

HENRYK TERELAK, WIESŁAW SADURSKI

WPLYW ZRÓŻNICOWANEGO POZIOMU NAWOŻENIA POTASEM  
NA STATYCZNE I DYNAMICZNE WSKAŹNIKI  
ZAWARTOŚCI TEGO PIERWIASTKA W GLEBIE

Zakład Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów, Pracownia Chemii Gleb  
Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Intensywny wzrost zużycia nawozów mineralnych w ostatnich latach w Polsce wymaga zwrócenia większej uwagi nie tylko na wyniki plonowania roślin, lecz także na zmiany zachodzące w glebie. Jest to szczególnie ważne w przypadku stosowania wysokich lub skomasowanych dawek potasu przez dłuższy okres. W Polsce badań z tego zakresu jest niewiele, a dotychczas przeprowadzone dotyczyły głównie wpływu nawożenia potasem na plonowanie roślin oraz zawartość potasu przyswajalnego i wymiennego w glebie [6, 7, 14, 23]. Tylko nieliczne opracowania dotyczą wpływu nawożenia potasem na zawartość innych frakcji tego składnika w glebie [8, 18, 21].

Wprowadzony do gleby potas nawozowy może znajdować się w roztworze glebowym lub też ulega związaniu do formy łatwiej lub trudniej dostępnej. W określonych warunkach trudno dostępna forma potasu może ulec uruchomieniu i jest wykorzystywana przez rośliny. Dynamikę przemian w glebie można w sposób ogólny przedstawić następująco [9, 11, 19, 20]: K roztworu glebowego  $\rightleftharpoons$  K wymienny  $\rightleftharpoons$  K silnie związany  $\rightleftharpoons$  K glinokrzemianów.

Możliwość zaopatrywania roślin w potas glebowy oceniana jest w dotychczasowej praktyce w oparciu o zawartość potasu przyswajalnego. W świetle ostatnich badań [2, 5, 10, 24] takie podejście do tego zagadnienia nie jest w pełni zadowalające; pobieranie bowiem potasu przez rośliny zależy nie tylko od jego zawartości w glebie, ale i od stopnia aktywności jonu potasowego, który uwarunkowany jest z kolei stężeniem innych jonów ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ) występujących w roztworze glebowym [22]. W naszej literaturze brak jest jednak opracowań na ten temat.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu wieloletniego zróżnicowanego nawożenia potasem na kształtowanie się dynamicznych i statystycznych wskaźników zaopatrzenia roślin w potas w glebie wytworzonej z piasku, gliny i lessu.

#### METODYKA BADAN

Do badań użyto gleby z doświadczeń nawozowych prowadzonych w IUNG od 1964 r. [7]. W doświadczeniach tych uwzględniono następujące kombinacje nawozowe:  $K_0$ ,  $K_{1/2}$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  ( $K_1=80$  kg  $K_2O/ha$ ).

W roku 1976 po zbiorze roślin pobrano z wymienionych obiektów średnie próbki glebowe z głębokości 0–20 cm. W badaniach uwzględniono glebę brunatną wytworzoną z piasku słabo gliniastego (Wielichowo), glebę pseudobielicową lekką wytworzoną z gliny (Grabów) i glebę brunatną lessową (Antopol). W próbkach glebowych oznaczono:

- skład mechaniczny — metodą areometryczną Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande'a i Prószyńskiego,
- pH w 1 N KCl — elektrometrycznie,
- zawartość próchnicy — metodą Tiurina,
- potas rozpuszczalny w wodzie — według metody podanej przez Arinuszkinę,
- potas przyswajalny — metodą Egnera-Riehma,
- potas wymienny — w wyciągu 1 N  $CH_3COONH_4$ ,
- potas rozpuszczalny w 1 N  $HNO_3$  — według metody stosowanej przez Reitemeiera,
- potas rozpuszczalny w 20-procentowym HCl — metodą Gedrojcia,
- wskaźnik aktywności potasu ( $AR_5^K - I$ ) — metodą Becketta [4, 5] ze wzoru:  $AR_5^K(I) = aK / \sqrt{a(Ca + Mg)}$ , gdzie  $a$  oznacza aktywność jonu,
- wskaźnik zawartości potasu ( $Q$ ) — metodą Becketta [4, 5]. Ponadto obliczono:
- pojemność buforową gleb ( $PBC^K = \text{potential buffering capacity}$ ) posługując się wzorem [4]:

