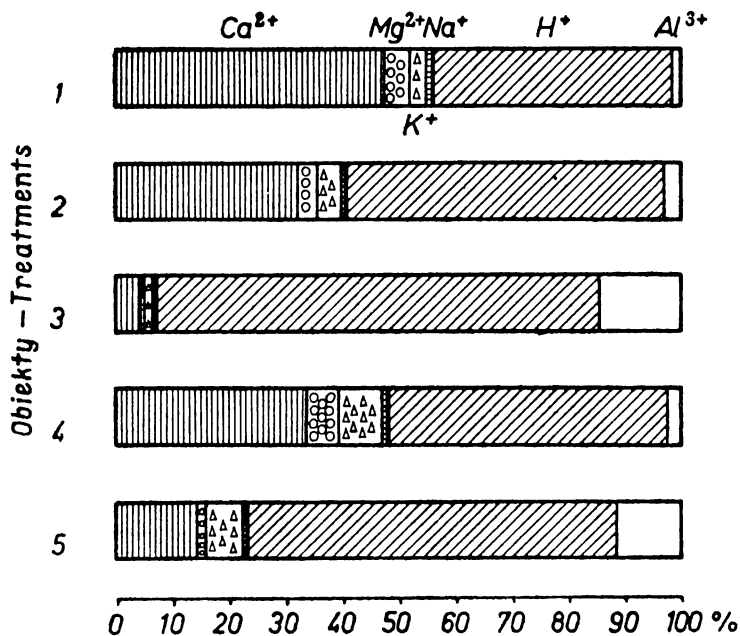
Zawartość kationów wymiennych w glebach (mmol·n/100 g)
The content of exchangeable cations in soils (mmol·n/100 g)

Obiekty Treatments	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Suma zasad wymyennych Sum of exchan- geable bases	Kationowa pojemność sorpcyjna Cation exchangeable capacity
Turka	2,16	0,20	0,13	0,05	2,54	4,54
Rogoźno	2,35	0,28	0,29	0,06	2,98	7,34
Piaseczno	0,17	0,03	0,06	0,02	0,28	3,82
Bogdanka	2,65	0,45	0,61	0,07	3,78	7,86
Głębokie	0,92	0,11	0,43	0,04	1,51	6,49
NIR-LSD (p = 0,05)	1,33	0,23	0,28	0,02	1,55	1,50

sokie wartości kwasowości hydrolytycznej w glebach, z wyjątkiem obiektu Turka.

Gleby z badanych obiektów rejonu Lubelskiego Zagłębia Węglowego wykazują stosunkowo niską ogólną zawartość azotu. Z uwagi na duży rozrzut wyników nie stwierdzono, co prawda, istotnego zróżnicowania, ale gleby z Turka zawierały dwukrotnie więcej azotu od pozostałych.

Znaczne zróżnicowanie zawartości kationów wymiennych oraz całkowitej pojemności sorpcyjnej w poszczególnych obiektach wskazuje na różnorodność właściwości chemicznych gleb oraz warunków odżywiania mineralnego roślin (tab. 3). Warunki te określają nie tylko wzrost i rozwój roślin, ale także mogą wpływać na zawartość i pobranie innych skład-



Rys. 1. Udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym gleb; obiekty: 1 — Turka, 2 — Rogoźno, 3 — Piaseczno, 4 — Bogdanka, 5 — Głębokie
 Fig. 1. The share of exchangeable cations in the sorption complex of soils; treatment: 1 — Turka, 2 — Rogoźno, 3 — Piaseczno, 4 — Bogdanka, 5 — Głębokie

ników pokarmowych niezbędnych dla roślin. Na rysunku 1 przedstawiono graficznie procentowy udział kationów zasadowych i kwaśnych w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb. Na szczególną uwagę zasługuje obiekt 3 — Piaseczno, w którym kationy zasadowe stanowią poniżej 10% pojemności sorpcyjnej. Tak niska zawartość kationów zasadowych i wysoka kwaśnych (H^+ i Al^{3+}) ograniczała wzrost i rozwój roślin; stwierdzono także objawy niedoboru magnezu.

Sumaryczna zawartość kationów w nadziemnej masie wegetatywnej żyta była istotnie zróżnicowana w poszczególnych obiektach (tab. 4). Żyto uprawiane na glebie o większej pojemności sorpcyjnej charakteryzowało się również wyższą zawartością kationów. Kationem dominującym w tkankach żyta był potas, stanowił on ponad 50% wartości sumy kationów. Dalsze pozycje pod względem udziału w sumie kationów zajmowały kolejno: wapń, magnez, kation amonowy, glin i sól. Mimo znacznego zróżnicowania w zawartości glinu ruchomego w glebach, jego koncentracja w nadziemnych częściach żyta była dość trwała. Związane to było prawdopodobnie z tzw. wewnątrztkankowym wytrącaniem glinu w korzeniach w postaci fosforanów. W ten sposób rośliny broniły się przed jego toksycznością, a zawartość w częściach nadziemnych nie zależała od ilości ruchomej formy pierwiastka w glebie.

