

ZAWARTOŚĆ NIEKTÓRYCH FORM POTASU W GLEBIE PŁOWEJ WYTWORZONEJ Z LESSU W ZALEŻNOŚCI OD WAPNOWANIA I NAWOŻENIA MINERALNEGO

Janina Kaniuczak, Edmund Hajduk, Małgorzata Nowak

Zakład Chemizacji Produkcji Rolniczej w Rzeszowie
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

Wstęp

Zawartość przyswajalnego potasu w glebach kształtuje się zależnie od skały macierzystej [KANIUCZAK, TURSKI 1985]. Na poziom tego pierwiastka w glebach w warunkach uprawy roślin wpływa nawożenie [BOGUSZEWSKI, GOSEK 1976; KĘPKA 1977; BOGUSZEWSKI i in. 1978; TERELAK, SADURSKI 1979b; DEMCZUK, i in. 1982; KUŚ 1983; KUSZELEWSKI, ŁABĘTOWICZ 1991; MERCIK i in. 1993; KANIUCZAK 1994, 1996; MURAWSKA i in. 1994]. Na podstawie badań stwierdzono wyczerpywanie gleb uprawnych z przyswajalnego potasu, co w efekcie prowadzi do ujemnego bilansu [RUSZKOWSKA i in. 1979, 1984; DEMCZUK i in. 1982; MURAWSKA i in. 1994; KANIUCZAK 1996]. W takich warunkach potas jest uruchamiany z rezerw trudno dostępnych dla roślin [DEMCZUK i in. 1982; MERCIK i in. 1993]. Według MALIŃSKIEJ i PIETRASZ-KĘSIK [1988] rośliny mogą korzystać z zapasowych form potasu, nawet po zastosowaniu dużych dawek nawozów potasowych. Wiele wyników wskazuje na stosowanie zbyt małych dawek potasu, co przy dużym odprowadzeniu tego składnika przez rośliny doprowadza do jego deficytu w glebie [RUSZKOWSKA i in. 1979, 1984; DEMCZUK i in. 1982; KANIUCZAK 1996]. Zawartość przyswajalnego potasu obniża się w glebach również przy dużych dawkach tego pierwiastka, wykazując jednocześnie ujemny bilans [MURAWSKA i in. 1994].

Brak wzrostu zawartości przyswajalnego potasu w glebach przy wysokich dawkach tego składnika należy tłumaczyć, poza wpływem zmiennych czynników pogodowych i agrotechnicznych oraz ujemnym bilansem potasu, także osiągnięciem w poprzednim okresie zawartości, których dalsze zwiększenie jest trudne [BOGUSZEWSKI, GOSEK 1976]. Luksusowe pobieranie potasu przez rośliny [MALIŃSKA, PIETRASZ-KĘSIK 1988; MERCIK, STĘPIEŃ 1993] i jego wymywanie z gleby [RUSZKOWSKA i in. 1979, 1984] często uniemożliwia zwiększenie dawek nawozowych w celu zapewnienia równowagi tego pierwiastka w glebach. Nadmierne pobieranie potasu przez rośliny związane jest prawdopodobnie z zachwianiem równowagi jonowej w glebie i w roślinie, co wpływa na pogorszenie jakości plonów i zwiększa koszty produkcji. Racjonalna dawka nawozu powinna zrównoważyć ilość skła-

dników wyprowadzonych z plonami roślin. Zwiększające się różnice między potrzebami pokarmowymi i nawozowymi roślin świadczą o postępującej degradacji chemicznej gleby. Nieprawidłowe nawożenie prowadzi do obniżenia potencjału produkcyjnego gleby, naruszenia równowagi składników pokarmowych w glebie [KUSZELEWSKI, ŁĄBĘTOWICZ 1991; MERCIK, STĘPIEŃ 1993], a także przyczynia się do degradacji gleb. Stwierdzono wzrost zawartości przyswajalnego potasu w glebach lessowych po 4 latach uprawy roślin w zmianowaniu i nawożenia NPK+obornik [KANIUCZAK 1996] oraz nawożenia NPKMg i NPKMg+wapnowanie [KANIUCZAK 1994].

Celem badań było określenie wpływu wapnowania i nawożenia mineralnego na zawartość potasu zapasowego i przyswajalnego w glebie płowej wytworzonej z lessu w 8-letnim okresie badań, w statycznym doświadczeniu nawozowym.