$$PBC^K = \frac{\Delta Q}{\Delta I}$$

— energię wolnej wymiany ( $\Delta F$ ) za pomocą wzoru zaproponowanego przez Woodruffa [24]:

$$\Delta F = -RT \ln aK / \sqrt{a(Ca + Mg)}$$

gdzie:

$$R = 1,987 \frac{\text{cal}}{^\circ\text{K} \cdot \text{mol}}$$

$T = 273,15 + t$  — temperatura bezwzględna,

$\ln x = 2,303 \lg x$  — znak logarytmu naturalnego,

$a$  = aktywność jonu wyrażona w molach/litr.

## WYNIKI BADAŃ

Wieloletnie zróżnicowane nawożenie potasem spowodowało wyraźne zmiany zawartości badanych frakcji potasu oraz wskaźników termodynamicznych — wskaźnika aktywności ( $AR_0^{\pm} = I$ ), pojemności buforowej gleb ( $PBC^{\pm}$ ) oraz energii wolnej wymiany ( $\Delta F$ ).

Wzrastający poziom nawożenia potasem zwiększył zawartość badanych frakcji tego składnika odpowiednio do poziomu zastosowanego nawożenia. Wzrost zawartości potasu, mierzony różnicą ilości potasu między danym obiektem a kontrolą (np.  $K_3 - K_0$ ), kształtuje się odmiennie w obrębie badanych gleb (tab. 1).

Zawartość potasu rozpuszczalnego w wodzie wzrosła — w porównaniu z kontrolą najsilniej w glebie piaskowej. Wzrost zawartości potasu na obiekcie  $K_3$  w stosunku do  $K_0$  wynosi tu 2,1 mg K/100 g gleby. Dla gleby lessowej wskaźnik ten wynosi tylko 0,5 mg K/100 g gleby, a dla wytworzonej z gliny — 1,4 mg K/100 g. Różnice te wynikają z właściwości fizykochemicznych badanych gleb.

Zawartość potasu przyswajalnego w glebach układu się analogicznie jak rozpuszczalnego w wodzie. Różnica między obiektami  $K_0$  i  $K_3$  wynosi w przypadku gleby piaskowej 7,5, wytworzonej z gliny 7,2 i lessowej 3,5 mg K/100 g.

Zawartość potasu wymiennego jest najwyższa w glebie wytworzonej z gliny. Różnica zawartości potasu między obiektami  $K_0$  i  $K_3$  wynosi 10,5 mg K/100 g gleby. Nawożenie potasem zwiększyło również zawartość potasu wymiennego w glebie piaskowej i lessowej, ale w znacznie mniejszym stopniu w porównaniu z glebą wytworzoną z gliny. W przypadku gleby piaskowej wzrost zawartości potasu wymiennego na obiekcie  $K_3$  w porównaniu z  $K_0$  wynosi 8,6 mg, w lessowej tylko 4,6 mg/100 g. Gleba wytworzona z gliny sorbowała więc znacznie więcej potasu niż piaskowa i lessowa.

Wieloletnie zróżnicowane nawożenie potasem zwiększyło również zawartość składnika rozpuszczalnego w 1 N  $HNO_3$ . Największy wzrost tej frakcji, porównując obiekty  $K_0$  i  $K_3$ , wystąpił w glebie wytworzonej z gliny — 17 mg K/100 g. Dla gleby piaskowej i lessowej wzrost ten jest znacznie niższy i wynosi około 10 mg K/100 g.

Nawożenie potasem spowodowało również wzrost tego składnika rozpuszczalnego w 20-procentowym HCl, przy czym najwyższe wzbogacenie wystąpiło w glebie wytworzonej z gliny. Różnica między obiektami  $K_0$  i  $K_3$  wynosi tu 20,1 mg K/100 g gleby. W przypadku gleby piaskowej i lessowej wzrost ten wynosi około 11 mg K.

