

ZMIANY ZAWARTOŚCI FORM OGÓLNEJ I DOSTĘPNEJ POTASU W GLEBIE LEKKIEJ ORAZ W ROŚLINIE W ZALEŻNOŚCI OD TRWAŁEGO, ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA OBORNIKOWO-MINERALNEGO

Wiesław Szulc

Katedra Chemii Rolniczej
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Wstęp

Zgodnie z badań przeprowadzonych przez Stacje Chemiczno-Rolnicze w Polsce dominują gleby ubogie bądź bardzo ubogie w potas [CZUBA 1995]. Na glebach takich może wystąpić silna niewymienna sorpcja potasu [FOTYMA, GOSEK 1983; MERCIK 1993]. Dla zwiększenia zasobności takich gleb o 1 mg K₂O 100 g⁻¹ gleby należy zastosować ponad 100 kg K₂O na 1 hektar [JABŁOŃSKI, SIENKIEWICZ 1993]. Problem ten występuje szczególnie na glebach lekkich, gdzie wysokie dawki nawozów potasowych mogą nie powodować wzrostu plonów w wyniku ich antagonistycznego działania [MERCIK 1993]. Dlatego też na glebie lekkiej założono w 1968 roku trwale doświadczenie nawozowe w którym badano wpływ wzrastających dawek nawozów mineralnych z dodatkiem lub bez obornika, na formy potasu w glebie oraz na plonowanie i skład chemiczny roślin.

Materiał i metody

Na polu doświadczalnym RZD w Łyczynie k/Warszawy występują typowe dla większości obszaru Polski gleby płowe wytworzone z glin i piasków zwałowych. Profil gleb jest charakterystyczny dla gleb płowych (Ap-Eet-Bt-C). Wierzchnią warstwę pola stanowi piasek gliniasty, czasem słabo gliniasty, zalegający na glinie zwałowej lekkiej. Pod względem przydatności rolniczej gleb pole to należy do kompleksu żyniego dobrego klasy bonitacyjnej IVb. Z wyjściowej analizy chemiczno-rolniczej wynika, że gleby pola doświadczalnego są ubogie w substancję organiczną i azot ogólny, jak również w dostępny dla roślin magnez (2,0-2,4 mg·100 g⁻¹ gleby), fosfor (2,5-3,3 mg·100 g⁻¹ gleby) oraz potas (6,5-7,7 mg·100 g⁻¹ gleby). Na początku doświadczenia w roku 1968 gleby wykazywały odczyn lekko kwaśny i kwaśny (pH w roztworze KCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³=4,5-5,7) [KUSZELEWSKI, ŁABĘTOWICZ 1986].

Podstawowe wskaźniki pogody i klimatu rejestrowane są od 1965 r. Średnie wieloletnie opady w okresie wegetacji (od kwietnia do września) wynosiły 341,4 mm, a średnia temperatura 14,0°C. Wyniki te zbliżone są do odpowiednich średnich województwa warszawskiego oraz Polski Centralnej [KUSZELEWSKI 1967].

Trwałe, statystyczne doświadczenie nawozowe założone zostało w 1968r. przez prof. dr hab. L. Kuszelewskiego jako dwuczynnikowe w układzie losowanych bloków. Przy dziesięciu wariantach nawozowych, czterech powtórzeniach, obejmuje ono czterdzieści poletek o powierzchni 50 m² każde. Ze względu na konieczność kontroli ilości wnoszonych w nawozach składników pokarmowych w płodozmianie czteropolowym nie występują rośliny motylkowe, natomiast uprawiane są: ziemniaki, jęczmień, rzepak ozimy i pszenica ozima. Schemat doświadczenia obejmuje nawożenie mineralne przy pięciu wzrastających poziomach na tle obornika or az to samo nawożenie mineralne bez obornika.