Materiał i metody badań

Badania nad zawartością niektórych form potasu w latach 1986–1993 przeprowadzono na Podgórzu Rzeszowskim na stałym polu nawozowym, założonym na glebie płowej wytworzonej z lessu. Badana gleba charakteryzowała się dużym zakwaszeniem poziomu Ap: pH (w roztworze KCl o stężeniu roztworu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) – 3,92, Hh – 48,7 $\text{mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$, średnią zawartością magnezu przyswajalnego, niską zawartością fosforu i potasu przyswajalnego. Górna część poziomu Bt była również zakwaszona: pH (w roztworze KCl o stężeniu roztworu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) – 3,89, Hh – 36,0 $\text{mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$. W tym poziomie zawartość magnezu i fosforu przyswajalnego była średnia, a niska potasu przyswajalnego. Ścisłe doświadczenie polowe obejmowało uprawę w 4-letnim zmianowaniu z zastosowaniem zróżnicowanego nawożenia mineralnego; NPK+Mg – constans i NPK+Mg i Ca – constans. Nawożenie magnezem w ilości 40 $\text{kg MgO} \cdot \text{ha}^{-1}$ w formie siarczanu magnezu stosowano pod uprawę ziemniaków, pszenicy i jęczmienia jarego. Pod kapustę pastewną i słonecznik pastewny zastosowano po 120 $\text{kg MgO} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wapnowanie w dawce 4 t $\text{CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$ zastosowano w 1985 roku (CaO) i 1989 (CaCO_3). Użyty w doświadczeniu węglan wapnia zawierał 9,5% MgO , a tlenek wapnia 0,4% MgO . Doświadczenie założono metodą podbloków losowanych w 4 powtórzeniach, po 13 obiektów nawozowych w każdym podbloku. Czynnikiem I rzędu było wapnowanie (A_2) lub jego brak (A_1), a czynnikiem II rzędu zróżnicowane nawożenie NPK (B) na tle stałego nawożenia magnezem. W każdym podbloku były następujące obiekty nawozowe: $N_0P_0K_0$, $N_0P_1K_1$, $N_{0,5}P_1K_1$, $N_1P_1K_1$, $N_{1,5}P_1K_1$, $N_1P_0K_1$, $N_1P_{0,5}K_1$, $N_1P_{1,5}K_1$, $N_1P_1K_0$, $N_1P_1K_{0,5}$, $N_1P_1K_{1,5}$, $N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$, $N_{1,5}P_{1,5}K_{1,5}$. Zmianowanie roślin w latach 1986–1989 było następujące: ziemniaki, jęczmień jary, kapusta pastевна, pszenica ozima, natomiast w latach 1990–1993 zamiast kapusty pastewnej wprowadzono słonecznik pastewny, przy niezmienności pozostałych członów zmianowania. Podstawowa dawka nawozów mineralnych $N_1P_1K_1$ przy uprawie poszczególnych roślin była następująca: pod ziemniaki 120 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, 100 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ i 160 $\text{kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$, pod jęczmień jary 80 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, 100 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ i 120 $\text{kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$, pod kapustę pastewną 120 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, 60 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ i 100 $\text{kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$, pod pszenicę ozimą 90 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, 90 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ i 100 $\text{kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$, pod słonecznik pastewny 100 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, 80 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ i 120 $\text{kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$.

W poszczególnych latach po zbiorze roślin pobrano próby glebowe z poziomu orno-próchniczego Ap (0–25 cm) i podglebia – stropowej części poziomu Bt

(26–50 cm). W próbkach glebowych pobranych przed założeniem doświadczenia oraz w każdym roku po zbiorze roślin uprawnych, oznaczano przyswajalny potas metodą Egnera–Riehma z zastosowaniem fotometrii płomieniowej. Potas zapasowy (zbliżony do zawartości ogólnej) oznaczano metodą AAS – po uprzednim trawieniu gleby w stężonym HClO_4 .

Materiał analityczny opracowano statystycznie z zastosowaniem analizy wariancji dla klasyfikacji potrójnej (A – wapnowanie, B – nawożenie mineralne NPK, C – lata) i półprzedziałów ufności wg Tukey'a (NIR) i Dunneta (NIR_D). W obliczeniach uwzględniono również odpowiednie interakcje (AB, AC, BC). Test Dunneta zastosowano w celu porównania średnich zawartości potasu z poszczególnych obiektów nawozowych (B_1 – B_{13}) w poziomie Ap i stropowej części poziomu Bt z zawartością badanych form potasu przed rozpoczęciem badań (1986 rok).

Wyniki i dyskusja

Potas zapasowy był zróżnicowany w poziomie Ap i Bt gleby lessowej zależnie od wapnowania (A) i nawożenia mineralnego (B) – tab. 1. Więcej potasu stwierdzono w poziomie Ap gleby niewapnowanej i w poziomie Bt gleby wapnowanej, co wynikało z większego odprowadzenia tego składnika z wyższymi płonami roślin z gleby wapnowanej [KANIUCZAK i in. 1998]. MERCIK i in. [1993] stwierdzili również spadek zapasowych form potasu po 35 latach w obiekcie z pełnym nawożeniem mineralnym (CaNPK, NPK) i w obiekcie bez potasu (PN). Potas zapasowy w glebie lessowej podlegał zróżnicowaniu w latach badań: w 1989 roku w poziomie Ap osiągnął wartość 0,336% K, a w 1993 – 0,329% K, NIR – 0,005. Podobnie układała się zawartość potasu w poziomie Bt; w 1989 roku – 0,362% K, w 1993 roku – 0,323% K, NIR – 0,01. Zależności te świadczą o obniżaniu się potasu zapasowego w glebie lessowej w miarę upływu czasu w warunkach uprawy roślin w zmianowaniu i nawożenia mineralnego.

Potas zapasowy kształtował się odmiennie w obrębie obiektów nawozowych gleby niewapnowanej i wapnowanej (AB). W poziomie Ap gleby niewapnowanej (NPKMg – A₁) stwierdzono wzrost zawartości tego składnika w wyniku zwiększania dawek potasu na tle stałego nawożenia NP (B_9 – B_{10} , B₄, B₁₁). Tendencja wzrostu zapasowego potasu w tej glebie utrzymywała się pod wpływem proporcjonalnego wzrostu dawek NPK (B₁, B₁₂, B₄, B₁₃). Natomiast nie stwierdzono jednoznacznych zmian zawartości potasu zapasowego w poziomie Ap gleby wapnowanej, zarówno w wyniku wzrastających dawek potasu na tle stałego nawożenia NP jak i przy proporcjonalnym wzroście dawek NPK.

Stwierdzono wzrost zawartości potasu zapasowego w poziomie Ap w wyniku nawożenia mineralnego (B), w obiektach B₃, B₆, B₈, B₁₀–B₁₃, w porównaniu do obiektu B₁ i B₄, a wyraźny spadek w obiekcie bez potasu (B₉). Na tych obiektach rośliny plonowały nieco niżej w porównaniu do obiektu B₄, dlatego mniejsze było odprowadzenie potasu z gleby, a większe jego nagromadzenie. Wzrost zawartości potasu zapasowego układał się podobnie w poziomie Ap gleby niewapnowanej, a także w nielicznych obiektach gleby wapnowanej (B₁₀–B₁₃), w stosunku do obiektu B₁. Z badań TERELAKA i SADURSKIEGO [1979b] wynika, że pod wpływem nawożenia potasem wystąpił wzrost w glebie nie tylko form przyswajalnych tego składnika lecz i trudno dostępnych dla roślin.