Uzyskane wyniki wskazują, że pod wpływem nawożenia potasem nastąpił wzrost w glebie nie tylko jego formy przyswajalnej i wymiennej, ale i rozpuszczalnej w 1 N  $HNO_3$  i 20-procentowym HCl, a więc formach trudno dostępnych dla roślin. Potas ten nie ulega wymyciu do warstw

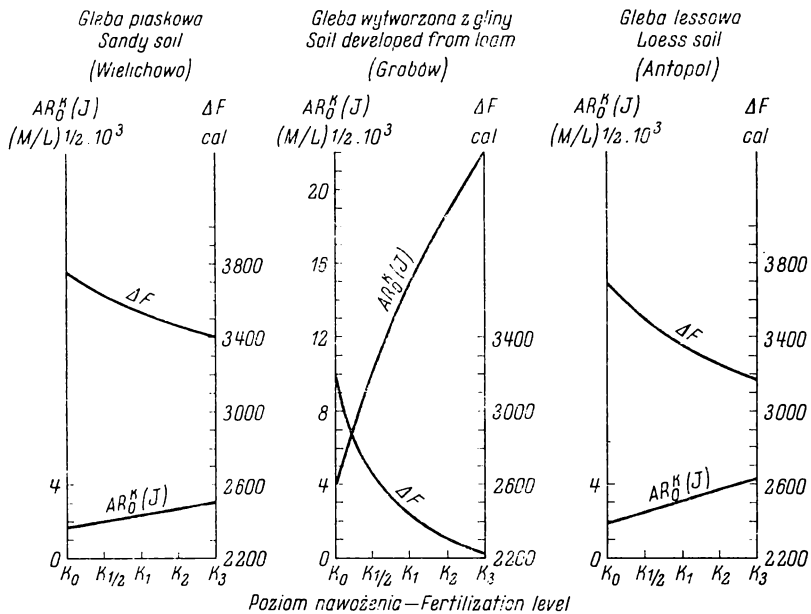
Właściwości fizykochemiczne i zawartość frakcji potasu w glebach  
Physico-chemical properties and the content of potassium fractions in soils

Gleba Soil	Obiekt Object	Procent frakcji o średnicy Per cent of fractions with the diameter of		pH w - in 1 N KCl	Próchnica Humus %	mg K w 100 g gleby ekstrahowanej mg K per 100 g of soil extracted					Stosunek wymien- nych jonów Mg:K /me/ Rates of exchange- able ions of Mg:K /me/	Procent jonów K w kompleks- sis sorpcyjnym gleby Per cent of K ions in the soil sorption complex	PBC <sup>K</sup> meK /M/1/1/2 100
		< 0,02	< 0,002			wodą with water	metodą Egnera Egner's method	1 N octan amoniu with 1 N ammonium acetate	1 N HNO <sub>3</sub>	20% HCl			
Brunatna wy- tworzona z piasku słabo gliniastego Brown soil developed from weakly loamy sand /Wielichowo/	K <sub>0</sub>					2,2	7,2	9,0	29,2	43,2	100: 70	4,5	11,1
	K <sub>1/2</sub>					2,7	10,2	12,9	33,5	48,2	100: 77	7,1	5,3
	K <sub>1</sub>	10	3	5,8	0,87	3,2	11,1	13,6	34,9	50,1	100: 89	7,8	5,3
	K <sub>2</sub>					3,6	12,9	15,9	37,3	52,8	100:128	8,8	4,9
	K <sub>3</sub>					4,3	14,7	17,6	39,2	54,5	100:136	9,8	5,0
Pseudobieli- cowa lekka wytworzona z gliny Light pseudo- podzolic soil developed from loam /Grabów/	K <sub>0</sub>					1,7	5,1	7,5	53,9	63,1	100:211	3,4	28,2
	K <sub>1/2</sub>					1,9	6,8	9,7	57,4	68,0	100:250	4,3	13,1
	K <sub>1</sub>	18	4	5,0	1,34	2,3	8,1	11,1	61,4	71,0	100:280	5,1	14,5
	K <sub>2</sub>					3,0	10,8	15,5	66,4	76,7	100:444	7,6	13,6
	K <sub>3</sub>					3,1	12,3	18,0	70,9	83,2	100:511	8,5	13,4
Brunatna lessowa Loess brown soil /Antopol/	K <sub>0</sub>					0,6	3,3	6,2	53,9	104,1	100: 57	1,7	49,3
	K <sub>1/2</sub>					0,7	4,0	7,2	55,7	106,2	100: 72	2,0	39,6
	K <sub>1</sub>	33	8	6,1	1,36	0,9	5,1	8,6	58,9	109,6	100: 88	2,4	38,5
	K <sub>2</sub>					1,0	5,8	9,3	61,4	112,1	100: 89	2,6	39,7
	K <sub>3</sub>					1,1	6,8	10,8	63,3	114,7	100:112	3,0	38,3

głębszych profilu glebowego i wód glebowo-gruntowych, a w odpowiednich warunkach (np. wyczerpująca uprawa roślin lub brak nawożenia potasem) może przechodzić w formę łatwo dostępną dla roślin.