Łączna dawka obornika w płodozmianie wynosi 50 t, dzielona pod ziemniaki w ilości 30 t·ha⁻¹, a pod rzepak ozimy 20 t·ha⁻¹. Przy przeciętnym składzie chemicznym obornika N – 0,5%, P – 0,14%, K – 0,5%, Mg – 0,12%, wnoszono rocznie 142 kg NPK·ha⁻¹ co stanowi dawkę ekwiwalentną przy średnim poziomie nawożenia mineralnego (2 NPK). Ze względu na zróżnicowane potrzeby pokarmowe, dawki nawozów były różne dla poszczególnych roślin, lecz w przeliczeniu na jeden hektar w płodozmianie pozostawały stałe i wynosiły:

0	–	kontrola
70 kg NPK	–	poziom nawożenia niski (NPK)
140 kg NPK	–	poziom nawożenia średni (2 NPK)
210 kg NPK	–	poziom nawożenia wysoki (3 NPK)
280 kg NPK	–	poziom nawożenia bardzo wysoki (4 NPK)

Przy podanej strukturze doświadczenia i przeciętnym poziomie nawożenia w płodozmianie nawożenie dla poszczególnych roślin, w zależności od ich potrzeb pokarmowych jest zróżnicowane i wynosi od 70 kg – przy niskim poziomie nawożenia (NPK) – do 280 kg – przy bardzo wysokim poziomie nawożenia (4 NPK) (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Schemat doświadczenia i poziom nawożenia
Scheme of experiment and level of fertilization

Roślina; Plant	Stosunek Proportion			Poziomy nawożenia Doses of mineral fertilization (kg NPK·ha ⁻¹)			
	N	P	K	NPK	2 NPK	3 NPK	4 NPK
Ziemniaki; Potatoes	1	0,20	1,14	104	208	312	416
Jęczmień jary; Spring barley	1	0,43	0,83	45	90	135	180
Rzepak ozimy; Winter rape	1	0,33	0,83	87	174	261	348
Pszenica ozima; Winter wheat	1	0,43	0,83	45	90	135	180

W doświadczeniu uprawiano intensywne odmiany roślin. W latach 1990–1993 uprawiano ziemniaki 'Jagna', jęczmień 'Rudzik', rzepak ozimy 'Bolko' i pszenicę ozimą 'Grana'.

Dla oznaczania potasu pobrano próbki glebowe z warstwy ornej 0–25cm

laską Egnera oraz z głębokości 25–50 cm i 50–75 cm świdrem glebowym i utworzono próby zbiorcze z każdego obiektu. Potas dostępny oznaczono metodą Egnera-Riehma, a formę ogólną metodą stopów. Potas w roślinie oznaczono po spaleniu materiału w mieszaninie kwasów azotowego nadchlorowego i siarkowego w stosunku wagowym 7:5:2 [OSTROWSKA i in. 1991].

Praca opiera się na wynikach uzyskanych w 1990–1992 roku, to jest od 23 do 25 roku trwania doświadczenia.

Wyniki

Zawartość potasu ogółem w warstwie ornej gleby wahała się od 839 do 913 mg K·100 g⁻¹ gleby i była podobna na wszystkich obiektach nawozowych. Podobnie w głębszych warstwach gleby zawartość ta pozostawała na zbliżonym poziomie.

Tabela 2; Table 2

Zawartość poszczególnych form potasu w glebie w 1990 r. (mg·100 g⁻¹ gleby)
Content of potassium forms in the soil in 1990 (mg·100 g⁻¹ soil)