Z badań MALIŃSKIEJ i PIETRASZ-KĘSIK [1988] wynika, że rośliny mogą korzy-

stać z potasu zapasowego pomimo wysokiego nawożenia tym pierwiastkiem.

Wapnowanie połączone z nawożeniem mineralnym nie wpłynęło jednoznacznie na zawartość potasu zapasowego w poszczególnych obiektach nawozowych. Tylko w niektórych obiektach (B_2-B_4 , B_6-B_7) podbloku NPKMgCa w poziomie Ap zawartość tego pierwiastka była niższa w porównaniu z takimi samymi obiektami podbloku NPKMg, a w innych wyższa (B_9-B_{11}) – NIR $A(B)=0,008$.

W 8-letnim okresie badań w poziomie Ap większości obiektów nawozowych gleby wapnowanej i niewapnowanej (tab. 1) potas zapasowy uległ obniżeniu w stosunku do stanu wyjściowego (0,36% K, NIR_D=0,009). Jedynie w obiektach z podwyższoną dawką potasu pierwiastek ten wykazywał stan niezmienny lub w niewielkim stopniu wzrastał. MERCIK i in. [1993] stwierdzili wzrost potasu zapasowego po 35 latach uprawy w monokulturze żyta przy nawożeniu mineralnym (Ca, CaNPK, NPK, CaPK, CaPN, CaKN) oraz po zastosowaniu co roku 20 t·ha⁻¹ obornika. Natomiast pominięcie w nawożeniu danego składnika po 35 latach spowodowało jego zmniejszenie w warstwie ornej, w porównaniu do obiektu z pełnym nawożeniem mineralnym (CaNPK).

Tabela 1; Table 1

Zawartość potasu zapasowego (%) w glebie płowej utworzonej z lessu w zależności od wapnowania (A) i nawożenia mineralnego (B)

The reserve potassium content (in%) in grey-brown-podzolic soil formed from loess depending on liming (A) and mineral fertilization (B)

Wyszczególnienie Specification	A ₁	A ₂	Średnia B Mean B	A ₁	A ₂	Średnia B Mean B
	głębokość w cm; depth in cm					
	0-25			26-50		
B ₁ - N ₀ P ₀ K ₀	0,327	0,322	0,324	0,443	0,343	0,393
B ₂ - N ₀ P ₁ K ₁	0,349	0,308	0,328	0,320	0,346	0,333
B ₃ - N _{0,5} P ₁ K ₁	0,344	0,326	0,335	0,370	0,354	0,362
B ₄ - N ₁ P ₁ K ₁	0,333	0,317	0,325	0,307	0,356	0,331
B ₅ - N _{1,5} P ₁ K ₁	0,324	0,327	0,326	0,331	0,416	0,373
B ₆ - N ₁ P ₀ K ₁	0,351	0,320	0,336	0,388	0,361	0,374
B ₇ - N ₁ P _{0,5} K ₁	0,335	0,325	0,330	0,322	0,311	0,316
B ₈ - N ₁ P _{1,5} K ₁	0,343	0,336	0,340	0,342	0,380	0,361
B ₉ - N ₁ P ₁ K ₀	0,305	0,325	0,315	0,336	0,341	0,333
B ₁₀ - N ₁ P ₁ K _{0,5}	0,328	0,359	0,343	0,328	0,352	0,340
B ₁₁ - N ₁ P ₁ K _{1,5}	0,357	0,374	0,366	0,347	0,498	0,422
B ₁₂ - N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	0,334	0,341	0,338	0,347	0,415	0,381
B ₁₃ - N _{1,5} P _{1,5} K _{1,5}	0,370	0,369	0,369	0,329	0,372	0,354
Średnia A; Mean A	0,338	0,334		0,346	0,373	
NIR _{0,01} ; LSD _{0,01}	A=0,002 B=0,010	AB=0,015 B(A)=0,014 A(B)=0,008		A=0,005 AB=0,031	B=0,021 B(A)=0,029 A(B)=0,017	

Przed założeniem doświadczenia: w Ap=0,363% K, NIR_D=0,012, w Bt=0,558% K, NIR_D=0,024; Before starting the experiment: in Ap horizon=0.363% K, LSD_D=0.012, in Bt horizon=0.558, LSD_D=0.024

W poziomie Bt większość obiektów nawozowych gleby wapnowanej (A₂) zawierała więcej potasu zapasowego w porównaniu z takimi samymi obiektami

gleby niewapnowanej – $NIR A(B)=0,017$. Prawdopodobnie wynika to z większego wymycia potasu z poziomu Ap do warstw głębszych pod wpływem wapnowania. W ciągu 8 lat trwania badań zawartość potasu ogólnego w poziomie Bt obu podbloków nawozowych, uległa obniżeniu w stosunku do stanu przed rozpoczęciem badań (0,56% K, $NIR_D=0,019$).

