

WPŁYW WIELOLETNIEGO NAWOŻENIA AZOTOWO-POTASOWEGO NA ZMIANY ZAWARTOŚCI PRYSWAJALNEGO POTASU I JEGO BILANS

Barbara Murawska, Ewa Spychaj-Fabisiak, Jerzy Andrzejewski

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

WSTĘP

Zmiany zawartości w glebie poszczególnych składników pokarmowych mogą być powodowane różnymi czynnikami zarówno przyrodniczymi jak i wynikającymi z działalności człowieka. Za ich główną przyczynę uważa się jednak stosowanie nawożenia mineralnego. Zakres i tempo zmian zależy od typu gleby, stosowanego asortymentu nawozów oraz zmianowania roślin [3,7,10]. Nieprawidłowe nawożenie prowadzi do obniżenia potencjału produkcyjnego gleb lub naruszenia równowagi składników pokarmowych jak również przyczynia się do degradacji gleb.

Podjęte badania miały na celu określenie zmian zawartości przyswajalnego potasu w glebie pod wpływem wieloletniego (19 lat) nakładania różnych poziomów nawożenia potasowo-azotowego bez nawożenia organicznego przy jednolitym nawożeniu fosforem. W pracy obliczono efektywność nawożenia potasem, jak również przedstawiono wyniki uproszczonego bilansu potasu.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Podstawę niniejszego opracowania stanowią wyniki dwóch statycznych doświadczeń polowych (A i B) założonych w bezpośrednim sąsiedztwie, prowadzonych w latach 1974-1992 w RZD Wierzchucinek, gdzie stosowano zróżnicowane nawożenie azotowo-potasowe oraz różne zmianowania roślin. Wykaz uprawianych roślin i wysokość dawek nawozów mineralnych przedstawiono w poniższej tabeli [kg/ha]:

ROŚLINA	NAWOŻENIE						
	N ₁	N ₂	N ₃	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃
<u>Doświadczenie A</u>							
kukurydza	80	160	240	0	50	100	150
rzepak ozimy	80	160	240	0	50	100	150
pszenica ozima	50	100	150	0	33	66	100
żyto poplonowe	40	80	120	0	25	55	75
	N ₁	N ₂	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
<u>Doświadczenie B</u>							
burak pastewny	60	120	0	50	100	150	200
kukurydza	90	180	0	33	66	100	133
żyto ozime	50	80	0	33	66	100	133

Zastosowane średnie dawki azotu i potasu za 19 lat w doświadczeniu A wynosiły: $N_1=63$ kg, $N_2=126$ kg, $N_3=189$ kg, $K_0=0$ kg, $K_1=40$ kg, $K_2=80$ kg, $K_3=120$ kg, natomiast w doświadczeniu B: $N_1=66$ kg, $N_2=126$ kg, $K_0=0$ kg, $K_1=40$ kg, $K_2=80$ kg, $K_3=120$ kg, $K_4=160$ kg. Szczegółowe informacje dotyczące schematu omawianych doświadczeń polowych zostały podane we wcześniejszych pracach [1,2].

W celu przedstawienia plonów różnych gatunków uprawianych roślin przeliczono je na jednostki zbożowe. Średni plon jednostek zbożowych z doświadczeń za okres 19 lat przedstawiono w tabeli 1. W doświadczeniu A, gdzie stosowano trzy poziomy nawożenia azotem i cztery poziomy nawożenia potasem, stwierdzono istotny wpływ

Tabela 1

Plon jednostek zbożowych z hektara – średnia z lat badań
Yield of cereal units per hectare – mean from period of studies

Nawożenie Fertilization N	Zakres dawek Range of doses K	Doświadczenie Experiment	
		A	B
N_1	K_0	66.1	55.8
	K_1	68.4	59.1
	K_2	72.4	62.1
	K_3	73.2	62.4
	K_4	-	58.6
Średnie	-	70	59.6
N_2	K_0	73.7	61.6
	K_1	76.1	67.7
	K_2	82.2	68.4
	K_3	80.4	66.7
	K_4	-	70.8
Średnie	-	78.1	67.1
N_3	K_0	72.1	-
	K_1	74.0	-
	K_2	82.5	-
	K_3	80.6	-
	K_4	-	-
Średnie	-	77.3	-
Średnie	K_0	70.6	58.7
	K_1	72.8	63.4
	K_2	79.0	65.3
	K_3	78.1	64.6
	K_4	-	64.7