Forma potasu Form of potassium	Głębokość Depth (cm)	Poziom nawożenia; Doses of fertilization				
		0	NPK	2 NPK	3 NPK	4 NPK
Nawożenie mineralne; Mineral fertilization (mg K·100 g ⁻¹)						
Ogółem; Total	0–20	839	840	872	852	872
	20–40	797	880	730	789	822
	40–60	772	805	714	755	705
Dostępny; Available	0–20	7,6	12,7	12,7	13,4	13,8
	20–40	7,6	8,5	7,7	10,8	11,0
	40–60	4,4	6,2	5,6	6,6	8,5
K dostępny; Available K K ogółem; Total K (%)	0–20	0,90	1,5	1,45	1,57	1,58
	20–40	0,95	0,96	1,05	1,37	1,34
	40–60	0,50	0,77	0,78	0,87	1,20
Nawożenie mineralne z obornikiem; Mineral fertilization with farmyard manure (mg K·100 g ⁻¹)						
Ogółem; Total	0–20	905	880	879	888	913
	20–40	830	805	788	805	938
	40–60	790	790	797	755	813
Dostępny; Available	0–20	14,4	20,2	19,7	20,4	18,8
	20–40	9,5	14,5	16,2	15,8	18,7
	40–60	9,8	12,0	8,5	10,4	10,8
K dostępny; Available K K ogółem; Total K (%)	0–20	1,59	2,29	2,24	2,29	2,01
	20–40	1,14	1,80	2,05	1,96	1,99
	40–60	1,24	1,50	1,06	1,38	1,3

Zawartość potasu przyswajalnego dla roślin wzrastała w warstwie ornej gleby wraz z poziomem nawożenia mineralnego od 7,6 do 13,8 mg K·100 g⁻¹ i

dotatkowo na tle obornika od 14,4 do 18,8 mg·100 g⁻¹ gleby. Jest to zgodne z dotychczasowymi badaniami [KĘPKA, CHOJNICKI 1987; KUSZELEWSKI, ŁĄBĘTOWICZ 1992; JABŁOŃSKI, SIENKIEWICZ 1993]. Przy wyłącznym nawożeniu mineralnym na kombinacjach 3 NPK i 4 NPK zaznaczył się także wzrost zawartości potasu przyswajalnego w warstwie 25–50 cm. Przy nawożeniu mineralno-organicznym zmiany te obserwowano już od dawki 2 NPK.

Udział potasu przyswajalnego w stosunku do ogólnego w warstwie ornej gleby wahał się od 0,90–1,58% na poletkach z nawożeniem wyłącznie mineralnym. Na obiektach z obornikiem udział ten był większy i wahał się od 1,59–2,01%. Również w głębszych warstwach gleby pozostawał on szerszy w stosunku do wyłącznego nawożenia mineralnego.

W bulwach ziemniaka średnia zawartość potasu w latach 1990–1992 wzrastała wraz z poziomem nawożenia mineralnego i dodatkowo z obornikiem (tab. 3). Kierunki zmian zawartości potasu w roślinach są zgodne z dotychczasowymi badaniami [KUSZELEWSKI, ŁĄBĘTOWICZ 1992; MERCIK 1993]. Podobne tendencje wystąpiły u wszystkich roślin płodozmianu. Stosowanie obornika zawsze powodowało wzrost zawartości potasu. Obornik zastosowany w dawkach ekwiwalentnych działał zawsze słabiej w porównaniu do wyłącznego nawożenia mineralnego, ze względu na dostępność składników pokarmowych.

Tabela 3; Table 3

Średnia zawartość potasu w procentach suchej masy roślin w latach 1990–1992
Mean content of potassium in plants (% of dry matter) in 1990–1992

