

HIERONIM KUKURENDA

PRZYDATNOŚĆ NIEKTÓRYCH ROZTWORÓW EKSTRAKCYJNYCH DO OZNACZANIA W GLEBIE BORU PRZYSWAJALNEGO PRZEZ ROŚLINY

Katedra Uprawy i Nawożenia Roli WSR w Poznaniu

Do oznaczania w glebie boru dostępnego dla roślin stosuje się najczęściej wyciąg wodny z 5-minutowym gotowaniem według Bergera - Truoga (za [11]). Zaleca się również bufor octanowy według Barona [1], 1/30-molarny roztwór wodny H_3PO_4 o pH 2,8 według Philipsona [13] oraz 0,02n roztwór wodny H_2SO_4 według Coocka i Millara [18]. Ilości boru oznaczone każdą z tych metod są różne. Aby dać odpowiedź na pytanie, który z roztworów ekstrakcyjnych daje wyniki najbardziej zgodne z testem roślinnym, przeprowadzono czteroletnie doświadczenia wazonowe i polowe na 15 lekkich i średnich glebach. Doboru gleb dokonano uwzględniając jak największe zróżnicowanie zawartości zarówno ogólnych ilości boru [15], jak i jego frakcji przechodzących do wyciągu:

- wodnego według Bergera - Truoga [11],
- octanowego według Barona [1],
- 20-procentowego HCl [14].

Przy doborze gleb brano pod uwagę ponadto ich odczyn, procentową zawartość substancji organicznej i ich skład mechaniczny, a więc te czynniki, które mogą mieć wpływ na dostępność boru dla roślin.

Przy zakładaniu doświadczeń wegetacyjnych w glebach, poza badanymi frakcjami boru, oznaczono:

- skład chemiczny metodą Bouyoucosa w modyfikacji Prószyńskiego,
- procentową zawartość próchnicy metodą Tiurina,
- odczyn w H_2O i KCl metodą elektrometryczną.

Rośliną testową był bobik (Fioletowy Czyżowskich, Major THZ) i rzepak jary (Bronowski IHAR).

Oceny zastosowanych roztworów ekstrakcyjnych dokonano na podstawie:

— współzależności między ilością badanych frakcji boru w glebach a koncentracją boru w roślinach testowych, uprawianych na tych glebach,

— reakcji roślin testowych na nawóz borowy (kwas borowy i boraks), wyrażonej w suchej masie plonu.

WYNIKI I Dyskusja

W tabeli 1 zestawiono badane gleby kolejno według wzrastającej zawartości boru rozpuszczalnego w wodzie. Dla przyjętej kolejności pozostawiono

Tabela 1

Niektóre fizyczne i chemiczne właściwości gleb

Nr gle- by	pH		Frakcja mechaniczna %		Próchni- ca %	Niektóre frakcje boru w ppm w s.m. gleby			
	H ₂ O	KCl	części < 0,02 mm	części od 0,1 do 1,0 mm		A	B	C	D
1	6,45	6,23	0,0	98,5	0,00	0,040	0,10	0,3	0,7
2	6,50	6,25	2,1	94,3	0,15	0,060	0,10	1,0	2,4
3	6,61	6,29	5,1	88,0	0,53	0,090	0,20	1,7	3,0
4	6,60	6,28	5,2	87,9	0,53	0,100	0,20	1,9	3,2
5	5,65	4,60	5,0	88,0	0,96	0,120	0,40	1,0	3,0
6	5,37	4,43	8,0	67,7	0,93	0,120	0,70	1,5	6,0
7	6,75	5,82	8,8	72,6	1,05	0,140	0,40	2,0	6,0
8	5,72	4,65	4,5	85,7	1,31	0,160	0,60	1,0	3,0
9	5,75	4,69	4,5	85,3	1,10	0,160	0,60	1,0	3,0
10	6,75	6,33	10,3	77,5	0,79	0,310	0,50	3,5	5,7
11	6,77	6,36	10,3	77,9	0,81	0,330	0,90	3,1	5,2
12	6,93	6,43	15,5	66,9	1,07	0,500	1,10	4,1	6,8
13	7,10	6,50	20,7	56,3	1,60	0,700	1,80	6,0	10,2
14	7,30	6,80	15,5	66,0	1,46	0,760	0,80	3,0	4,3
15	7,06	6,45	20,7	56,9	1,60	0,760	1,80	6,8	10,8
1a*/	7,16	6,46				0,007	0,03	0,1	
2a	7,75	7,37				0,008	0,03	0,2	
4a	7,75	7,35				0,050	0,13	4,0	
10a	7,35	6,80				0,060	0,25	4,4	
15a	7,10	6,50				0,120	0,80	7,2	