Wieloletnie nawożenie potasem zwiększyło znacznie udział tego jonu w kompleksie sorpcyjnym gleby. W przypadku gleby lessowej wzrost ten, porównując obiekty  $K_0$  i  $K_3$ , wynosi 1,3%, piaskowej 5,3%, a wytworzonej z gliny 5,1% (tab. 1). Równoległe ze wzrostem dawki potasu radykalnej zmianie ulega stosunek wymiennych jonów Mg : K na korzyść ostatnich.

Tradycyjne metody oceny zasobności gleb w potas dostępny dla roślin opierają się na oznaczeniu w glebie zawartości tego składnika ekstrahowanego różnymi roztworami. Dane z literatury [13, 15, 16, 17] ostatnich lat wskazują, że przeprowadzana w ten sposób ocena zasobności gleb w potas jest niepełna i nie zawsze w sposób prawidłowy odzwierciedla zdolność gleb do zaopatrzenia roślin w ten składnik. Zdaniem niektórych autorów [1, 4, 5, 10] oznaczona w glebie zawartość potasu dostępnego dla roślin nie oznacza jeszcze, że może on być w całości wykorzystany przez roślinę. Wykorzystanie to uwarunkowane jest bowiem zawartością w glebie jonów wapnia, magnezu i ewentualnie sodu (w glebach słonych) oraz glinu (w glebach kwaśnych). Zawartość tych składników decyduje



Wpływ poziomu nawożenia potasem na kształtowanie się wskaźnika aktywności  $[AR_0^K = J]$  i energii wolnej wymiany ( $\Delta F$ ) potasu w glebach

Influence of the potassium fertilization level on the formation of activity ratio  $[AR_0^K = J]$  and free exchange energy ( $\Delta F$ ) of potassium in soils

o aktywności chemicznej roztworu glebowego, a zatem i aktywności jonu potasowego (wskaźnik aktywności  $AR_0^K = I$ ) i określa w konsekwencji możliwość wykorzystania potasu przez rośliny.

Spśród badanych gleb najwyższy wskaźnik aktywności ( $AR_0^K = I$ ) dla obiektów kontrolnych wykazała gleba wytworzona z gliny,  $3,9(M/I)^{1/2} \cdot 10^{-3}$  (rys. 1). W przypadku gleby piaskowej i lessowej wskaźnik ten jest zbliżony i wynosi odpowiednio 1,6 i  $1,8(M/I)^{1/2} \cdot 10^{-3}$ . Oznacza to, że najlepsze zaopatrzenie roślin w potas na tych obiektach zabezpiecza gleba gliniasta, ponieważ aktywność chemiczna jonu potasowego jest tu najwyższa. Wieloletnie zróżnicowane nawożenie potasem spowodowało wzrost wskaźnika aktywności potasu proporcjonalnie do zastosowanej dawki. Największe zmiany wskaźnika aktywności wystąpiły w glebie gliniastej. Wskaźnik wzrostu  $AR_0^K$  między obiektami  $K_0$  i  $K_3$  wynosi tu  $18,1(M/I)^{1/2} \cdot 10^{-3}$ . W przypadku gleby piaskowej i lessowej zastosowane nawożenie potasowe zwiększyło również aktywność potasu ( $AR_0^K = I$ ), ale w znacznie mniejszym stopniu niż na glebie gliniastej. Różnica między wartościami  $AR_0^K$  na obiektach  $K_0$  i  $K_3$  wynosi tu 1,4 dla gleby piaskowej i 2,5 dla gleby lessowej.

