

Iwona Jaskulska

Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia na jakość plonów roślin w zmianowaniu

Effect of varied multi-year fertilization on plant yield quality in crop rotation

ABSTRACT. Over 1994–1998 research was conducted in order to define the effect of varied multi-year (since 1948) fertilization on the size and uniformity of plant organs constituting the yield, on the content of organic components and minerals. The research covered the roots and leaves of sugar beet, spring barley and winter wheat grain, spring rape seeds and green matter of red clover. Similarly, the effect of no fertilization and straw fertilization + NPK, NPK, manure and manure combined with: PK, NK, NP, NPK, NPK + Ca on most of the qualitative characters of all the plants in crop rotation were compared using the method of cluster analysis with objects agglomeration. It was observed that the effect of multi-year fertilization on qualitative characters in successive plants in crop-rotation was different. Fertilization with manure combined with NPK + Ca enhanced the size of sugar beet roots, 1000 grain weight in cereals and the content of protein, phosphorus and calcium in green matter of red clover. As far as the effect on the yield quality was concerned, the fertilization methods which differed the most from manure application combined with NPK + Ca included: no multi-year fertilization, exclusive fertilization with NPK and straw fertilization + NPK.

KEY WORDS: multi-year fertilization, yield quality, sugar beet, spring barley, red clover, spring rape, winter wheat

Nawożenie, jako podstawowy element agrotechniki, kształtuje nie tylko właściwości gleby, ale wpływa także na wielkość i jakość plonów roślin uprawnych. Oddziaływanie to występuje wyraźnie w statycznych doświadczeniach nawożo-

wych, gdzie wieloletni sposób nawożenia prowadzi często do daleko idących zmian właściwości fizykochemicznych i biologicznych gleby [Kuszelewski, Łabętowicz 1992; Mazur, Szagała 1992; Körschens 1999; Ragasits i in. 1999]. Pojęcie jakości płodów rolnych jest wieloznaczne, dotychczas nie w pełni zdefiniowane. Wyróżnia się trzy podstawowe grupy cech, określających wartość konsumpcyjną, paszową oraz technologiczną plonów roślin. O jakości płodów rolnych decyduje na ogół wiele cech, które określają wielkość, dorodność, stopień wykształcenia organów będących plonem, a także zawartość w nich składników organicznych i mineralnych. Ocena jakości jest zatem oceną wielocechową i oceniane cechy plonu poszczególnych gatunków roślin uprawnych, a nawet plonów odmiennie użytkowanych, są często różne. W takim przypadku jednoznaczna ocena oddziaływania badanego czynnika na jakość plonów roślin uprawnych jest trudna.

Celem badań było określenie wpływu wieloletniego nawożenia na jakość plonów roślin uprawianych w pięcioletnim zmianowaniu. Ocenie poddano oddziaływanie różnych sposobów nawożenia organicznego i mineralnego na wielkość i wyrównanie organów stanowiących plon u poszczególnych gatunków roślin, a także na zawartość w nich składników organicznych i mineralnych. Podjęto również próbę porównania wpływu różnych sposobów nawożenia na ogół cech stanowiących o jakości plonów roślin w całej rotacji zmianowania.

METODY

Ocenę jakości plonów pięciu roślin w rotacji zmianowania (1994–1998) wykonano w wieloletnim doświadczeniu nawozowym, założonym w roku 1948 w Mochełku k/Bydgoszczy. Doświadczenie to prowadzone jest na glebie płowej typowej, należącej do klasy bonitacyjnej IVa, kompleksu żytniego bardzo dobrego. Zawartość makro- i mikroelementów w warstwie ornej oraz podornej, a także pH gleby przedstawiono szczegółowo we wcześniejszej pracy [Jaskulska 2003]. W doświadczeniu występuje dziewięć obiektów nawozowych: bez nawożenia – 0, słoma oraz NPK – Straw + NPK, wyłącznie NPK – NPK, wyłącznie obornik – FYM, obornik oraz PK – FYM + PK, obornik oraz NK – FYM + NK, obornik oraz NP – FYM + NP, obornik oraz NPK – FYM + NPK, obornik oraz NPK i wapnowanie – FYM + NPK + Ca.