NIR dla nawożenia azotem 4.68 4.95
LSD for nitrogen fertilization

NIR dla nawożenia potasem 4.01 4.49
LSD for potassium fertilization

obu czynników na wysokość uzyskanych plonów. Wzrastające dawki nawożenia azotem powodowały istotny wzrost plonu tylko do poziomu dawki N_2 ($N_2=126$ kg N/ha/rok). Zastosowane nawożenie potasem powodowało najwyższe przyrosty plonów do poziomu nawożenia $K_2=80$ kgK/ha/rok niezależnie od poziomu nawożenia azotem. W doświadczeniu B stosowano dwa poziomy nawożenia azotem i pięć poziomów nawożenia potasem, które istotnie wpłynęło na uzyskane plony roślin. Różnica w średnim rocznym plonie pomiędzy zastosowanymi poziomami nawożenia azotem ($N_1=66$ kg N/ha i $N_2=126$ kg N/ha) wynosiła 7,45 jednostek zbożowych z hektara. Niezależnie od nawożenia azotem najwyższy plon uzyskano z obiektów nawożonych średnią dawką potasu ($K_2=80$ kg K/ha/rok) – 65,27 jednostek zbożowych z hektara, kolejne wzrastające dawki potasu nie powodowały istotnych zmian w wielkości uzyskanych plonów. Porównanie danych obu doświadczeń wskazuje, że wyższy średni roczny plon jednostek zbożowych z hektara uzyskano z doświadczenia A (75), zaś w doświadczeniu B uzyskano plon 63,33 jednostek zbożowych z hektara rocznie.

W przeprowadzonych doświadczeniach stwierdzono po 19 latach badań bardzo wyraźne zmiany zawartości podstawowych składników pokarmowych w glebie. Zaobserwowano wyraźny spadek zawartości azotu ogólnego w doświadczeniu A o około 28% zaś w doświadczeniu B o około 25%. Natomiast zawartość przyswajalnego fosforu uległa podwyższeniu w stosunku do wartości wyjściowej odpowiednio o 11% i 16%.

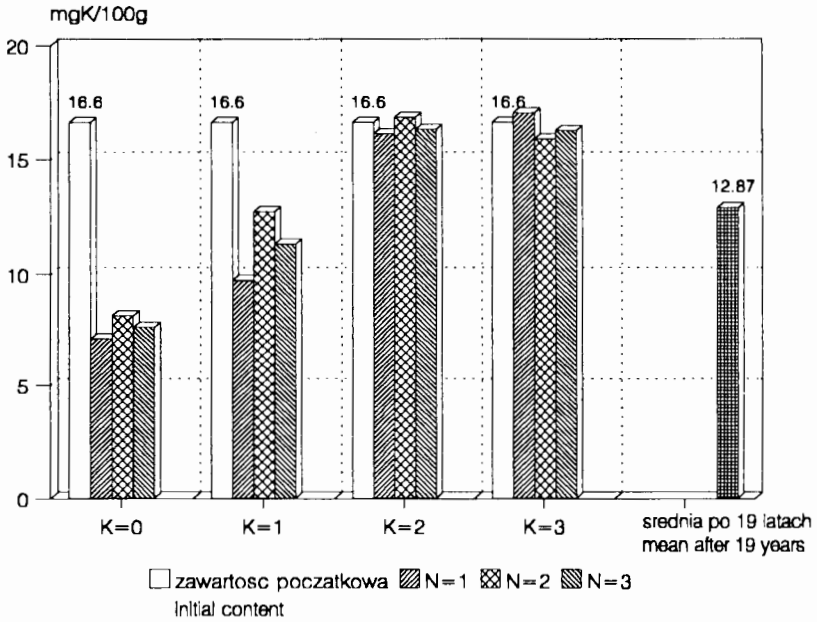
Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono zmiany zawartości przyswajalnego potasu w glebie. Po 19 latach badań stwierdzono spadek zawartości przyswajalnego potasu