Nawożenie Fertilization	Ziemniaki (bulwy) Potatoes (tubos)	Jęczmień jary (ziarno) Spring barley (grain)	Jęczmień jary (słoma) Spring barley (straw)	Rzepak ozimy (nasiona) Winter rape (seeds)	Rzepak ozimy (słoma) Winter rape (straw)	Pszenica ozima (ziarno) Winter wheat (grain)	Pszenica ozima (słoma) Winter wheat (straw)
Nawożenie mineralne bez obornika; Mineral fertilization without farmyard manure							
0	1,98	0,49	1,48	0,79	1,33	0,32	0,70
NPK	2,06	0,51	1,46	0,73	1,23	0,39	0,80
2 NPK	2,11	0,50	1,37	0,75	1,40	0,34	0,82
3 NPK	2,02	0,50	1,45	0,76	1,49	0,38	0,81
4 NPK	2,00	0,52	1,53	0,76	1,68	0,36	0,82
Nawożenie mineralne z obornikiem; Mineral fertilization with farmyard manure							
Obornik; FYM	2,10	0,49	1,40	0,78	1,38	0,36	0,84
FYM+NPK	1,95	0,50	1,42	0,74	1,51	0,38	0,82
FYM+2 NPK	1,98	0,48	1,67	0,76	1,54	0,36	0,87
FYM+3 NPK	2,01	0,49	1,65	0,76	1,74	0,38	0,98
FYM+4 NPK	1,96	0,50	1,78	0,77	1,90	0,38	1,05

Plony roślin przy wyłącznym nawożeniu mineralnym na ogół wzrastały istotnie do dawki wysokiej, przy najwyższej dawce następowała ich stagnacja, a czasem nawet spadek (tab. 4).

Na obiektach z obornikiem plony roślin wzrastały istotnie przy wszystkich poziomach nawożenia mineralnego. Stosując łączne nawożenie organiczne i mineralne, już przy dawce obornik+2 NPK osiągnięto tak wysokie plony, jak

przy wyłącznym nawożeniu mineralnym w dawkach 3 NPK, a nawet 4 NPK. Pobranie potasu przez poszczególne rośliny podano w tabeli 5.

Tabela 4; Table 4

Średnie plony roślin w latach 1990–1992 (t·ha⁻¹)
Mean crop yields in 1990–1992 (t·ha⁻¹)

Nawożenie Fertilization	Ziemiaki (bulwy) Potatoes (tubers)	Jęczmień jary (ziarno) Spring barley (grain)	Jęczmień jary (słoma) Spring barley (straw)	Rzepak ozimy (nasiona) Winter rape (seeds)	Rzepak ozimy (słoma) Winter rape (straw)	Pszenica ozima (ziarno) Winter wheat (grain)	Pszenica ozima (słoma) Winter wheat (straw)
0	7,00	1,29	1,01	0,31	1,09	1,56	1,27
1 NPK	12,7	2,41	1,85	0,72	2,36	2,24	1,82
2 NPK	17,6	3,04	2,34	1,27	3,15	2,75	2,47
3 NPK	19,3	3,46	2,73	1,47	3,76	3,30	2,77
4 NPK	19,7	3,27	2,57	1,56	4,32	3,15	2,77
Nawożenie mineralne z obornikiem; Mineral fertilization with farmyard manure							
Obornik; FYM	14,4	1,93	1,53	0,82	2,67	2,17	1,76
FYM+NPK	16,4	2,83	2,25	1,28	3,53	2,66	2,26
FYM+2 NPK	22,4	3,54	2,92	1,74	3,87	3,14	3,02
FYM+3 NPK	27,3	3,80	3,00	2,17	4,54	3,91	3,22
FYM+4 NPK	30,1	4,05	3,62	2,32	4,88	4,07	3,92

Tabela 5; Table 5

Ilość potasu pobranego z plonami w kg·ha⁻¹ w latach 1990–1992
Potassium uptake by the yield (kg·ha⁻¹) in 1990–1992