Tabela 4

Stan równowagi jonowej w życie
State of the ionic balance in rye

Obiekty Treatments	Kationy – Cations (mmol·n/100)							Aniony – Anions (mmol·n/100)					
	NH_4^+	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	C	H_2PO_4^-	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	A	C–A
Turka	4,70	45,44	0,66	9,66	7,70	1,57	69,72	8,29	1,10	4,94	6,65	20,97	48,75
Rogoźno	5,51	55,71	0,63	8,87	7,80	1,65	80,17	9,28	1,12	9,80	8,14	28,34	51,84
Piaszczno	4,91	43,99	0,60	8,04	7,30	1,61	66,44	7,53	0,90	4,31	5,39	18,13	48,31
Bogdanka	6,97	65,19	0,97	12,57	8,49	1,74	95,93	10,15	0,63	15,77	5,70	32,25	63,68
Głębokie	5,01	62,44	0,68	8,00	6,78	1,54	84,44	9,40	0,36	12,02	5,81	27,60	56,85
NIR–LSD ($p = 0,05$)	1,39	11,42	0,28	2,93	n.i.	n.in.	13,75	1,87	0,57	8,24	n.i.	7,76	8,10

C – sumy kationów – sums of cations
A – sumy anionów nieorganicznych – sums of non-organic anions
C–A – ilość anionów organicznych – amounts of organic anions
n.i. – nieistotne – not significant

Zawartość anionów nieorganicznych w nadziemnej masie wegetatywnej żyta wahała się od 18 do 32 mmol·n/100 g. Podobnie jak w przypadku sumy kationów najniższą wartość sumy anionów nieorganicznych stwierdzono w życie z obiektu Piaseczno, zaś najwyższą z obiektu Bogdanka. Dominujący udział w sumie anionów nieorganicznych w życie miały aniony fosforanowy i chlorkowy, nieco mniejszy siarczanowy, najmniejszy zaś azotanowy.

Decydującą rolę w utrzymaniu równowagi kationowo-anionowej odegrały aniony organiczne (C-A). Zróżnicowanie ich zawartości w życie z poszczególnych obiektów wykazywało podobne tendencje jak w przypadku sumy kationów i anionów nieorganicznych.

Wyższa zawartość potasu wymiennego w glebach sprzyjała kumulacji tego składnika oraz jonów Ca^{2+} , H_2PO_4^- i Cl^- w życie (tab. 5). Zawartość pozostałych kationów i anionów w życie nie była skorelowana z wysyceniem gleby kationem potasu. Wysoki współczynnik korelacji pomiędzy zawartością potasu wymiennego w glebie a jego kumulacją w roślinie wskazuje na przydatność stosowanej metody do oceny stanu zasobności gleb i możliwości zaopatrzenia roślin w ten składnik.

Oddziaływanie sodu wymiennego na kumulację kationów i anionów w życie było podobne do wpływu potasu. Nie stwierdzono jednak żadnej

Tabela 5

Zależność między zawartością kationów wymiennych w glebach i koncentracją niektórych jonów w życie
Relationships between the content of exchangeable cations in soils and concentration of some ions in rye

Kationy w glebach Cations in soils	Kationy w roślinie — Cations in plant				Aniony w roślinie — Anions in plant			
	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	C	H_2PO_4^-	Cl^-	A	C-A
K^+ r_{xy}	0,68	0,43	n.i.	0,68	0,60	0,60	0,60	0,69
b_{yx}	28,77	3,93	n.s.	35,47	3,19	14,47	15,65	19,81
Na^+ r_{xy}	0,59	0,57	n.i.	0,66	0,61	0,59	0,66	0,58
b_{yx}	333,1	69,08	n.s.	452,9	42,78	188,1	232,0	220,0
Ca^{2+} r_{xy}	n.i.	0,49	n.i.	0,44	0,45	n.i.	0,47	n.i.
b_{yx}	n.s.	0,94	n.s.	4,81	0,50	n.s.	2,61	n.s.
Mg^{2+} r_{xy}	0,48	0,50	0,42	0,57	0,55	n.i.	0,52	0,56
b_{yx}	26,82	6,03	2,28	39,46	3,86	n.s.	18,23	21,23
H^+ r_{xy}	0,50	n.i.	n.i.	0,44	n.i.	-0,53	0,43	0,40
b_{yx}	4,15	n.s.	n.s.	4,49	n.s.	-0,17	2,23	2,26

n.i. — n.s. — nieistotny — non significant

C — suma kationów — sum of cations

A — suma anionów nieorganicznych — sum of non-organic anions

C-A — ilość anionów organicznych — amounts of organic anions

zależności pomiędzy ilością sodu wymiennego w glebie a zawartością tego składnika w życie.