*/ - Gleby nr 1a, 2a, 4a, 10a, 15a odpowiadają zwapnowanym glebom nr 1, 2, 4, 10 i 15

A - Bor rozpuszczalny w wodzie według Bergera-Truoga

B - Bor rozpuszczalny w roztworze octanowym według Barona

C - Bor rozpuszczalny w 20% HCl

D - Bor rozpuszczalny w stężonym H₂SO₄ według Rinkisa

Identyczne oznaczenia frakcji boru zastosowano w tab. 2, 3, 5

T a b e l a 2

Współzależność między zawartością w glebie niektórych frakcji boru

Frakcje boru	Współczynniki korelacji		
	frakcje boru		
	A	B	C
A - B rozpuszczalny w wodzie według Bergera-Truoga			
B - B rozpuszczalny w roztworze octowym według Barona	+0,862		
C - B rozpuszczalny w 20% HCl	+0,875	+0,902	
D - B rozpuszczalny w stężonym H ₂ SO ₄ według Rinkisa	+0,762	+0,908	+0,935

stałe badane frakcje boru z nielicznymi wyjątkami utworzyły również szereg o wzrastającej zawartości boru (tab. 1, kolumny 8, 9 i 10). Uszeregowanie to wskazuje na ilościową zależność między zawartością w porównawczych glebach badanych frakcji boru i znajduje potwierdzenie w dodatnich i statystycznie istotnych wartościach współczynników korelacji (tab. 2, kolumny A, B i C). Wartości liczbowe współczynników korelacji dla tych zależności wzrastają w kierunku od boru rozpuszczalnego w wodzie do boru rozpuszczalnego w 20-procentowym HCl (tab. 2, szeregi C i D).

Najniższą wartość liczbową mają współczynniki dla boru rozpuszczalnego w wodzie, a najwyższą dla boru rozpuszczalnego w 20-procentowym HCl (tab. 2, kolumny A i C). Im łatwiej rozpuszczalna jest badana frakcja boru, tym słabiej skorelowana jest z jego ogólnymi zasobami w glebie.

Gleby o składzie mechanicznym piasków luźnych (nr 2, 5, 8 i 9) i piasków słabo gliniastych (nr 3, 4, 6 i 7), jak wynika z tab. 1, są uboższe w badane frakcje boru od piasków gliniastych lekkich (nr 10 i 11) i piasków gliniastych mocnych (nr 12 i 14) oraz glin lekkich silnie spiaszczonych (nr 13 i 15). W piaskach luźnych i słabo gliniastych, ujętych łącznie, istnieje także najszerszy stosunek boru rozpuszczalnego w stężonym H₂SO₄ do pozostałych badanych frakcji tego mikroskładnika. Średnio wynosi on 33,7 dla boru rozpuszczalnego w wodzie, 11,4 dla boru rozpuszczalnego w buforze octanowym i 1,7 dla boru rozpuszczalnego w 20-procentowym HCl, przy wahaniach wynoszących odpowiednio: 32,0—60,0, 8,6—24,0 i 1,8—3,0.

W piaskach gliniastych i glinach stosunek ten jest węższy. W piaskach gliniastych lekkich wynosi średnio dla boru rozpuszczalnego: w wodzie — 17,0, w buforze octanowym — 8,6, w 20-procentowym HCl —

1,6. W piaskach gliniastych mocnych i glinach lekkich silnie spiazszonych, ujętych łącznie, wynosi on odpowiednio: 12,0, 5,8 i 1,5. Odpowiednie wahania w piaskach gliniastych lekkich wynoszą dla boru rozpuszczalnego: w wodzie — od 15,7 do 18,4, w buforze octanowym — od 5,8 do 11,4, dla rozpuszczalnego w 20-procentowym HCl — od 1,6 do 1,7. W piaskach gliniastych mocnych i w glinach lekkich silnie spiazszonych, ujętych łącznie, odpowiednio: 5,6—14,6, 5,7—6,2 i 1,4—1,7.