Nawożenie organiczne (obornik, słoma) i wapnowanie stosowano raz w rotacji zmianowania – pod burak cukrowy, a nawożenie mineralne corocznie. Średnioroczne nawożenie w latach 1948–1998 wynosiło: 6,7 t ha⁻¹ rok⁻¹ obornika; 70,6 kg N ha⁻¹ rok⁻¹; 32,1 kg P ha⁻¹ rok⁻¹; 79,8 kg K ha⁻¹ rok⁻¹; 198 kg Ca ha⁻¹ rok⁻¹. Słomę stosowano po zbiorze pszenicy ozimej w dawce 5 t ha⁻¹ z dodatkiem 35 kg N ha⁻¹.

Badaniami objęto kolejno w zmianowaniu: korzenie i liście buraka cukrowego, ziarno jęczmienia jarego, zieloną masę koniczyny czerwonej, nasiona rzepaku jarego i ziarno pszenicy ozimej. Ocenę cech jakościowych wykonano w trzech grupach.

I – wielkość (masa) organów będących plonem oraz ich wyrównanie: średnia masa korzenia buraka cukrowego, masa tysiąca ziaren jęczmienia jarego i pszenicy ozimej, masa tysiąca nasion rzepaku jarego. Określono także udział korzeni buraka o średnicy > 8 cm w łącznej liczbie korzeni, udział wagowy ziarna jęczmienia jarego i pszenicy ozimej o wielkości $> 2,5$ mm (wydzielonej na sitach) oraz nasion rzepaku $> 1,5$ mm.

II – zawartość składników organicznych w plonach roślin: zawartość sacharozy w korzeniach buraka cukrowego, zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego i pszenicy ozimej, zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku jarego, zawartość białka w zielonej masie koniczyny czerwonej. Ponadto określono zawartość suchej masy w liściach buraka cukrowego oraz w zielonej masie koniczyny czerwonej.

III – zawartość składników mineralnych: fosforu, potasu, wapnia i magnezu w zielonej masie koniczyny czerwonej oraz azotu α -aminowego, sodu i potasu w korzeniach buraka cukrowego. Oceniono również zawartość fosforu, potasu, wapnia i magnezu w liściach buraka cukrowego, ziarnie jęczmienia jarego i pszenicy ozimej oraz w nasionach rzepaku jarego, a ponadto zawartość suchej masy w liściach buraka i zielonej masie koniczyny czerwonej.

Ziarno i nasiona frakcjonowano na sitach Vogla. Korzenie buraka rozdzielano na frakcje w zależności od średnicy głowy, zawartość suchej masy w materiale roślinnym oznaczano metodą suszarkowo-wagową, białka ogólnego metodą Kjeldahla (azot ogólny), a tłuszczu według Soxhleta. Zawartość fosforu i magnezu oznaczano metodą kolorymetryczną, potasu i wapnia – fotometrii płomieniowej. Na -aminowy, sól i potas w korzeniach buraka cukrowego oznaczano na linii Venema.

Wyniki wpływu wieloletniego zróżnicowanego nawożenia na cechy jakościowe plonów poszczególnych roślin poddano ocenie statystycznej. Wykonano analizę wariancji, a istotność różnic między średnimi określono przy użyciu testu Tukeya na poziomie istotności $p = 0,05$. Wykonano także aglomerację (grupowanie) obiektów nawozowych pod względem ich zbliżonego oddziaływania na ogół badanych cech jakościowych wszystkich gatunków roślin w rotacji zmianowania. Analizę wykonano oddzielnie dla trzech (wyżej wydzielonych) grup cech jakościowych. Zastosowano metodę analizy skupień z dendrytowym grupowaniem obiektów z pakietu statystycznego Statistica 5.