Tabela 2

Efektywność nawożenia potasem wyrażona w jednostkach zbożowych/100kg K
(średnia ze wszystkich lat badań)

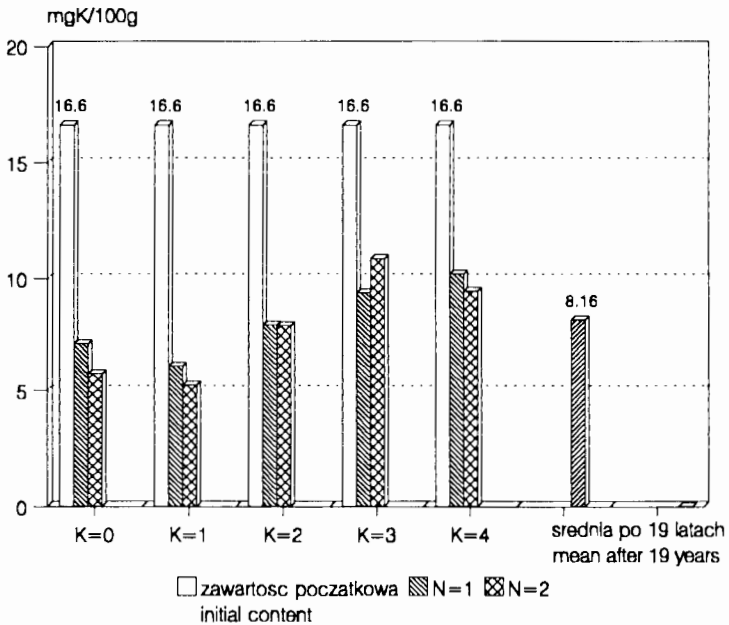
Efficiency of potassium fertilization, expressed in cereal units/100 kg K
(mean for all the experiment years)

Nawożenie Fertilization N	Zakres dawek Range of doses K	Doświadczenie Experiment	
		A	B
N_1	$K_1 - K_0$	5.90	8.1
	$K_2 - K_1$	10.0	7.6
	$K_3 - K_2$	1.85	0.32
	$K_4 - K_3$	-	-9.55
N_2	$K_1 - K_0$	6.0	15.2
	$K_2 - K_1$	15.1	1.9
	$K_3 - K_2$	4.4	-4.2
	$K_4 - K_3$	-	10.1
N_3	$K_1 - K_0$	4.7	-
	$K_2 - K_1$	21.3	-
	$K_3 - K_2$	4.75	-
	$K_4 - K_3$	-	-



Rysunek 1. Zawartość przyswajalnego potasu w glebie po 19 latach prowadzenia badań (doświadczenie A)

Figure 1. Content of available potassium in soil after 19 years of studies (experiment A)



Rysunek 2. Zawartość przyswajalnego potasu w glebie po 19 latach prowadzenia badań (doświadczenie B)

Figure 2. Content of available potassium in soil after 19 years of studies (experiment B)

Tabela 3

Bilans potasu po 19 latach. Doświadczenie A
Potassium balance after 19 years. Experiment A

Nawożenie Fertilization		Nawożenie Fertilization kg K/ha	Pobranie Uptake kg K/ha	Różnica bilansowa Difference of balance kg/ha	Zmiany przyswajal- nego K Changes of available K kg/ha
azotem nitrogen	potasem potassium				
N ₁	K ₀	0	4027	-4027	-258
	K ₁	1000	4193	-3193	-207
	K ₂	2000	4437	-2437	-15
	K ₃	3000	4459	-1459	+13
średnie mean	-	1500	4279	-2779	-123
N ₂	K ₀	0	4491	-4491	-254
	K ₁	1000	4666	-3666	-133
	K ₂	2000	5033	-3033	+7
	K ₃	3000	4928	-1928	-22
średnie mean	-	1500	4779	-3279	-100
N ₃	K ₀	0	4395	-4395	-269
	K ₁	1000	4525	-3525	-159
	K ₂	2000	5069	-3069	-9
	K ₃	3000	4964	-1928	-11
średnie mean	-	1500	4738	-3238	-112
średnie mean	-	1500	4599	-3099	-122
NIR dla dawek azotu LSD for nitrogen doses			263.3		
NIR dla potasu LSD for potassium doses			234.8		