Wraz ze wzrostem zawartości części spławialnych w badanych glebach następuje zwężenie stosunku boru ogółem według Rinkisa do jego frakcji łatwiej rozpuszczalnych, a szczególnie w stosunku do boru rozpuszczalnego w wodzie.

Stwierdzono dodatnią i statystycznie istotną korelację między zasobnością gleb w badane frakcje boru a procentowym udziałem cząstek spławialnych w składzie mechanicznym gleb (tab. 3). Zależność wskazuje na części spławialne jako miejsce akumulacji wszystkich badanych frakcji boru.

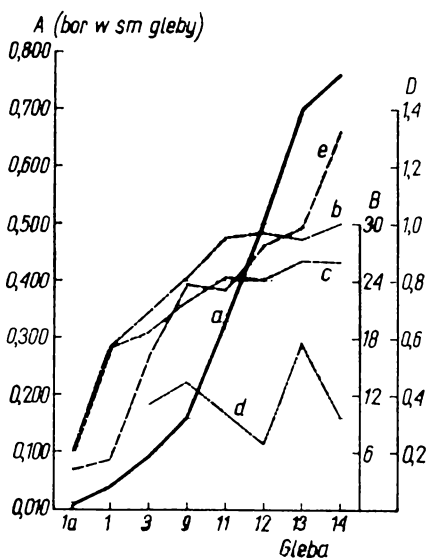
T a b e l a 3

Współzależności między niektórymi frakcjami boru
a ważniejszymi chemicznymi i fizycznymi właściwościami gleb

Niektóre właściwości gleb	Współczynniki korelacji			
	frakcje boru			
	A	B	C	D
pH H_2O KCl	+0,679	+0,400	+0,668	+0,449
	+0,513	+0,229	+0,170	+0,089
Procentowa zawartość cząstek o średnicy < 0,02 mm	+0,920	+0,769	+0,952	+0,820
Procentowa zawartość cząstek o średnicy od 1,0 do 0,1 mm	-0,828	-0,877	-0,853	-0,930
Procentowa zawartość próchnicy	+0,756	+0,809	+0,656	+0,730

Frakcja piasku, w przeciwieństwie do części spławialnych, wykazała odwrotną i statystycznie również istotną korelację z badanymi frakcjami boru. O odwrotnej zależności między zasobnością gleb w bor a wielkością stosunku SiO_2 do sumy zasad donoszą W h e t s o n (za [16]) i P h i l i p s o n [13].

Na próchnicę gleby, jako na miejsce akumulacji i źródło boru, wskazuje wielu badaczy [2, 5, 10, 17]. Podkreśla się, że w silnie wyługowanych glebach klimatu wilgotnego łatwo rozpuszczalne frakcje połączeń boru wiązane są przede wszystkim przez próchnicę, oraz że w glebach mineralnych niealkalicznych o zbliżonej wartości pH istnieje korelacja między zawartością boru rozpuszczalnego w wodzie a ilością próchnicy.



Rys. 1. Zależność między zawartością w glebach boru rozpuszczalnego w wodzie według Bergera-Truoga a koncentracją boru w rzepaku jarym

A — bor w glebie w ppm, B — zawartość boru w suchej masie rzepaku jarego w ppm, C — zawartość boru w suchej masie bobiku w ppm, D — pobieranie boru przez rośliny w mg/wazon; a — bor w glebach, b — bor w słomie, c — bor w całej masie nadziemnej roślin, d — bor w nasionach, e — pobranie boru przez rośliny w mg/wazon