Potas zapasowy wykazywał zróżnicowanie w poziomie Ap i Bt poszczególnych obiektów nawozowych w latach badań (BC). W roku 1993 w poziomie Ap w większości obiektów nawozowych zaznaczył się spadek zawartości potasu zapasowego lub też wystąpiła tendencja spadku jego w stosunku do roku 1989, np. w 1989 roku w obiekcie bez nawożenia NPK (B_1) stwierdzono 0,337% K, a w 1993 – 0,304% K, NIR dla porównania tego samego obiektu w różnych latach – 0,018. Nawet w obiekcie ze zwiększoną dawką potasu (B_{11}), zaznaczyła się tendencja spadku; 1989 rok – 0,372% K, 1993 – 0,369% K, NIR – 0,018. Natomiast w obiektach B_4 i B_{13} wystąpiła tendencja wzrostowa potasu i tak; w obiekcie B_{13} w 1989 roku – 0,368% K, w 1993 – 0,380% K, NIR – 0,018, a w obiekcie 4 w 1989 roku – 0,316% K, 1993 rok – 0,32% K, NIR – 0,018.

W 1989 roku minimalną zawartość potasu zapasowego zaobserwowano w obiekcie B_4 – 0,316% K, a maksymalną w obiekcie B_{11} – 0,372% K, NIR – dla porównania obiektów w każdym roku oddzielnie – 0,022. W 1993 roku minimalną zawartość tego składnika obserwowano w obiekcie bez nawożenia NPK (B_1) – 0,304% K, a maksymalną w obiekcie B_{13} – 0,38% K, NIR = 0,022.

Zastosowane dawki potasu nie zabezpieczyły chociażby minimalnego wzrostu potasu zapasowego w poziomie orno-próchnicznym w 1993 roku, za wyjątkiem obiektów B_4 i B_{13} , w których zaznaczyła się tylko niewielka tendencja wzrostu tego składnika.

W roku 1993 zaznaczył się spadek zawartości potasu rezerwowego w poziomie Bt w większości obiektów nawozowych w porównaniu z rokiem 1989, np. w obiekcie B_9 (bez potasu) w 1989 roku – 0,346% K, w 1993 – 0,283% K, NIR dla porównania tego samego obiektu w różnych latach – 0,04. Tendencja wzrostu potasu zapasowego w poziomie Bt wystąpiła tylko w obiekcie 11, 1989 rok – 0,417% K, w 1993 – 0,42% K, NIR – 0,04.

W 1989 roku minimalną zawartość potasu zapasowego zaobserwowano w obiekcie B_7 – 0,313% K, a maksymalną w obiekcie B_{11} – 0,417% K, NIR dla porównania obiektów w każdym roku oddzielnie – 0,05. W 1993 roku minimalną zawartość potasu zapasowego stwierdzono w obiekcie 9 – 0,382% K, a maksymalną – 0,435% K w obiekcie 11, NIR – 0,05. Zależności te świadczą o wyczerpywaniu się zasobów potasu zarówno z poziomu Ap jak i Bt gleby lessowej w warunkach intensywnej uprawy roślin w zmianowaniu i nawożenia mineralnego. Zastosowane nawożenie mineralne nie zabezpieczyło w większości obiektów nawozowych wzrostu potasu zapasowego lub nawet utrzymania się stanu jego zawartości z 1986 roku.

Potas przyswajalny kształtował się odmiennie w zależności od wapnowania (A) i nawożenia mineralnego (B), tabela 2. Wapnowanie korzystnie wpłynęło na zawartość tego pierwiastka w poziomie Ap i Bt gleby lessowej. Podobne zależności stwierdzili MERCIK i in. [1993] po 35 latach nawożenia i uprawy roślin. Autorzy w/w otrzymali wzrost potasu przyswajalnego po 35 latach na obiektach nawożonych tym składnikiem (CaNPK, NPK, PK), przy czym większy na obiektach nawożonych mineralnie i wapnowanych (CaNPK, CaPK, CaKN) w porównaniu do obiektu bez wapnowania (NPK). Jednak największy wzrost potasu przyswajalnego

po 35 latach stwierdzono na polu z monokulturą żyta nawożonego corocznie obornikiem w dawce 20 t·ha⁻¹. Również KUSZELEWSKI i ŁABĘTOWICZ [1991] stwierdzili wzrost zawartości przyswajalnego potasu w wyniku wapnowania połączonego z nawożeniem N, P, K i NPK. GAJEK i MACHNICKA [1981] nie obserwowali wyraźnego wpływu wapnowania na zawartość przyswajalnego potasu. W innych badaniach nie stwierdzono jednoznacznego wpływu wapnowania na zawartość różnych form potasu w glebie. Obserwowano bowiem wzrost, w niektórych przypadkach, lub brak wpływu tego zabiegu (za TERELAKIEM i SADURSKIM [1979a]).

Tabela 2; Table 2

Zawartość potasu przyswajalnego (mg·kg⁻¹) w glebie płowej wytworzonej z lessu w zależności od wapnowania (A) i nawożenia mineralnego (B)

The available potassium content (in mg·kg⁻¹) in grey-brown-podzolic soil depending on liming (A) and mineral fertilization (B)