w glebie zarówno w doświadczeniu A jak i B odpowiednio o 22% i 51% w porównaniu z jego zawartością oznaczoną w 1974 roku (przed założeniem doświadczenia). Zastosowane wieloletnie nawożenie azotem nie wpłynęło istotnie na zawartość omawianej formy potasu w obu doświadczeniach. Stwierdzono natomiast tu istotny wpływ nawożenia potasem. Zastosowane dawki K powodowały wzrost zawartości tego składnika w doświadczeniu A do poziomu K₂=80 kg K/ha, w doświadczeniu B do poziomu K₃=120 kg K/ha. Różnice pomiędzy obiektem kontrolnym (K₀) a nawożonymi średnią dawką potasu (K₂ i K₃) niezależnie od nawożenia azotem w doświadczeniach A i B wynosiły odpowiednio +8,79 mg K/100g gleby i +3,67 mg K/100g gleby. Najwyższe dawki potasu niezależnie od nawożenia azotem nie powodowały już istotnych zmian. Efektywność nawożenia potasem wyrażona w jednostkach zbo-

Tabela 4

Bilans potasu po 19 latach. Doświadczenie B
Potassium balance after 19 years. Experiment B

Nawożenie Fertilization		Nawożenie Fertilization kg K/ha	Pobranie Uptake kg K/ha	Różnica bilansowa Difference of balance kg/ha	Zmiany przyswajal- nego K Changes of available K kg/ha
azotem nitrogen	potasem potassium				
N ₁	K ₀	0	3035	-3335	-286
	K ₁	760	3497	-2737	-316
	K ₂	1520	3660	-2140	-261
	K ₃	2280	3688	-1048	-217
	K ₄	3040	3451	-411	-192
średnie mean	-	1520	3526	-2006	-254
N ₂	K ₀	0	3653	-3653	-326
	K ₁	760	3960	-3200	-341
	K ₂	1520	4059	-2539	-262
	K ₃	2280	4015	-1735	-175
	K ₄	3040	4236	-1196	-215
średnie mean	-	1520	3985	-2465	-264
średnie mean	-	1520	3756	-2236	-269
NIR dla dawek azotu LSD for nitrogen doses			176.3		
NIR dla potasu LSD for potassium doses			254.0		

zowych na 100 kg K przedstawiono w tabeli 2. W doświadczeniu A efektywność nawożenia potasem była najwyższa dla średnich dawek (K₃-K₁) i zależała od poziomu nawożenia azotem wynosząc odpowiednio 10,0; 15,1; 21,3; jednostek zbożowych na 100 kg K. Natomiast w doświadczeniu B na tle niskiego nawożenia azotem maksymalną efektywność uzyskano dla dawek niższych (K₁ i K₂) odpowiednio 8,1 i 7,6 jednostek zbożowych na 100 kg K, natomiast na tle wyższej dawki azotu maksymalną efektywność uzyskano dla dawek niskich i najwyższych (15,17 i 10,10 jednostek zbożowych na każde 100 kg K).

W oparciu o uzyskane dane obliczono ilości potasu pobrane przez rośliny i zastosowane w nawożeniu. Pozwoliło to na określenie różnic bilansowych charakteryzujących możliwość wzbogacenia lub zubożenia gleby w potas. Konfrontacja uzyskanych danych z wynikami analiz glebowych stanowi istotny element prognozowania nawożenia potasem. Bilans potasu w doświadczeniach A i B (tabela 3 i 4) we wszystkich obiektach doświadczenia był zdecydowanie ujemny. Wprawdzie wzrasta-

jące nawożenie potasem wyraźnie go poprawiało, jednak nawet najwyższe dawki nie mogły w pełni zrównoważyć jego ujemnego bilansu. Zwiększone nawożenie azotem pogłębiało również ujemny bilans potasu tylko do poziomu dawki N_2 średnio o 500 kg K, natomiast dawka N_3 nieco go obniżyła, średnio o 459 kg K, a w doświadczeniu B o 458 kg K.