Analizując zawartość potasu przyswajalnego w próbkach z różnych obiektów i gleb (tab. 1) widać, że największą zasobnością w potas odznacza się gleba piaskowa, a następnie gleba gliniasta i lessowa. Sugeruje to, że wielkość wskaźnika aktywności potasu, który zależy przecież od zawartości tego składnika w glebie, powinna ułożyć się podobnie jak zawartość potasu przyswajalnego. Uzyskane jednak wyniki nie potwierdziły tego przypuszczenia. Najwyższe wartości wskaźnika  $AR_0^K$  uzyskano na obiektach gleby gliniastej, a następne miejsce zajmują gleby lessowa i piaskowa. Znacznie niższe wskaźniki aktywności potasu w przypadku gleby lessowej i piaskowej w porównaniu z gliniastą wynikają zapewne z niższej zawartości potasu w glebie piaskowej, na co wskazuje ilość tego składnika rozpuszczalnego w 20-procentowym HCl oraz wyższej zawartości wapnia i magnezu w glebie lessowej. Beckett [4, 5] i inni badacze [1, 11, 15, 17] twierdzą, że pełny obraz stanu potasu w glebie, a zatem i zdolności gleby do zacpatrywania roślin w potas, można uzyskać analizując nie tylko ilość i aktywność tego składnika, ale również pojemność buforową gleb ( $PBC^K$ ). Pojemność buforowa gleb wyraża stosunek zawartości w glebie potasu wykazującego zdolność przechodzenia z fazy stałej do roztworu glebowego (wartość  $Q$ ) w odniesieniu do wartości wskaźnika  $AR_0^K = I$  wyrażającej aktywność potasu w odniesieniu do aktywności wapnia i magnezu  $aK / \sqrt{a(Ca + Mg)}$ . Pojemność buforowa gleb określa zatem zdolność gleb do przeciwstawiania się zmianie wartości  $AR_0^K$  w warunkach nawożenia potasem lub przy intensywnej, wyczerpującej uprawie roślin bez wprowadzania potasu w formie nawozu.

Pojemność buforowa ( $PBC^K$ ) badanych gleb kształtuje się odmiennie, co wynika ze zróżnicowania w zawartości próchnicy frakcji spławialnej i koloidalnej itp. Analizując gleby obiektów nie nawożonych ( $K_0$ ) stwierdzono, że najwyższą pojemność buforową wykazuje gleba lessowa, a najniższą — gleba piaskowa. Gleba wytworzona z gliny zajmuje miejsce pośrednie (ostatnia kolumna tab. 1).

Pod wpływem zróżnicowanego nawożenia potasem  $PBC^K$  na glebie piaskowej zmniejszyła się w zależności od obiektu w porównaniu z kontrolą ( $K_0$ ) o 5,8–6,2 me K/100 g  $\cdot$  (M/l)<sup>1/2</sup>. W glebie wytworzonej z gliny spadek ten wynosił 13,7–15,1, a lessowej 9,6–11,7 me K/100 g  $\cdot$  (M/l)<sup>1/2</sup>. Dane zawarte w tab. 1 wskazują, że poziom nawożenia potasem tylko nieznacznie zróżnicował wielkość wskaźnika  $PBC^K$ . Podkreślić należy, że zróżnicowanie to nie ma logicznego związku z poziomem nawożenia potasem. W tej sytuacji istniejące różnice wartości  $PBC^K$  między obiektami wynikają raczej z niedokładności metody oznaczania niż wpływu zróżnicowanego poziomu nawożenia potasem. Stwierdzone natomiast różnice wartości wskaźnika  $PBC^K$  między glebami wynikają ze zróżnicowania właściwości fizykochemicznych gleb. Wskaźnik  $PBC^K$  daje zatem informacje o zdolności gleby do uwalniania lub zatrzymywania potasu.

Woodruff [24], a za nim i inni badacze [3, 10] uważają, że najlepszym wskaźnikiem oceny zdolności zaopatrzenia roślin w potas przez glebę jest wolna energia wymiany ( $\Delta F$ ), która uwzględnia nie tylko pojemność kompleksu sorpcyjnego i stopień jego wysycenia potasem, ale także siłę związania tego pierwiastka ze stałą fazą gleby. Zdaniem Woodruffa [24] wolna energia wymiany wskazuje na intensywność uwalniania składników mineralnych z kompleksu sorpcyjnego do roztworu glebowego.