Wyszczególnienie Specification	A ₁	A ₂	Średnia B Mean B	A ₁	A ₂	Średnia B Mean B
	głębokość w cm; depth in cm					
	0-25			26-50		
B ₁ - N ₀ P ₀ K ₀	108,3	151,5	129,9	71,5	103,0	87,2
B ₂ - N ₀ P ₁ K ₁	175,5	238,6	207,0	111,0	134,0	122,5
B ₃ - N _{0,5} P ₁ K ₁	168,6	176,5	172,5	112,3	144,5	128,4
B ₄ - N ₁ P ₁ K ₁	180,7	195,3	188,0	114,2	156,7	135,5
B ₅ - N _{1,5} P ₁ K ₁	173,6	188,4	181,0	71,8	139,4	105,6
B ₆ - N ₁ P ₀ K ₁	176,6	206,6	191,6	108,5	147,3	127,9
B ₇ - N ₁ P _{0,5} K ₁	149,8	234,6	192,2	88,0	191,5	139,7
B ₈ - N ₁ P _{1,5} K ₁	173,5	190,6	182,0	122,3	135,6	129,0
B ₉ - N ₁ P ₁ K ₀	127,7	142,4	135,1	87,8	129,8	108,8
B ₁₀ - N ₁ P ₁ K _{0,5}	154,2	180,2	167,2	95,3	126,9	111,1
B ₁₁ - N ₁ P ₁ K _{1,5}	185,9	235,8	210,8	106,4	172,0	139,2
B ₁₂ - N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	168,1	231,8	200,0	118,8	154,3	136,5
B ₁₃ - N _{1,5} P _{1,5} K _{1,5}	176,7	250,1	213,4	122,3	131,9	127,1
Średnia A; Mean A	163,0	201,7		102,3	143,6	
NIR; LSD p=0,05* p=0,01**	A=9,6** B=42,3**		AB=64,2* B(A)=59,2*	A=11,4** A(B)=n.i.; n.s.		B=50,2**
	A(B)=34,4*					

Przed założeniem doświadczenia: w Ap=124,5 mg K·kg⁻¹, NIR_D=50,25, w Bt=99,6 mg K·kg⁻¹, NIR_D=59,62

Before starting the experiment: in Ap horizon=124.50 mg K·kg⁻¹, LSD_D=50.25, in Bt horizon=99.6 mg K·kg⁻¹, LSD_D=59.62

n.i.; n.s. różnice nieistotne; differences not significant

Nawożenie mineralne (B) wpłynęło na wzrost zawartości potasu przyswajalnego w poziomie Ap większości obiektów nawozowych (za wyjątkiem obiektów B₉, B₁₀) w porównaniu do obiektu bez nawożenia NPK (B₁). W poziomie Bt zależność ta wystąpiła mniej wyraźnie wykazując, tylko w obiektach B₇ i B₁₁, tendencję wzrostu w stosunku do pozostałych obiektów. Wzrost zawartości przyswajalnego potasu w poziomie Ap, w porównaniu do obiektu bez NPK, obserwowano także w niektórych obiektach gleby niewapnowanej (B₂, B₄-B₆, B₈, B₁₁, B₁₃) oraz gleby wapnowanej (B₂, B₇, B₁₁-B₁₃) (AB). Zależności te były zgodne z wyni-

kami MERCIKA i in. [1993] oraz wcześniejszymi 4-letnimi wynikami [KANIUCZAK 1994]. FOTYMA i in. [1984] stwierdzają w oparciu o wieloletnie badania, że regularne nawożenie potasem, nawet w dawkach mniejszych od ilości pobranych przez rośliny, wpływa na przyrost zawartości przyswajalnego potasu w glebie. Przyrost ten jest większy w glebach o mniejszej wyjściowej zasobności w ten składnik. FOTYMA i in. [1984] stwierdzili zrównoważenie bilansu potasu w glebie; zależnie od poziomu plonów przy dawkach 90–150 kg $K_2O \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Korzystny wpływ nawożenia mineralnego na zawartość przyswajalnego potasu w poziomie orno-próchnicznym stwierdzili także inni autorzy [KĘPKA 1977; TERELAK, SADURSKI 1979b; DEMCZUK i in. 1982]. W badaniach BOGUSZEWSKIEGO i in. [1978], KUSIA [1983] oraz MURAWSKIEJ i in. [1994] uzyskano spadek zawartości potasu w glebie, mimo regularnego nawożenia tym składnikiem.

W 8-letnim okresie badań zwiększyła się zawartość przyswajalnego potasu w poziomie Ap gleby wapnowanej (B_2 – B_8 , B_{10} – B_{13}), oraz w niclicznych obiektach gleby nie wapnowanej (B_2 , B_6 , B_{11} , B_{13}) w porównaniu do stanu przed założeniem doświadczenia (124,4 mg $K \cdot kg^{-1}$, $NIR_D=50,2$). W tym samym okresie czasu zaznaczyła się tendencja wzrostu przyswajalnego potasu w poziomie Bt większości obiektów nawozowych gleby wapnowanej i niewapnowanej w stosunku do zawartości przed założeniem doświadczenia (99,6 mg $K \cdot kg^{-1}$, $NIR_D=59,6$). Wzrost potasu przyswajalnego w poziomie Bt gleby lessowej wapnowanej i niewapnowanej, świadczy o wymywaniu tego pierwiastka z poziomu Ap gleby, co jest zgodne z wynikami badań RUSZKOWSKIEJ [1979, 1984]. W glebie lessowej po 4-letniej uprawie roślin w zmianowaniu i nawożeniu NPKMg, NPKMgCa i obornik+NPK stwierdzono obniżenie przyswajalnego potasu tylko na obiektach bez nawożenia potasem [KANIUCZAK 1994]. W badaniach KĘPKI [1977] obserwowano wzrost zawartości przyswajalnego potasu w wyniku wzrastających dawek obornika w całym profilu gleby płowej wytworzonej z gliny lekkiej (Ap-Eet-Bt). Natomiast w przypadku nawożenia mineralnego podobna zależność wystąpiła tylko w poziomie Ap badanej gleby.

Udział K przyswajalnego w K zapasowym

Wapnowanie zwiększyło udział potasu przyswajalnego w potasie zapasowym w poziomie Ap (A_1 – 4,5%, A_2 – 6%), tabela 3.