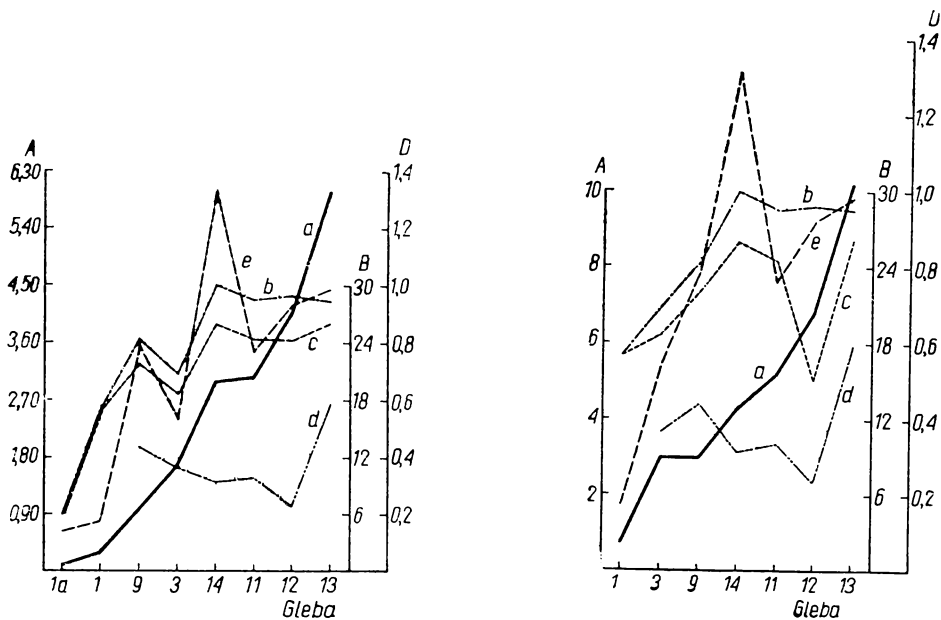
Rys. 2. Zależność między zawartością w glebach boru rozpuszczalnego w roztworze octanowym według Barona a koncentracją boru w rzepaku jarym; objaśnienia jak w rys. 1

Jest to zgodne z wynikami uzyskanymi przez autora, które wskazują na dodatnią i statystycznie istotną korelację nie tylko między borem rozpuszczalnym w wodzie, ale między wszystkimi badanymi frakcjami boru a procentową zawartością próchnicy (tab. 3, szereg 5).

Na silnie kwaśnych i kwaśnych piętnastu lekkich glebach nie wapnowanych stwierdzono również dodatnią i statystycznie istotną korelację między ich odczynem w H_2O i 1n KCl a ilością boru przechodzącego do wyciągu wodnego.

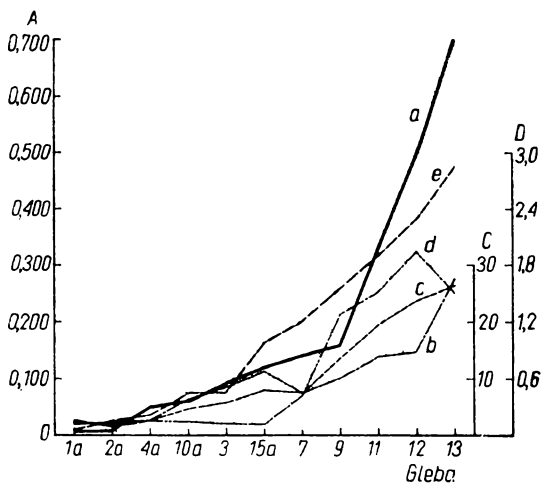
Na większą zasobność w bor rozpuszczalny w wodzie gleb na poletkach systematycznie wapnowanych w porównaniu z nie wapnowanymi wskazują również Barszczak [2] oraz Goralski i współpracownicy [6].

Ogólnie znaną odwrotną zależność między odczynem środowiska a dostępnością boru dla roślin należy odnosić przede wszystkim do gleb kwaśnych, świeżo wapnowanych.

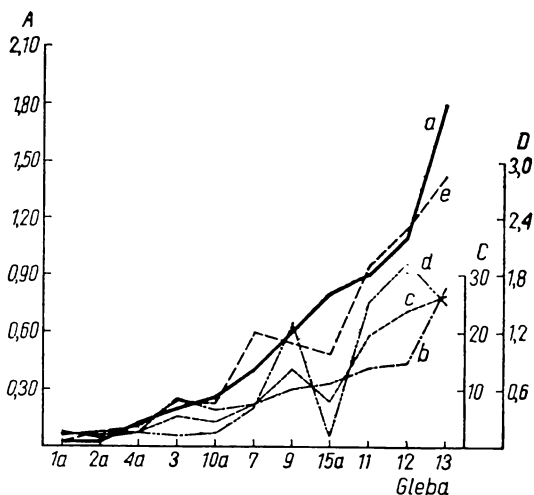


Rys. 3. Zależność między zawartością w glebach boru rozpuszczalnego w 20% HCl a koncentracją boru w rzepaku jarym; objaśnienia jak w rys. 1.