DYSKUSJA

Efekt działania nawozów mineralnych może być bardzo zmienny, zależy bowiem od takich czynników, jak przebieg warunków atmosferycznych, zasobność gleby, gatunek i odmiana uprawianej rośliny [4,7,13]. Znalazło to również odbicie w badaniach własnych, gdzie o wysokości plonów decydowało nie tylko nawożenie, ale i zastosowane zmianowanie. Podobne zależności wykazali Naglik [12] i Fotyma [5]. Plon roślin okazał się najwyższy w obu doświadczeniach przy średnim poziomie nawożenia potasowego i azotowego. Odpowiadało to stosowaniu 80 kg K/ha/rok, co pozwoliło uzyskać plon w zakresie 63-75 jednostek zbożowych. Fotyma [6] zaleca jako optymalną dawkę potasu przy plonach poniżej 40 jednostek zbożowych z hektara w wysokości $K=75$ kg/ha/rok, natomiast jeżeli plony przekraczają 40 jednostek zbożowych należy zastosować potas w ilości 125 kg K/ha. Efektywność działania nawozów potasowych w omawianych doświadczeniach była zróżnicowana. W doświadczeniu A najwyższą efektywność nawożenia potasem stwierdzono dla średnich dawek potasu. Przeciętna efektywność 1 kg K dla przedziału dawek potasu (40-80 kg K/ha/rok) wynosiła 0,1-0,21 jednostek zbożowych na 1 kg K. W doświadczeniu B maksymalną efektywność uzyskano na tle wysokich dawek azotu w przedziale dawek potasu (K_1-K_0) i (K_1-K_3) i wynosiła ona odpowiednio 0,15 i 0,1 jednostek zbożowych na 1 kg K. Podobne działanie zastosowanego potasu stwierdzili Boguszewski i Gosek [3].

Prowadzone przez 19 lat doświadczenia ze zróżnicowanym nawożeniem azotowo-potasowym spowodowało dość daleko idące zmiany w zawartości w glebie N ogółem, przyswajalnych form P i K oraz Mg. Szybkość z jaką następują te zmiany jest znaczna i zależy od naturalnej i nabytej zasobności warstwy ornej gleby, jak i jej podłoża oraz uprawianych roślin [5,7,16]. Utrzymanie dodatniego bilansu fosforu i wzrost jego zawartości w glebie nawet przy niskich i średnich dawkach P uzyskali Szczuka i wsp. [14]. Podobne wyniki uzyskano w badaniach własnych, gdzie stwierdzono wzrost zawartości w glebie tego składnika średnio o 11-15%. Inaczej w badaniach własnych kształtowały się zmiany zawartości przyswajalnego potasu. Nastąpił tu wyraźny spadek jego zawartości. Utrzymanie dodatniego bilansu potasu wg Fotymy [6,7] jest możliwe tylko przy stosowaniu wysokich dawek potasu, czego nie udało się osiągnąć w prezentowanych badaniach własnych nawet przy wysokich dawkach K. Pewne trudności można także napotkać przy ustalaniu dawek potasu z uwzględnieniem jego bilansu. Zwracają na to uwagę Naglik, Pondel [12]. Stwierdzają oni, że dawka 120-240 kg K_2O równoważy bilans potasu, a w niektórych przypadkach nawet przy dawce 240 kg K_2O /ha uzyskano bilans ujemny. Fotyma i in. [5] wykazali liniową zależność różnicy bilansowej potasu od dawki tego skład-

nika i plonu. Z badań tych wynika, że przy plonach rzędu 60 jednostek zbożowych z hektara zrównoważony bilans potasu uzyskuje się przy dawce 140 kg K_2O /ha/rok.