Nawożenie Fertilization	Ziemiaki Potatoes	Jęczmień jary (ziarno) Spring barley (grain)	Jęczmień jary (słoma) Spring barley (straw)	Rzepak ozimy (nasiona) Winter rape (seeds)	Rzepak ozimy (słoma) Winter rape (straw)	Pszenica ozima (ziarno) Winter wheat (grain)	Pszenica ozima (słoma) Winter wheat (straw)
Nawożenie mineralne bez obornika; Mineral fertilization without farmyard manure							
0	34,6	6,3	14,9	2,5	13,7	5,0	8,9
1 NPK	65,4	12,3	27,0	5,2	29,0	8,7	14,5
2 NPK	92,8	15,2	32,0	9,5	44,1	9,3	20,2
3 NPK	97,4	17,3	39,6	11,2	56,0	12,5	22,4
4 NPK	98,5	17,0	39,3	11,7	72,5	11,4	22,7
Nawożenie mineralne z obornikiem; Mineral fertilization with farmyard manure							
Obornik; FYM	75,6	9,5	21,4	6,4	36,8	7,8	14,8
FYM+NPK	79,9	14,2	31,9	9,5	53,3	10,1	18,5
FYM+2 NPK	110,8	17,0	48,7	13,2	59,6	11,3	26,3
FYM+3 NPK	137,1	18,6	49,5	16,5	78,9	14,8	31,6
FYM+4 NPK	147,5	20,3	64,4	17,2	92,7	15,5	41,2

Ilość pobranego potasu przez ziemniaki jest niepełna, gdyż dotyczy ona tylko plonów bulw, natomiast pobranie przez pozostałe rośliny dotyczy plonów zarówno ziarna jak i słomy. Na poletkach, gdzie stosowano łączne nawożenie obornikowo-mineralne, rośliny pobierały zawsze większe ilości potasu, w całym zakresie dawek, w stosunku do wyłącznego nawożenia mineralnego.

Wnioski

1. W stosunku do wyłącznego nawożenia mineralnego, obornik spowodował znaczne zwiększenie plonów roślin oraz wzrost zawartości w glebie potasu przyswajalnego dla roślin. Zawartość potasu ogólnego pozostaje zbliżona w całym profilu glebowym bez względu na rodzaj i poziom nawożenia.
2. Nawożenie obornikowo-mineralne zwiększało w warstwie ornej gleby udział potasu przyswajalnego dla roślin w stosunku do potasu ogólnego.
3. Przy wszystkich poziomach nawożenia mineralnego rośliny pobierały więcej potasu w oborniku, w stosunku do wyłącznego nawożenia mineralnego.

Literatura

- CZUBA R. 1995.** *Zmiany zasobności gleb kraju w trzydziestoleciu oraz eksperymentalna ocena systemów regeneracji nadmiernie wyczerpanych ich zasobów.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 421A: 59–66.
- FOTYMA M., GOSEK S. 1983.** *Elementy bilansu potasowego jako podstawa nawożenia tym składnikiem.* Roczn. Gleb. XXXVII: 141–202.
- JABŁOŃSKI W., SIENKIEWICZ J. 1993.** *Wpływ wieloletniego, zróżnicowanego nawożenia organiczno-mineralnego na plony i zawartość podstawowych składników pokarmowych w glebie lekkiej.* Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Cz. II, 278(38): 139–147.
- KĘPKA M., CHOJNICKI J. 1987.** *Wpływ wieloletniego nawożenia obornikiem i NPK na zawartość w glebie próchnicy i składników mineralnych rozpuszczalnych w 20% HCl.* Roczn. Gleb. XXXVIII: 133–142.
- KUSZELEWSKI L., ŁABĘTOWICZ J. 1986.** *Współdziałanie nawożenia mineralnego i organicznego w kształtowaniu żywności gleby.* Roczn. Gleb. XXXVII: 411–419.
- KUSZELEWSKI L. 1967.** *Charakterystyka warunków przyrodniczych pola doświadczalnego Łyczyn RZD Obory.* Cz. I i II. Zesz. Nauk. SGGW, Rolnictwo 9: 53–75.
- KUSZELEWSKI L., ŁABĘTOWICZ J. 1992.** *Wpływ nawożenia mineralnego o różnym zrównoważeniu składników pokarmowych i trwałego stosowania obornika na skład chemiczny plonów i właściwości chemiczno-rolnicze gleby.* Cz. II. Roczn. Nauk Rol. Ser. A. 109(3): 95–105.
- MERCIK S. 1993.** *Regeneracja gleby silnie wyczerpanej z dostępnych form potasu i fosforu.* Zesz. Nauk. AR w Krakowie Cz. I. 277(37): 3–14.
- OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZUBIAŁKA Z. 1991.** *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin.* Katalog, Inst. Ochr. Środ.