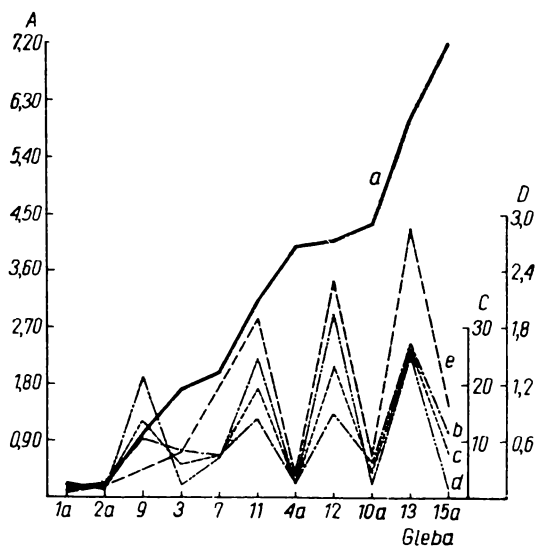
Rys. 4. Zależność między zawartością w glebach boru rozpuszczalnego w stężonym H_2SO_4 według Rinkisa a koncentracją boru w rzepaku jarym; objaśnienia jak w rys. 1



Rys. 5. Zależność między zawartością w glebach boru rozpuszczalnego w wodzie według Bergera-Truoga o koncentracją boru w bobiku. Pobrania boru z gleby nr 9 nie uwzględniono na rysunkach 5—8 z powodu małego plonu bobiku; objaśnienia jak w rys. 1

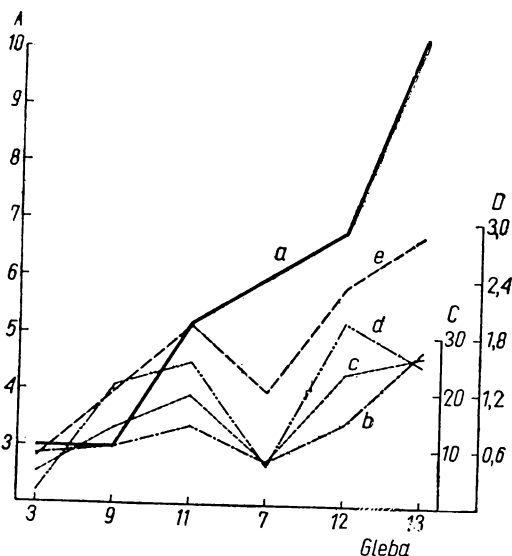


Rys. 6. Zależność między zawartością w glebach boru rozpuszczalnego w roztworze octanowym według Barona a koncentracją boru w bobiku; objaśnienia jak w rys. 1



Rys. 7. Zależność między zawartością w glebach boru rozpuszczalnego w 20% HCl a koncentracją boru w bobiku; objaśnienia jak w rys. 1

Z powyższego wynika, że rozpuszczalność boru glebowego, a więc i jego dostępność dla roślin, jest wypadkową wielu właściwości gleb, których kompleksowe ujmowanie w badaniach inwentaryzacyjnych tych form jest konieczne. Stwarza to jednak duże trudności przy wyborze metody chemicznej i ocenie jej wyników, szczególnie przy ustalaniu dla niej właściwych przedziałów krytycznych, tzw. liczb granicznych [4, 9]. Łatwiejszym i trafniejszym sposobem oceny przydatności metody chemicznej do inwentaryzacji dostępnych dla roślin frakcji połączeń boru



Rys. 8. Zależność między zawartością w glebach boru rozpuszczalnego w stężonym H_2SO_4 według Rinkisa a koncentracją boru w bobiku; objaśnienia jak w rys. 1

w glebie jest porównanie jej wyników ze wskazaniem metod biologicznych [3, 8, 9, 12].

Czteroletnie badania dowiodły ściślej i powtarzającej się u obu roślin testowych dodatniej korelacji między zawartością w glebie boru rozpuszczalnego w wodzie według Bergera-Truoga a koncentracją boru w słomie i w plonie części nadziemnych roślin po zakończeniu wegetacji (tab. 5). Uzyskano również bardzo dodatnią korelację między zasobnością gleb w bor rozpuszczalny w wodzie a pobraniem boru z gleby w plonie obu roślin po zakończeniu wegetacji (tab. 5). Na podobną współzależność w liściach buraków wskazuje Berger i Truog ([3] za [11]).