Woodruff [24] w oparciu o przeprowadzone badania ustalił, że energia wolnej wymiany wapnia przez potas rzędu 3500–4000 kalorii wskazuje na niedobór dostępnego potasu w glebie. Energia wolnej wymiany dla gleby optymalnie zaopatrzonej w potas mieści się w granicach 2500–3000 kalorii. W tych warunkach stosunek potasu do wapnia jest najbardziej właściwy. Jeżeli energia wolnej wymiany jest niższa od 2000 kalorii, to w środowisku glebowym występuje nadmiar potasu w stosunku do wapnia i składnik ten jest luksusowo pobierany przez rośliny. Im więc gleba zawiera więcej potasu wymiennego, tym mniejsza jest energia wymiany wapnia przez potas.

Ocena zasobności gleb w potas w świetle kryteriów opartych na wolnej energii wymiany wskazuje, że obiekty  $K_0$  (wolna energia wymiany = 3752 kalorie) na glebie piaskowej,  $K_0$  (3678),  $K_{1/2}$  (3487), i  $K_1$  (3361) na glebie lessowej wykazują niedobór tego składnika, natomiast obiekty  $K_{1/2}$  (3606),  $K_1$  (3547),  $K_2$  (3448),  $K_3$  (3390) na glebie piaskowej,  $K_0$  (3228) na glebie wytworzonej z gliny oraz  $K_2$  (3274) i  $K_3$  (3172) na glebie lessowej są słabo zaopatrzone w potas. Optymalną zasobność w potas wyka-

zują jedynie obiekty  $K_{1/2}$  (2624)  $K_1$  (2425),  $K_2$  (2345) i  $K_3$  (2224) na glebie piaskowej (rys. 1).

Ocena zasobności gleb według liczb granicznych [12] dla potasu przyswajalnego oznaczonego metodą Egnera-Riehma różni się od wyżej przytoczonej. W świetle tych liczb wszystkie obiekty na glebie lessowej,  $K_0$ ,  $K_{1/2}$  i  $K_1$  na wytworzonej z gliny oraz  $K_0$  na piaskowej wykazują niską zawartość potasu. Natomiast obiekty  $K_2$  i  $K_3$  na glebie wytworzonej z gliny oraz  $K_0$ ,  $K_{1/2}$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  i  $K_3$  na piaskowej odznaczają się średnią zawartością potasu. Brak jest gleb, które pod względem zawartości potasu przyswajalnego, pomimo tak długiego okresu stosowania dawek  $K_2O$  rzędu 240 kg/ha, można byłoby uznać za wysoko zasobne w potas.

#### WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwalają na wyciągnięcie wniosków.

1. Wieloletnie zróżnicowanie poziomu nawożenia potasem zwiększyło zawartość badanych frakcji tego składnika w glebie piaskowej wytworzonej z gliny i lessowej proporcjonalnie do poziomu zastosowanego nawożenia.

2. Wzrastające dawki potasu zwiększały wartość wskaźnika aktywności  $\sqrt{(AR^{\xi} \cdot zw. J)}$  tego pierwiastka. Analizowane rodzaje gleb istotnie różnią się między sobą pojemnością buforową. Nie stwierdzono natomiast, aby wzrastające nawożenie potasem wyraźnie różnicowało wartość tego wskaźnika (PBC<sup>K</sup>).

3. Wyniki pomiaru wolnej energii wymiany ( $\Delta F$ ) wskazują, że zastosowane nawożenie, i to nawet w dawkach wysokich (240 kg  $K_2O$ /ha), doprowadziło do wysokiej zasobności w potas obiekty  $K_1$ ,  $K_2$  i  $K_3$  na glebie wytworzonej z gliny. Wszystkie natomiast obiekty gleby piaskowej i lessowej wykazały niedobór lub za niską zawartość potasu. Ocena zasobności gleb w potas według kryteriów opartych na wskaźnikach dynamicznych, a głównie na wolnej energii wymiany nie zawsze jest zgodna z oceną opartą na liczbach granicznych zawartości potasu przyswajalnego.

#### LITERATURA

- [1] Acquaye D. K., McLean A. J.: Potassium potential of some selected soils. Can. J. Soil Sci. 46, 1966.
- [2] Adiscott T. M.: Use of the quantity potential relationship to provide a scale of the ability of extractants to remove soil potassium. J. Agric. Sci. 74, 1970.
- [3] Baker D. E.: A new approach to soil testing. Soil Sci. 112, 1971, 6.
- [4] Beckett P. H. T.: Studies on soil potassium. II. The immediate Q/I relations of labile potassium in the soil. J. Soil Sci. 15, 1964, 1.
- [5] Beckett P. H. T.: Studies on soil potassium. I. Conformation of the ratio low measurements of potassium potential. J. Soil Sci. 15, 1964, 1.