Nawożenie mineralne (B) zwiększyło także udział K przyswajalnego w zapasowej formie potasu. Najniższy udział tego składnika stwierdzono w obiekcie bez nawożenia NPK – 5,5%, a najwyższy w obiekcie z połową dawki NPK – 8,5%. Wynika to z silnego wyczerpania potasu z gleby obiektu bez nawożenia mineralnego NPK w poziomie Ap w warunkach uprawy roślin przy braku nawożenia potasem. Maksymalny udział potasu przyswajalnego w ogólnej zawartości potasu w poziomie Ap obiektu B_{12} wynika, że przy stosunkowo niskim plonowaniu roślin na tym obiekcie przy umiarkowanym nawożeniu mineralnym, zwiększył się udział tego składnika w glebie. Minimalny udział potasu wystąpił w poziomie Ap obiektu bez nawożenia mineralnego, podbloku NPKMg – 3,3% i w obiekcie B_9 (bez nawożenia potasem), podbloku NPKMgCa – 4,4%. Maksymalny udział potasu przyswajalnego w potasie zapasowym stwierdzono w poziomie Ap obiektu B_4 (NPKMg) i obiektu B_{12} (NPKMgCa). Wynika z tego, że nawet przy umiarkowanym nawożeniu mineralnym NPK zastosowane wapnowanie może uruchamiać potas z jego rezerw glebowych.

Tabela 3; Table 3

Udział (%) potasu przyswajalnego w potasie zapasowym w glebie płowej wytworzonej z lessu w zależności od wapnowania (A) i nawożenia mineralnego (B)

Percentage of available potassium content in reserve potassium (%) in grey-brown-podzolic soil formed from loess depending on liming (A) and mineral fertilization (B)

Wyszczególnienie Specification	A ₁	A ₂	Średnia B Mean B	A ₁	A ₂	Średnia B Mean B
	głębokość w cm; depth in cm					
	0-25			26-50		
B ₁ - N ₀ P ₀ K ₀	3,31	4,70	3,98	1,61	3,00	2,30
B ₂ - N ₀ P ₁ K ₁	5,03	7,75	6,31	3,47	3,85	3,66
B ₃ - N _{0,5} P ₁ K ₁	4,90	5,41	5,15	3,03	4,08	3,55
B ₄ - N ₁ P ₁ K ₁	5,43	6,16	5,78	3,72	4,40	4,06
B ₅ - N _{1,5} P ₁ K ₁	5,36	5,76	5,55	2,17	3,35	2,76
B ₆ - N ₁ P ₀ K ₁	5,03	6,46	5,70	2,80	4,08	3,44
B ₇ - N ₁ P _{0,5} K ₁	4,47	7,22	5,82	2,73	6,16	4,44
B ₈ - N ₁ P _{1,5} K ₁	5,06	5,67	5,35	3,58	3,57	3,57
B ₉ - N ₁ P ₁ K ₀	4,19	4,38	4,29	2,69	3,81	3,25
B ₁₀ - N ₁ P ₁ K _{0,5}	4,70	5,02	4,87	2,90	3,60	3,25
B ₁₁ - N ₁ P ₁ K _{1,5}	5,21	6,30	5,76	3,07	3,45	3,26
B ₁₂ - N _{0,5} P _{0,5} K _{0,5}	5,03	6,80	5,92	3,42	3,72	3,57
B ₁₃ - N _{1,5} P _{1,5} K _{1,5}	4,77	6,78	5,78	3,72	3,55	3,63
Średnia A; Mean A	4,55	6,04		2,96	3,85	

Wapnowanie zwiększyło również udział potasu przyswajalnego w poziomie Bt: A₁ - 3,0%, A₂ - 3,8%. Nawożenie mineralne (B) wpłynęło również na wzrost zawartości potasu przyswajalnego w poszczególnych obiektach poziomu Bt w stosunku do obiektu bez nawożenia NPK. Minimalny udział tego składnika obserwowano w obiekcie bez nawożenia NPK - 2,3% a maksymalny w obiekcie B₇ - 4,4% poziomu Bt. W poziomie Bt podbloków NPKMg i NPKMgCa zaobserwowano również minimalny udział potasu przyswajalnego w obiekcie bez nawożenia NPK, który odpowiednio wynosił 1,6% i 3,0%. Maksymalny udział tego pierwiastka stwierdzono w poziomie Bt obiektu B₁₃ podbloku NPKMg i obiektu B₇ podbloku NPKMgCa. Minimalny udział tego składnika w glebie bez nawożenia NPK wynika z braku nawożenia tym składnikiem, przy czym rośliny korzystają z glebowych rezerw potasu. Maksymalny udział potasu w obiekcie B₇, tj. z połową dawki fosforu jest prawdopodobnie związany z mniejszym pobraniem potasu, wynikającym z niższego plonu w warunkach braku równowagi zastosowanych dawek P i K, stąd możliwa akumulacja potasu w glebie w formach przyswajalnych.

Wnioski

1. Wapnowanie w niewielkim stopniu obniżyło zawartość potasu zapasowego w poziomie Ap, a zwiększyło znacząco zawartość tego składnika w poziomie Bt gleby lessowej. Odwrotnie kształtowała się zawartość potasu przyswajalnego pod wpływem tego zabiegu w poziomie Ap, a podobnie w pozio-