W naszych badaniach nawet najwyższe dawki potasu 120 i 160 kg K/ha rocznie nie równoważyły ujemnego bilansu potasu przy plonie 63-75 jednostek zbożowych. W wyniku znacznych różnic w bilansie potasu na poszczególnych obiektach wynikających z wzrastającego nawożenia nastąpiły wyraźne zmiany w zawartości dostępnego potasu. Stwierdzono tu, że na obiekcie nienawożonym, jak również na pozostałych, rośliny pobrały (tabela 3) znacznie więcej tego pierwiastka niż wynosi ubytek potasu przyswajalnego w glebie. Podobne rezultaty uzyskali Pondel i Gosek [8]. Po 19 latach badań własnych zawartość tego składnika uległa generalnie obniżeniu, jednakże w stopniu zupełnie nieproporcjonalnym do wysokiej przewagi pobierania nad nawożeniem. Przypuszczalnie było to rezultatem wykorzystania przez rośliny znacznych ilości potasu zapasowego. Uruchamianie tej formy potasu związane może być z przechodzeniem do roztworu potasu silnie związanego oraz części potasu strukturalnego w siatkach krystalicznych mineralów glebowych [11]. Terelak [15] i Fotyma [5] nie wykluczają możliwości pobierania potasu z warstwy poniżej 40 cm.

W prezentowanych badaniach obniżenie zawartości potasu przyswajalnego było zróżnicowane. W doświadczeniu A nastąpił spadek o 22%, a w doświadczeniu B o 51%, co odpowiednio w przeliczeniu rocznym daje ubytek 0,2 i 0,5 mg K/100g gleby. Natomiast zużycie potasu na produkcję 1 jednostki zbożowej w obu doświadczeniach było zbliżone i wynosiło średnio od 3,14 do 3,22 kg K/rok.

Mimo różnic w zmianach zawartości potasu przyswajalnego oraz wyraźnie zróżnicowanego bilansu, pobranie potasu przez rośliny uprawne było zbliżone w obu doświadczeniach. Sugeruje to wyraźny wpływ typu zmianowania na pobranie potasu. Badania własne potwierdzają wyniki uzyskane przez Terelaka i Fotymę, według których wielkość dawki równoważącej zależy od pobrania. Niższe zużycie potasu na jednostkę zbożową przy wyższych dawkach uzyskali Naglik [12] i Rabikowska [13]. Otrzymane przez tych autorów wartości wynoszą odpowiednio 2,58 kg K_2O /jednostkę zbożową oraz 2,6 kg K/jednostkę zbożową.

WNIOSKI

1. W porównywanych dwóch zmianowaniach zróżnicowanie w plonach między doświadczeniem A i B wyniosło 18,5% na korzyść zmianowania zbożowo-pastewnego (doświadczenie A).
2. W wyniku regularnego stosowania nawożenia potasem uzyskano spadek zawartości przyswajalnych form tego składnika. Spadek ten dla stosowanych w doświadczeniu dawek potasu wynosił średnio w doświadczeniu A 22%, w doświadczeniu B 51%.
3. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono przeciętnie wysoką efektywność nawożenia potasem, zwłaszcza w doświadczeniu A, mieszczącą się przy średnich dawkach ($K_2=80$ kg) w granicach 0,1 - 0,2 jednostki zbożowej na 1 kg K i zależało od nawożenia azotem.

4. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono wyraźnie ujemny bilans potasu nawet przy stosowaniu bardzo wysokich dawek tego składnika co nie wpłynęło na wysokość uzyskiwanych plonów.