- [6] Boguszewski W., Gosek S.: Wyniki doświadczeń z wysokimi dawkami fosforu i potasu w Zakładach Doświadczalnych IUNG. Cz. III. Pam. puł. 1976, 66.
- [7] Boguszewski W., Gosek S., Grześkiewicz H.: Wyniki doświadczeń z wysokimi dawkami fosforu i potasu w Zakładach Doświadczalnych IUNG. Cz. I. Pam. puł. 1971, 42.
- [8] Boguszewski W., Gosek S., Pondel H.: Wpływ wieloletniego nawożenia zróżnicowanymi dawkami fosforu i potasu na plony roślin i zawartość składników w glebie. Wydawnictwa IUNG. Ser. R (110), Cz. I, 1976.
- [9] Buckman H. C., Brady N. C.: Gleba i jej właściwości. PWRiL, Warszawa 1971.
- [10] Feigenbaum S., Hagin J.: Evaluation of methods for determining available soil potassium based on potassium uptake by plants. J. Soil Sci. 1967, 18.
- [11] Lamm G. G., Nafady M. H.: Plant nutrient availability in soils. III. Studies on potassium in Danish soils. Agrochemica 17, 1973, 5.
- [12] Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E.: Analiza chemiczno-rolnicza. Gleba i nawozy. PWN, Warszawa-Kraków 1972.
- [13] MacKay D. C., DeLong W. A.: Coordinated soil-plant analysis. III. Exchange equilibria in soil suspensions as possible indicators of potassium availability. Can. J. Agric. Sci. 35, 1955, 2.
- [14] Mercik S.: Wpływ długoletniego stosowania fosforu i potasu na plonowanie oraz na zawartość tych składników w glebie. Wydawnictwa IUNG Ser. R (110), Cz. I, 1976.
- [15] Nielsen J. D.: Kvantitets-intensitets relationer for kalium. Tidsskrift for Planteavl 75, 1971.
- [16] Nielsen J. D.: Kwantites intensitets relationer for kalium. Planternes optagelse of kalium i relation til dets kvantitets og intensitet i jorden. Tidsskrift for Planteavl 75, 1971.
- [17] Nielsen J. D.: Planternes optagelse of kalium fra jord med 1) samme kapacitet, men forskelling intensitet 2) samme intensitet, men forskelling kapacitetat kalium. Tidsskrift for Planteavl 76, 1972.
- [18] Pondel H., Gosek C.: Wpływ poziomu nawożenia potasowego na zawartość potasu w glebie. Roczn. glebozn. 28, 1977, 3.
- [19] Richards G. E., McLean E. O.: Release of fixed potassium from soils by plant uptake and chemical extration techniques. Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 25, 1961, 2.
- [20] Selim H. M., Mansel R. S., Zelazny L. W.: Modeling reactions and transport of potassium in soils. Soil Sci. 22, 1976, 2.
- [21] Terelak H.: Badania modelowe nad dynamiką potasu i niektórych składników glebowych pod wpływem wapnowania i nawożenia. Roczn. glebozn. 29, 1978, 1.
- [22] Tinker P. B.: Studies on soil potassium. III. Cation activity ratios in acid nigerian soils. J. Soil Sci. 15, 1964, 1.
- [23] Wilk K., Rabikowska B.: Wpływ wzrastających dawek azotu, fosforu i potasu na plony roślin uprawnych i na właściwości gleby. Wydawnictwa IUNG, Ser. R (110), Cz. I, 1976.
- [24] Woodruff C. M.: Energies of replacements of calcium and potassium in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19, 1955.