- mie Bt. Wapnowanie uruchamiało potas w glebie, dlatego nastąpiło obniżenie jego form zapasowych, a wzrost form przyswajalnych.
2. Nawożenie mineralne (B) wpłynęło na wzrost zawartości potasu zapasowego w poziomie Ap w większości obiektów nawożonych NPK, natomiast spadek wystąpił w obiekcie bez nawożenia potasem. Obniżenie zawartości potasu zapasowego stwierdzono w większości obiektów nawozowych poziomu Bt, a wzrost w obiekcie ze zwiększonym nawożeniem potasem ($N_1P_1K_{1,5}$).
 3. Zawartość potasu przyswajalnego wzrosła w wyniku nawożenia mineralnego (B) w poziomie Ap we wszystkich obiektach nawożonych pełną dawką potasu w porównaniu do obiektu bez NPK. Nawożenie mineralne (B) zwiększyło zawartość potasu przyswajalnego w poziomie Bt jedynie w obiektach z połową dawki fosforu ($N_1P_{0,5}K_1$) i ze zwiększoną dawką potasu ($N_1P_1K_{1,5}$).
 4. W 8-letnim okresie badań potas zapasowy uległ obniżeniu w poziomie Ap w większości obiektów nawozowych gleby wapnowanej i niewapnowanej. Podobnie kształtowała się zawartość potasu zapasowego w poziomie Bt. Zależności te świadczą o wyczerpywaniu się zasobów potasu z gleby lessowej, w warunkach uprawy roślin w zmianowaniu w wyniku stosowania tylko nawożenia mineralnego NPKMg i NPKMg połączonego z wapnowaniem.
 5. W 8-letnim okresie badań w wyniku nawożenia mineralnego zwiększyła się zawartość potasu przyswajalnego w poziomie Ap gleby wapnowanej, a w mniejszym stopniu w tym poziomie gleby niewapnowanej. W tym samym okresie w poziomie Bt zaznaczyły się zmiany w kierunku wzrostu tego składnika w większości obiektów nawozowych gleby wapnowanej, a w mniejszym stopniu w glebie niewapnowanej. W poziomie Bt gleby niewapnowanej w obiektach bez potasu ($N_0P_0K_0$ i $N_1P_1K_0$) oraz w niektórych obiektach z niezrównoważonym nawożeniem mineralnym ($N_{1,5}P_1K_1$, $N_1P_{0,5}K_1$ i $N_1P_1K_{0,5}$) wystąpiła tendencja spadku zawartości tej formy potasu.
 6. Wapnowanie i nawożenie mineralne zwiększyło udział potasu przyswajalnego w potasie zapasowym w poziomie Ap i Bt gleby lessowej.

Literatura

- BOGUSZEWSKI W., GOSEK S. 1976. *Wyniki doświadczeń z wysokimi dawkami fosforu i potasu w zakładach doświadczalnych IUNG. Cz. III. Pam. Puł. 66: 89–102.*
- BOGUSZEWSKI W., GOSEK S., ZALESKI T. 1978. *Wyniki doświadczeń z wysokimi dawkami fosforu i potasu w zakładach doświadczalnych IUNG. Cz. IV. Doświadczenia w ZD Werbkowice. Pam. Puł. 70: 73–80.*
- DEMCIUK M., FOTYMA M., MAZUR T., BOJARCZUK K., SZCZURKO W. 1982. *Wpływ wzrastającego nawożenia mineralnego na plon roślin i zawartość przyswajalnych składników w glebie. Cz. III. Nawożenie potasem. Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Rolnictwo 34: 41–54.*
- FOTYMA M., GOSEK S., ADAMUS M., KOZŁOWSKA H. 1984. *Wpływ dużych dawek nawozów potasowych na plony roślin oraz bilans i zawartość przyswajalnego potasu w glebie. Pam. Puł. 82: 85–98.*
- GAJEK F., MACHNICKA J. 1981. *Współdziałanie z nawożeniem mineralnym w wielolet-*

nich doświadczeniach łanowych. Pam. Puł. 76: 63–76.

KANIUCZAK J. 1994. *The effect of various systems of mineral fertilization on the content of available forms of phosphorus, potassium and magnesium in brown soil formed from loess.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 413: 179–184.

KANIUCZAK J. 1996. *Bilans azotu, fosforu, potasu i magnezu w glebie lessowej w warunkach nawożenia organiczno-mineralnego.* Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rolnictwo 172(62): 189–195.

KANIUCZAK J. TURSKI R. 1985. *Wpływ agrotechniki na zasobność w fosfor i potas gleb centralnej części Obniżenia Podkarpackiego.* Annales UMCS, sectio E, Vol. XL(23): 221–235.

KANIUCZAK J., GĄSIOR J., HAJDUK E. 1998. *Uproszczony bilans makroelementów w glebie lessowej w zależności od wapnowania i nawożenia mineralnego.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465: 241–249.

KĘPKA M. 1977. *Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na zawartość w glebie składników łatwo przyswajalnych przez rośliny.* Zesz. Nauk. SGGW-AR Warszawa, Rolnictwo 16: 75–86.

KUSZELEWSKI L., ŁABĘTOWICZ J. 1991. *Skutki niezrównoważonego nawożenia mineralnego w świetle trwałego doświadczenia polowego.* Roczn. Gleb. VLI(3/4): 9–17.

KUŚ J. 1983. *Produkcyjność różnych gleb w doświadczeniach mikropoletkowych. Cz. II. Zawartość składników mineralnych w roślinach i glebach.* Pam. Puł. 79: 27–43.

MALIŃSKA H., PIETRASZ-KĘSIK G. 1988. *Wpływ wapnowania oraz nawożenia potasem i magnezem na plony roślin i właściwości gleby wytworzonej z gliny lekkiej.* Pam. Puł. 91: 88–105.

MERCIK S., NOWOSIELSKI O., PAUL M. 1993. *Wpływ zróżnicowanego nawożenia i zmianowania na zawartość składników pokarmowych w glebie płowej po 35 i 70 latach w statycznych doświadczeniach nawozowych.* Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Cz. I, Sesja Nauk. 277(37): 85–94.

MERCIK S., STEPIEŃ W. 1993. *Działanie potasu przy różnym odczynie i zasobności gleb w magnez w doświadczeniach statycznych.* Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Cz. I, Sesja Nauk. 277(37): 15–26.

MURAWSKA B., SPYCHAJ-FABISIAK E., ANDRZEJEWSKI J. 1994. *Wpływ wieloletniego nawożenia azotowo-potasowego na zmiany zawartości przyswajalnego potasu i jego bilans.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 414: 89–98.