LITERATURA

1. Andrzejewski J., Murawska B., Janowiak J. (1988). Wpływ nawożenia azotowo-potasowego na wysokość i jakość plonu kukurydzy uprawianej na silos. Materiały sympozjum ART-Olsztyn, cz. II, 37-45.
2. Andrzejewski J., Murawska B., Janowiak J. (1988). Wpływ nawożenia azotowo-potasowego na wysokość i jakość plonu żyta ozimego ozimego uprawianego na zieloną masę. Materiały sympozjum ART-Olsztyn, cz. I, 233-241.
3. Boguszewski W., Gosek S., Zalewski T. (1978). Wyniki doświadczeń z wysokimi dawkami fosforu i potasu w Zakładach Doświadczalnych. Pam. Pul., 70, 73-83.
4. Cieccko Z. (1990). Wpływ nawożenia azotem na zasobność gleb w przyswajalne składniki oraz plonowanie roślin. Zesz. Nauk. AR-Wrocław, 196, Rolnictwo 53, 18-26.
5. 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. Pul., 82, 85-98.
6. Fotyma M., Gosek S. (1986). Elementy bilansu potasu jako podstawa nawożenia tym składnikiem. Roczn. Glebozn. 37, 1, 28-39.
7. Fotyma M., Naglik E. (1986). Wartość nawozowa rezerw fosforu i potasu nagromadzonego w glebie w wyniku wieloletniego nawożenia. Roczn. Glebozn. 37, 4, 115-122.
8. Gajak F. (1971). Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego na wysokość plonów roślin uprawnych oraz niektóre zmiany właściwości chemicznych gleb. Pam. Pul., 42, 37-51.
9. Gosek S., Fotyma M. (1989). Reakcja roślin i członów zmianowań na corocznie i skomasowane nawożenie potasem. IUNG Pulawy.
10. Lehman K., Maltosz C. (1989). Wpływ zróżnicowanego nawożenia potasem i azotem na zawartość niektórych form potasu w glebie po 3-letniej uprawie polowej traw. Materiały sympozjum ART-Olsztyn, 95-109.
11. Mercik S. (1987). Bezpośrednie i następcze działanie skomasowanych dawek potasu na roślinę i glebę. Roczn. Nauk Rol., A, 108, 1, 40-49.
12. Naglik E., Pondel H. (1981). Wpływ intensywnego nawożenia mineralnego na plony roślin w zmianowaniu, skład chemiczny roślin oraz zasobność gleby. IUNG Pulawy R [158], 1-57.
13. Rabikowska B., Wilk K. (1988). Wpływ corocznego i skomasowanego nawożenia potasem na plony roślin w wieloletnim zmianowaniu. Materiały sympozjum ART-Olsztyn.
14. Szczerko W., Fotyma M., Mazur T., Bojarczuk K., Demczuk M. (1983). Wpływ wzrastającego nawożenia mineralnego na plon roślin i zawartość przyswajalnych składników w glebie. Zesz. Nauk ART-Olsztyn, Rol. 34, 29-38.
15. Terelak H. (1984). Kształtowanie się glebowych wskaźników zaopatrzenia roślin w potas w zależności od poziomu nawożenia tym składnikiem i gatunku gleby. Wyd. IUNG, ser. R, 193, 1.
16. Terelak H., Fotyma M. (1986). Wpływ nawożenia potasem na zawartość form tego składnika w glebie i ich pobranie przez rośliny. Roczn. Gleb. 37, 1, 54-62.

STRESZCZENIE

Badania wieloletnie (19 lat) przeprowadzono w oparciu o dwa doświadczenia statyczne. Stosowano różne zmianowanie roślin oraz zróżnicowane nawożenie azotowo-potasowe.

Pomimo początkowo wysokiej zasobności gleby w potas, uzyskano wysoką efektywność i produktywność nawożenia potasem.

Zmiany zawartości przyswajalnych form potasu w glebie były silnie związane z ujemnym saldem bilansowym tego składnika.

THE INFLUENCE OF A NITROGEN-POTASSIUM FERTILIZATION IN THE SOIL OF AVAILABLE POTASSIUM FORMS AND THEIR BALANCE

Barbara Murawska, Ewa Spychaj-Fabisiak, Jerzy Andrzejewski

Department of Agricultural Chemistry, University of Technology and Agriculture in Bydgoszcz

S u m m a r y

Long term (19 years) studies have been performed on the basis of two static experiments.

Different crop rotation and different nitrogen-potassium fertilization were applied.

Despite high initial potassium content in soil both high efficiency and productivity of the fertilization were reached. Changes in the content of available potassium forms in soil were strongly linked with negative potassium balance.

Dr inż. Barbara Murawska
Akademia Techniczno-Rolnicza
Katedra Chemii Rolnej
ul. Seminaryjna 5
85-326 Bydgoszcz