Zawartość wymiennego wapnia była dodatnio skorelowana tylko z ilością tego składnika i anionu fosforowego w życie.

Magnez wymienny w glebie sprzyjał gromadzeniu się jonów Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ i $H_2PO_4^-$ w roślinie.

Wyższe stężenie jonów wodorowych w glebie sprzyjało tylko kumulacji jonu potasowego. Zawartość pozostałych kationów w życie nie była skorelowana z zakwaszeniem gleby. Żyto uprawiane na glebach wykazujących wyższe wartości kwasowości hydrolytycznej gromadziło mniej chlorków.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania, w których starano się uchwycić zależność pomiędzy zawartością kationów wymiennych w glebach a kumulacją jonów oraz stanem równowagi jonowej w życie, wykazały, że rośliny uprawiane na glebach o wyższej pojemności sorpcyjnej zawierały wyraźnie więcej składników pokarmowych niż na glebach lekkich o niskiej zawartości kationów. Stwierdzony dodatni wpływ potasu i sodu wymiennego w glebie na zawartość wapnia w życie oraz wpływ magnezu wymiennego na kumulację jonów K^+ i Ca^{2+} w roślinie nie wynikał z pewnością z synergicznego oddziaływania tych jonów na siebie, lecz z relatywnie zwiększonej zawartości badanego kationu i jonów towarzyszących w glebie. W glebach o większej pojemności sorpcyjnej występowała bowiem większa zawartość wszystkich kationów wymiennych i to właśnie powodowało istnienie dodatnich zależności pomiędzy ilością tych kationów w glebie i w roślinie.

Badania upoważniają do wyciągnięcia następujących wniosków:

1. Wyższa pojemność sorpcyjna gleb i związana z tym zwiększona zawartość kationów wymiennych oraz zasobność w inne składniki pokarmowe sprzyjały kumulacji jonów w życie.

2. Największy udział w sumie kationów w życie w fazie kłoszenia miał jon K^+ , stanowił on ponad 50% sumy kationów. Dalsze pozycje zajmowały kolejno: Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Al^{3+} i Na^+ .

3. Główną rolę w równoważeniu dodatnich ładunków kationów odegrały aniony organiczne (C-A). Aniony nieorganiczne, których udział w ich sumie można uszeregować: $H_2PO_4^- > Cl^- > SO_4^{2-} > NO_3^-$, równoważyły tylko niespełna 30% dodatnich ładunków kationów.

4. Nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy występowaniem glinu ruchomego w glebie a jego koncentracją w życie.

5. Wysoki współczynnik korelacji pomiędzy ilością potasu wymien-

nego w glebie a kumulacją jonu K^+ w życie wskazuje na przydatność roztworu CH_3COONH_4 o pH 7 do oznaczania zasobności gleb w dostępną dla roślin formę tego składnika.