Bor rozpuszczalny w wodzie, według badaczy, trafnie wskazuje potrzeby nawozowe gleb. Myszk a [12] donosi natomiast o braku wspomnianej współzależności w glebach Wyżyny Lubelskiej.

Istotną korelację stwierdzono również między koncentracją boru w rzepaku jarym i bobiku oraz jego pobraniem z gleby w plonie roślin testowych po zakończeniu wegetacji a zawartością w glebach boru rozpuszczalnego w buforze octanowym według Barona (tab. 5).

WNIOSKI

1. Wysoka dodatnia korelacja między ilością boru rozpuszczalnego w wodzie według Bergera-Truoga i w buforze octanowym według Barona w piętnastu lekkich i średnich glebach a koncentracją boru w rzepaku jarym (Bronowski IHAR) i bobiku (Fioletowy Czyżowskich, Major THZ)

T a b e l a 4

Zawartość boru w mg/kg suchej masy roślin

Nr gleby	Rzepak jary				Bobik			
	na-siona	słoma */	nasiona + słoma	**/	na-siona	słoma	nasiona + słoma	***/
1	-	17,0	17,0	0,172				
3	11,0	20,8	18,7	0,538	2,1	8,3	5,5	0,479
5					7,0	7,5	7,4	1,196
9	13,3	24,4	21,9	0,783	21,1	10,1	13,5	0,071
11	10,0	28,5	24,4	0,761	25,2	13,9	19,3	1,905
12	7,0	28,9	24,1	0,920	32,3	14,7	23,4	2,302
13	17,5	28,4	26,1	0,977	25,0	27,4	26,2	2,866
14	9,5	30,0	26,0	1,310				
1a	-	6,0	6,0	0,135	2,6	2,0	2,2	0,057
2a					1,5	2,5	2,1	0,157
4a					2,6	2,6	2,6	0,227
10a					2,5	6,2	4,6	0,455
15a					1,9	11,0	7,9	0,975

*/ Słoma = łuszczyzny + łodygi + liście
 **/ - pobranie B przez rzepak jary w mg/wazon
 ***/ - pobranie B przez bobik w mg/wazon

T a b e l a 5

Współzależności między zawartością w glebach łatwo rozpuszczalnych frakcji boru a koncentracją boru w rzepaku jarym i bobiku

Roślina	Część badana	Współczynniki korelacji	
		frakcje boru	
		A	B
Rzepak jary	nasiona	+0,094	+0,312
	słoma /łuszczyzny + łodygi + liście/	+0,785	+0,758
	nasiona + słoma	+0,777	+0,765
	pobranie boru w mg/wazon	+0,906	+0,735
Bobik	nasiona	+0,854	+0,784
	słoma /strączyzny + łodygi + liście/	+0,950	+0,977
	nasiona + słoma	+0,967	+0,938
	pobranie boru w mg/wazon	+0,941	+0,924

oraz ilością tego mikroskładnika pobraną z gleby w plonie tych roślin po zakończeniu wegetacji dowodzi, że obie frakcje połączeń boru w glebie są dostępne dla badanych roślin.

2. Bufor octanowy według Barona, ekstrahujący z gleby od kilku do kilkunastu razy większe ilości boru niż powszechnie stosowany wyciąg wodny według Bergera-Truoga może znaleźć zastosowanie w inwentary-

zacji boru dostępnego dla roślin po dokładniejszym zbadaniu go w warunkach klimatyczno-glebowych Polski.

3. Najlepszym wskaźnikiem zasobności gleb w bor dostępny dla rzepaku jarego i bobiku jest koncentracja tego mikroskładnika w słomie (suma plonu łodyg, liści i strączyń lub łuszczyn) po zakończeniu wegetacji.

4. Trafnym wskaźnikiem zasobności gleb w bor dostępny dla rzepaku jarego i bobiku jest jego ilość pobrana z gleby w plonie roślin po zakończeniu wegetacji.

5. Dodatkowo i statystycznie istotne korelacje między zawartością w glebach części spławialnych i próchnicy oraz odwrotna zależność między ilością w ich składzie mechanicznym frakcji piasku a zasobnością gleb w bor rozpuszczalny w wodzie i w buforze octanowym według Barona oraz w 20-procentowym HCl i w stężonym H_2SO_4 według Rinkisa dowodzą, że gleby cięższe i zawierające więcej próchnicy są zasobniejsze w badane frakcje połączeń boru.