Słowa kluczowe: formy potasu, nawożenie, długotrwałe doświadczenie

Streszczenie

W trwałym, statycznym doświadczeniu nawozowym założonym w 1968 roku, badano wpływ nawożenia mineralnego i organiczno-mineralnego na zmiany zawartości form potasu w glebie oraz na plonowanie roślin i ich skład chemiczny. Po 23 latach trwania doświadczenia, pod wpływem nawożenia, w warstwie ornej nastąpiło wyraźne zróżnicowanie zawartości potasu dostępnego (od 7,6 do 20,4 mg K·100 g⁻¹ gleby). Zawartość potasu ogólnego wykazywała niewielkie zmiany (od 839 do 913 mg K·100 g⁻¹ gleby). W głębszych warstwach gleby zawartość potasu nie ulegała zmianom i była niższa niż w wierzchniej warstwie.

W miarę wzrostu poziomów nawożenia mineralnego, obserwowano systematyczny wzrost plonów roślin, ale tylko do dawki wysokiej (210 kg NPK·ha⁻¹). Przy nawożeniu mineralnym z obornikiem wzrost plonów roślin zaznaczył się w całym zakresie dawek (0–280 kg NPK·ha⁻¹).

U wszystkich roślin obserwowano wzrost zawartości potasu, w ziemniakach (1,95–2,11), jęczmieniu jarym (0,49–0,52 ziarno, 1,40–1,78 słoma), rzepaku ozimym (0,73–0,78 nasiona, 1,23–1,90 słoma) i pszenicy ozimej (0,32–0,38 ziarno, 0,70–1,05 słoma).

CHANGES IN THE CONTENTS OF TOTAL AND AVAILABLE POTASSIUM FORMS IN LIGHT SOIL AND IN THE PLANT DEPENDING ON LONG-TERM DIFFERENTIATED MINERAL-ORGANIC FERTILIZATION

Wiesław Szulc

Department Agricultural Chemistry,
Warsaw Agricultural University, Warszawa

Key words: forms of potassium, potassium in soil, potassium in plant, uptake of potassium

Summary

The long-term field static experiment, set up in 1968, increasing variable doses of mineral fertilizers were applied, with and without farmyard manure. Paper evaluated the influence of mineral and organic fertilization on the potassium content in plants as well as on the contents of total and available potassium forms in the soil. Five doses of mineral fertilization without potassium applied on the fields with and without farmyard manure treatment, were considered. After 23-years of experiment the content of available K in arable soil horizon became distinctly diversified (7.6 to 20.4 mg K·100 g⁻¹ of soil). Total amount of potassium in the soil did not change considerably (from 839 to 913 mg K·100 g⁻¹ of soil). In deeper soil horizons the K content was stable and lower than in the top horizon. Systematic increase of crop yields was observed along with increasing fertilization dose up to 210 kg NPK·ha⁻¹. At mineral+FYM fertilization the crop yields increased within whole range of applied doses (0–280 kg NPK·ha⁻¹).

An increase of potassium content was observed in all crops: from 1.95 to 2.11% in potatoes, from 0.49 to 0.52% in barley grain and from 1.40 to 1.78% in

barley straw, from 0.73 to 0.78% in winter rape seeds and from 1.23 to 1.90% in straw, from 0.32 to 0.38% in winter wheat grain and from 0.70 to 1.05% in straw.

Dr Wiesław Szulc

Katedra Chemii Rolniczej

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

ul. Rakowiecka 26/30

02-528 WARSZAWA

e-mail: rol_kcr@delta.sggw.waw.pl