Г. ТЕРЕЛЯК, В. САДУРСКИ

## ВЛИЯНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО УРОВНЯ УДОБРЕНИЯ КАЛИЕМ НА СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОДЕРЖАНИЯ ЭТОГО ЭЛЕМЕНТА В ПОЧВЕ

Лаборатория химии почв Института агротехники, удобрения и почвоведения  
в Пулавах

## Резюме

Одноразовое внесение высоких доз калийных удобрений вызывает далеко идущие изменения в физико-химических свойствах почв. Цель исследований, проведенных на базе 13-летних опытов с дифференцированным уровнем калийного удобрения:  $K_0$ ,  $K_{1/2}$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  ( $K_1=80$  кг  $K_2O$  на га), состояла в обозначении влияния этого мероприятия на формирование динамических и статических показателей обеспеченности растений калием. В 1976 году после уборки растений были отобраны на всех объектах средние почвенные образцы с глубины 0–20 см, в которых был определен: механический состав рН в 1 н КСl, % гумуса, калий растворимый в воде, 1 н  $HNO_3$ , 20% HCl, а также калий усвояемый и обменный. Кроме того обозначено коэффициент активности калия ( $AR_0^K$  — т. наз. J), коэффициент содержания калия (Q), буферную емкость почв (PBC<sup>K</sup>) и вычислено энергию свободного обмена. В исследованиях учитывались почвы: бурая образованная из связанного песка, псевдопанзолистая образованная из суглинка и бурая лессовая почва.

Проведенные исследования доказали, что дифференциация уровня удобрения калием повысила содержание фракции калия в почвах пропорционально уровню примененного удобрения. Возрастающие дозы калия повысили активность ( $AR_0^K$ ) этого элемента в почве. Исследованные почвы отчетливо различались в отношении буферной емкости (PBC<sup>K</sup>). Однако не установлено, чтобы уровень применяемого удобрения сказывался на величине этого показателя. Результаты измерений свободного обмена ( $\Delta F$ ) указывают, что на почве образованной из суглинка применение удобрений в высокой дозе (до 240 кг  $K_2O$  на га) привело к хорошей обеспеченности калием почв объектов  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$ . Однако все объекты почв песчаной и лессовой выявили недостаток либо низкое содержание калия. Оценка обеспеченности почв калием по показаниям свободной энергии обмена не всегда бывает сходной с оценкой барирующей на предельных числах содержания усвояемого калия.

Н. TERELAK, W. SADURSKI

## INFLUENCE OF DIFFERENTIATED POTASSIUM FERTILIZATION LEVEL ON STATICAL AND DYNAMICAL INDICES OF THE CONTENT OF THIS ELEMENT IN SOIL

Soil Chemistry Laboratory, Institute of Soil Science and Cultivation of Plants  
at Pulawy

## Summary

The application of high and amassed rates of potassium fertilizers leads to considerable changes in physico-chemical properties of soils. The aim of the res-

pective investigations carried out on the basis of 13-year experiments with a differentiated potassium fertilization level —  $K_0$ ,  $K_{1/2}$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  ( $K_1 = 80$  kg  $K_2O$  per hectare) was to determine the influence of this measure on the formation of dynamical and statical indices of the supply of plants with potassium. In 1976 after the harvest of plants average soil samples were taken from the objects under study, from the horizon of 0–20 cm. In the samples mechanical composition, pH in 1 N KCl, humus %, water-soluble potassium, 1 N  $NH_4OH$ , 20% HCl as well as available and exchangeable potassium were determined. Moreover, the potassium activity index ( $\sqrt{AR_c^K}$ ), the potassium content index (Q) and buffer capacity of soils (PBC<sup>K</sup>) were determined as well as the free exchange energy was calculated. In the investigations brown soil developed from weakly loamy sand, pseudopodzolic soil developed from loam and loess brown soil were used.

The investigations have proved that the differentiation of the potassium fertilization level caused an increase of potassium fractions in soil proportionally to the fertilization level applied. Increasing potassium rates led to an increase of the activity of this element ( $\sqrt{AR_c^K}$ ) in soil. The soils tested differed distinctly with their buffer capacity (PBC<sup>K</sup>), but it was not found as the level of the fertilization applied would affect the value of this index. The results of the free exchange energy ( $\Delta F$ ) measurements prove that the fertilization applied, even in high rates (240 kg  $K_2O$  per hectare) leads to a high abundance in potassium of soil of the objects  $K_1$ ,  $K_2$  and  $K_3$  (soil developed from loam). All objects of sandy or loess soils, however, prove a deficiency or a low potassium content. The estimation of the abundance of soil in potassium based on the free energy exchange is not always compatible with the estimation based on boundary numbers for the available potassium content.

*Dr Henryk Terclak*  
*Instytut Uprawy, Gleboznawstwa*  
*i Nawożenia*  
*Puławy, Osada Patacowa*