RUSZKOWSKA M., RĘBOWSKA Z., KUSIO M., MROCZKOWSKI W., SYKUT S. 1979. *Bilans składników pokarmowych w doświadczeniu lizymetrycznym w latach 1975–1977.* Pam. Puł. 71: 7–23.

RUSZKOWSKA M., RĘBOWSKA Z., SYKUT S., KUSIO M. 1984. *Bilans składników pokarmowych w doświadczeniu lizymetrycznym (1977–1981). Cz. I. Bilans azotu, fosforu i potasu.* Pam. Puł. 82: 7–28.

TERELAK H., SANDURSKI W. 1979a. *Badania modelowe nad przemianą potasu glebowego pod wpływem wapnowania.* Praca Komisji Nauk. PTG. Komisja chemii gleby 11/12: 143–152.

TERELAK H., SANDURSKI W. 1979b. *Wpływ zróżnicowanego poziomu nawożenia potasem na statyczne i dynamiczne wskaźniki zawartości tego pierwiastka w glebie.* Roczn. Gleb. XXX(1): 125–135.

Słowa kluczowe: gleba lessowa, wapnowanie, nawożenie mineralne, K zapasowy, K przyswajalny

Streszczenie

Badania nad zawartością potasu zapasowego i przyswajalnego przeprowadzono na Podgórzu Rzeszowskim w latach 1986–1993 na stałym polu nawozowym założonym na glebie płowej wytworzonej z lessu. Gleba charakteryzowała się dużym zakwaszeniem poziomu Ap i górnej części poziomu Bt, dla których pH (w roztworze KCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) wynosiła odpowiednio 3,92 i 3,89 i kwasowość hydrolytyczna 48,7 i 36,0 $\text{mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$. Doświadczenie polowe obejmowało uprawę roślin w 4-letnim zmianowaniu: ziemniaki, jęczmień jary, kapusta pastewna lub słonecznik i pszenica ozima. Zastosowano zróżnicowane nawożenie mineralne NPK+Mg constans (A_1) i NPK+Mg+Ca constans. W każdym roku doświadczenia, w poziomie Ap (0–25 cm) i w poziomie Bt (26–50 cm) oznaczano K przyswajalny, metodą Egnera-Riehma. Potas rezerwowy oznaczano w latach 1986, 1989 i 1993 metodą ASA po uprzednim trawieniu gleby w stężonym HClO_4 . Wapnowanie obniżyło zawartość potasu zapasowego w poziomie Ap, a zwiększyło w poziomie Bt. Wapnowanie zwiększyło zawartość potasu przyswajalnego w poziomie Ap i Bt.

Nawożenie mineralne wpłynęło na wzrost zawartości potasu zapasowego w poziomie Ap, a obniżyło w poziomie Bt w porównaniu do obiektu NPK. Nawożenie mineralne zwiększyło zawartość potasu przyswajalnego w poziomie Ap w obiektach nawożonych potasem w porównaniu do obiektu bez nawożenia NPK.

W 8-letnim okresie badań potas zapasowy w poziomie Ap i Bt obniżył się w większości obiektów doświadczenia NPKMg i NPKMgCa. W tym samym czasie zwiększyła się zawartość potasu przyswajalnego w poziomie Ap gleby doświadczenia NPKMg i NPKMgCa. Wapnowanie zwiększyło udział potasu przyswajalnego w potasie zapasowym w poziomie Ap i Bt gleby lessowej.

THE CONTENT OF SOME POTASSIUM FORMS IN GREY-BROWN-PODZOLIC SOIL FORMED FROM LOESS DEPENDING ON THE LIMING AND MINERAL FERTILIZATION

Janina Kaniuczak Edmund Hajduk, Małgorzata Nowak

Department of Chemization of Agricultural Production in Rzeszów,
Agricultural University, Kraków

Key words: loessive soil, liming, mineral fertilization, reserve K, available K

Summary

The research pertaining to the reserve K and available K contents in soils was carried out in 1986–1993 on permanent fertilization field in the area of Rzeszów Submontane Region. The grey-brown-podzolic soil formed from loess was characterized by very acid reaction in Ap and Bt horizons, pH in KCl was – 3.92 and 3.89 respectively. Hydrolytic acidity, also very high, amounted 48.7 and 36.0 $\text{mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$. The crop rotation was as follows: potatoes, spring barley, fodder cabbage or fodder sunflower, winter wheat. The differentiated NPK fertilization was applied on the background of Mg (A_1 – experiment NPKMg) and Mg+Ca (A_2 – experiment NPKMgCa) constant fertilization. In each year of

experiment the available content of K was determined in the Ap horizon (0–25 cm) and in the Bt horizon (26–50 cm) by Egner-Riehm method. The reserve potassium was estimated by the spectrophotometry of atomic absorption method, after mineralizing soil samples in concentrated HClO_4 (in years 1986, 1989, 1993). The liming decreased the reserve K content in Ap horizon and increased reserve K in Bt horizon. The liming increased available K content in Ap horizon and Bt horizon. The NPK fertilization increased reserve K content in Ap horizon, decreased reserve K content in Bt horizon in comparison to the reserve K content object without NPK.

In the 8-year period the decrease of reserve K content in Ap horizon and Bt horizon at experimental NPKMg and NPKMgCa fertilization was observed. In the same time increased available K content in Ap horizon of experiment NPKMg and NPKMgCa fertilization. The liming increased available K participation in the reserve K content in either, Ap horizon and Bt horizon of loessial soil.

Dr hab. Janina **Kaniuczak**
Zakład Chemizacji Produkcji Rolniczej
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja
ul. Ćwiklińskiej 2
35–601 RZESZÓW