6. Wraz ze zwiększeniem w glebie zawartości części spławialnych i próchnicy następuje zawężenie stosunku boru całkowitego do jego frakcji łatwo rozpuszczalnych.

LITERATURA

- [1] Baron H.: Gemeinsame Extraction und chemische Bestimmung des leichtlöslichen Anteils der Mikronährstoffen Bor, Eisen, Kobalt, Kupfer, Mangan, Molybdänium und Zink im Boden. Landw. Forsch., 7, 2, 1955, s. 82.
- [2] Barszczak T.: Wpływ nawożenia mineralnego, organicznego i wapnowania na zawartość w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru w świetle długoletnich doświadczeń w Skierniewicach. Roczn. glebozn., t. 15, 1965, z. 1, s. 137—166.
- [3] Berger K. C., Truog E.: Boron tests and determination for soils and plants. Soil Sci., 57, 1944, s. 25.
- [4] Boratyński K., Roszykowa S., Ziętecka M.: O metodach chemicznych (kolorymetrycznych) oznaczania zasobności gleb w mangan przyswajalny dla roślin. Roczn. glebozn., t. 15, 1965, s. 167—190.
- [5] Dobrzański B.: Zależność zawartości różnych form boru w bielcowej glebie lekkiej od rodzaju wieloletniego nawożenia. Zesz. probl. Post. Nauk rol., t. 40a, 1963, s. 117—123.
- [6] Goralski J., Barszczak T., Jelonkovic R.: Influence of systematic liming of soil on the content of water soluble boron. Pol. J. Soil Sci., t. 2, 1969, 1, s. 65—71.
- [7] Kukurenda H.: Wpływ zasobności gleb w bor i mangan o różnym stopniu rozpuszczalności i na reakcję roślin nawożonych tymi składnikami i ich pobraniem. Praca doktorska, WSR, Poznań 1966.
- [8] Kukurenda H.: Efficacy of some extract solutions in determining soil content of boron readily available for plants. Roczn. glebozn., dod. do t. 19, 1968, s. 93—101.

- [9] Kukurenda H.: Przydatność niektórych metod chemicznych do oznaczania w glebie przyswajalnych dla roślin form manganu. PTPN, Pr. Kom. Nauk rol. i Kom. Nauk leś., t. 27, 1969 (w druku).
- [10] Lehr J. J., Henkaus C. H.: Efficacy of liming of humic sandy soils on the solubility of boron. *Landbowk. Tijdsch.*, 74, 1962, s. 352—357 (według *Soil and Fert. Abstact*, 25, 1962, 2515).
- [11] Miller F. W.: Serienmässige Borbestimmung in Böden mittels der Heiswasserextraction nach Berger-Truog. *Landw. Forch.*, t. 10, 1957, s. 32—35.
- [12] Myszk A.: Badania nad zawartością boru w typowych glebach Wyżyny Lubelskiej. *Ann. UMCS Ser. E*, 15, 1962, 5, s. 99—131.
- [13] Philipson T.: Boron in plants and soils with special regard to Swedish agriculture. 3, 1953, 121—242.
- [14] Piper C. S.: Analiza gleby i roślin. PWN, Warszawa 1957.
- [15] Rinkis G. J.: Pieredwiznija laboratorija dla opriedielenija wałowowo so-dierzaniija mikroelementow (Cu, Zn, Mn, Mo, B) w rastienijach i poczwach. *Mikroel. i urożaj*, Izd. AN USSR, Riga 1961.
- [16] Święcicki C. W.: Bor w typowych glebach regionów naturalnych Polski. *Rocz. Nauk rol.*, 111, D, 1964, s. 155.
- [17] Tuchołka Z., Czekalski A., Wójtowska R.: Wpływ nawożenia organicznego na zmiany rozpuszczalności boru i manganu w glebach i ich pobranie przez rośliny. PTPN, Pr. Kom. Nauk rol. i Kom. Nauk leś., t. 14, 1963, z 4, s. 385—422.
- [18] Cook R. L., Millar C. E.: Some soil factors effecting boron availability. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, t. 4, 1939, s. 297—301.

Dr Hieronim Kukurenda
Katedra Uprawy i Nawożenia Roli WSR
Poznań, ul. Wojska Polskiego 71f