LITERATURA

- [1] Borowski E. Współdziałanie form soli azotu i potasu w kształtowaniu równowagi jonowej u wybranych roślin pastewnych (*Brassica oleracea* var. *acephala* i *Zea mays* L. ssp. *indurata*). Rozpr. habil. Ser. Rozpr. Nauk. Akademia Rolnicza, Lublin 1986.
- [2] Brogowski Z., Kusińska A. Stan równowagi jonowej w różnych gatunkach roślin łąkowych. Roczn. Nauk Rol. 1976 ser. A, 101, 4 s. 21 - 33.
- [3] Brogowski Z., Traczyk T. The effect of mineral fertilization on ionic balance in some meadow grasses. Pol. Ecol. Stud. 1978, 4 s. 135 - 142.
- [4] Brogowski Z., Czarnowska K. Stan jonowy pszenicy ozimej na tle wzrastającego nawożenia azotowego. Roczn. Nauk Rol. 1987, ser. A, 106, 4 s. 35 - 50.
- [5] Dechnik I., Filipek T. Changes in saturation of the soil sorption complex with cations after applying various doses of nitrogen and potassium for four years. Pol. J. Soil Sci. 1987, 21 s. 42 - 46.
- [6] Filipek T. Równowaga jonowa i plonowanie roślin uprawnych nawożonych zróżnicowanymi dawkami azotu i potasu. Cz. II. Stan równowagi jonowej i plonowanie pszenicy ozimej. Ann. UMCS, sec. E, 1987, 42.
- [7] Kirkby E. A., Mengel K. Ionic balance in different tissues of the tomato plants in relation to nitrate, urea, or ammonium nutrition. Plant Physiol. 1967, 42, 1 s. 6 - 14.
- [8] Kirkby E. A., Knight A. H. Influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake and assimilation, organic acid accumulation and cation-anion balance in whole tomato plants. Plant Physiol. 1977, 60, 3 s. 349 - 353.
- [9] Mattson S. The ionic relationships of soil and plant. Acta Agricult. Scand. 1966, 16 s. 135 - 143.
- [10] Mercik S. Próba ustalenia optymalnego stosunku kationów w nawożeniu. Równowaga jonowa w glebach i roślinach w warunkach intensywnego nawożenia. Mat. Symp. 1986, 1 s. 11 - 30.
- [11] Noggle J. C. Ionic balance and growth of sixteen plant species. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1966, 30 s. 763 - 766.
- [12] Ochał J., Myszka A. Poziom magnezu i równowaga kationowa w liściach ziemniaka na tle równowagi kationowej kompleksu sorpcyjnego gleby. Pam. Puł. 1982, 82 s. 161 - 177.
- [13] Ostrowska A. Wpływ warunków żywienia na układy jonowe w roślinach na przykładzie sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*). Pr. habil., Instytut Badawczy Leśnictwa, Skierniewice 1985.
- [14] Panak H., Wojnowska T. Wpływ zróżnicowanego wysycenia pojemności sorpcyjnej gleb kationami Ca, Mg, K na plonowanie i skład chemiczny kukurydzy i gorczycy białej. Roczn. Glebozn. 1982, 33 s. 37 - 46.
- [15] Panak H., Procyk Z., Wojnowska T. Wpływ rozszerzających się stosunków Ca:Mg:K:Na w glebie na równowagę jonową w roślinach. Równowaga jonowa w glebach i roślinach w warunkach intensywnego nawożenia. Mat. symp. 1986, 2 s. 82 - 86.
- [16] Ruszkowska M., Myszka A., Kukurenda H. Pobieranie i rola skład-

- ników mineralnych w roślinach w warunkach intensywnego nawożenia. Synteza badań 1971 - 1980, 1986 s. 7 - 42.
- [17] Thomas J. R., Iangdale G. W. Ionic balance in costal bermudagrass influenced by nitrogen fertilization and soil salinity. *Agron. J.* 1980, 72 s. 449 - 452.
- [18] Warchołowa M. Równowaga jonowa w roślinach w warunkach zróżnicowanego zaopatrzenia w potas i magnez. Puławy, IUNG 1977, R-117 s. 1 - 78.
- [19] Warchołowa M. Równowaga jonowa w roślinach w warunkach zróżnicowanego nawożenia. Wpływ nawożenia na jakość plonów. *Mat. Symp.* 1981 s. 21 - 38, Puławy.
- [20] Wit C. T., Dijkshoorn W., Noggle J. C. Ionic balance and growth of plants. *Versal. Landbouwk. Onderz.* 1963, 69, 15 s. 1 - 68.
- [21] Wondrausch A. Rola zaadsorbowanych kationów w żywieniu roślin. *Ann. UMCS, Sec. E*, 1950 s. 105 - 142.

Т. ФИЛИПЕК

ФОРМИРОВАНИЕ ИОННОГО РАВНОВЕСИЯ ВО РЖИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАСЫЩЕНИЯ ПОЧВ КАТИОНАМИ

Кафедра агрохимии Сельскохозяйственной академии в Люблине

Резюме

Исследования касались состояния ионного равновесия ржи (фаза колошения), возделываемой на почвах различного насыщения катионами. Увеличенное содержание обменных катионов в почве влияло на рост кумуляции ионов в растении. Суммы катионов C , среди которых преобладал ион K^+ , превышали величины сумм неорганических анионов A . Решающую роль в уравновешении положительных зарядов катионов играли органические анионы $R\text{COO}^- (C-A)$. Содержание подвижного алюминия в почве не коррелировало с количеством этого элемента во ржи.

T. FILIPEK

FORMATION OF THE IONIC EQUILIBRIUM IN RYE DEPENDING ON THE SOIL SATURATION WITH CATIONS

Department of Agricultural Chemistry
Agricultural University of Lublin

Summary

The respective investigations concerned the ionic equilibrium state in rye (ear-forming stage) cultivated on soils with different saturation degree with cations. An increased content of exchangeable cations in soil resulted in the accumulation increase of ions in the plant. Sums of C cations, among which K^+ ions predominated, exceeded the sums of inorganic A anions. A decisive role in the equilibration of positive loads of cations played organic anions of $R\text{-COO}^- (C-A)$.

The content of exchangeable aluminium in soil was not correlated with the amount of this element in rye plants.

*Doc. dr hab. Tadeusz Filipek
Katedra Chemii Rolnej
Akademia Rolnicza w Lublinie
20-033 Lublin, Akademicka 15*

Praca wpłynęła do redakcji w lipcu 1989 r.