WYNIKI

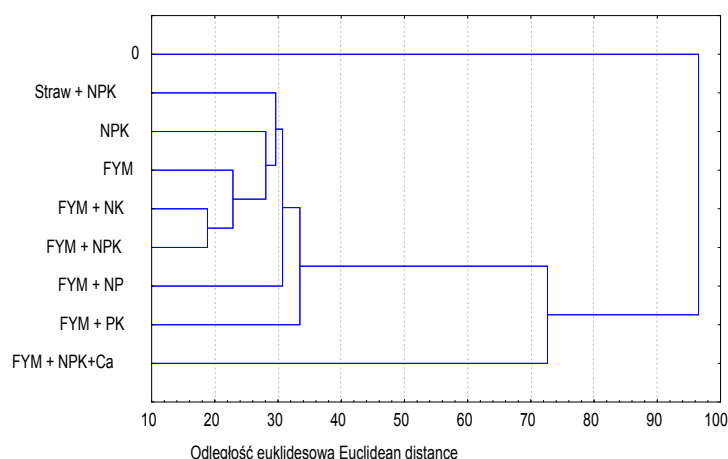
Wieloletnie zróżnicowane nawożenie wpłynęło istotnie na wielkość organów plonowania roślin (tab. 1). Masa korzenia buraka cukrowego i masa tysiąca ziaren pszenicy ozimej były największe na glebie nawożonej obornikiem, nawozami mineralnymi oraz okresowo wapnowanej – FYM + NPK + Ca. Jęczmień jary i rzepak jary wytworzyły ziarno lub nasiona o największej masie tysiąca sztuk pod wpływem nawożenia odpowiednio: obornikiem wraz z fosforem i potasem – FYM + PK oraz wyłącznie nawozami mineralnymi – NPK, choć wielkość tych cech w efekcie stosowania wielu innych sposobów nawożenia nie różniła się istotnie.

Tabela 1. Wpływ wieloletniego nawożenia na wielkość organów plonowania roślin (g)
Table 1. Effect of multi-year fertilization on the size of organs constituting plant yield (g)

Obiekt Treatment	Masa korzenia buraka cukrowego Weight of sugar beetroot	Masa tysiąca ziaren (nasion) 1000 grain (seed) weight		
		Jęczmień jary Spring barley	Pszenica ozima Winter wheat	Rzepak jary Spring rape
0	273	40,6	36,8	3,69
Straw + NPK	358	33,6	30,7	3,98
NPK	390	34,9	30,4	4,13
FYM	380	40,6	34,0	4,04
FYM + PK	442	43,2	38,0	3,73
FYM + NK	379	34,4	32,2	4,03
FYM + NP	425	38,3	35,0	4,06
FYM + NPK	395	36,8	32,7	4,01
FYM+NPK + Ca	572	42,7	44,6	3,70
NIR LSD	50	3,4	2,2	0,14

Z analizy skupień wynika, że sposobami wieloletniego nawożenia najmniej różniącymi się w kształtowaniu wielkości i wyrównania organów roślin stanowiących plon są nawożenie obornikiem + azot, fosfor i potas (FYM + NPK) oraz stosowanie obornika z NK (FYM + NK). Z kolei najbardziej zbliżonymi do stosowania FYM + NPK + Ca sposobami nawożenia w oddziaływaniu na cechy jakościowe organów plonowania było nawożenie FYM + PK i FYM + NP. Natomiast wieloletni brak nawożenia – 0 najbardziej różnicował ogół tych cech (ryc. 1).

Zawartość sacharozy w korzeniach buraka cukrowego, białka w ziarnie zbóż i zielonej masie koniczyny czerwonej oraz tłuszczu w nasionach rzepaku jarego zależała od wieloletniego nawożenia gleby, choć w różnym stopniu od poszczególnych jego sposobów (tab. 2). Większej koncentracji cukru w korzeniach bu-



Rycina 1. Dendrogram sposobów wieloletniego nawożenia pod względem podobieństwa wpływu na wielkość i wyrównanie organów roślin będących plonem

Figure 1. Dendrogram of multi-year fertilization methods depending on the similarity of the effect on the size and uniformity of plant organs constituting the yield

Tabela 2. Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość składników organicznych w plonach roślin (% s.m.)

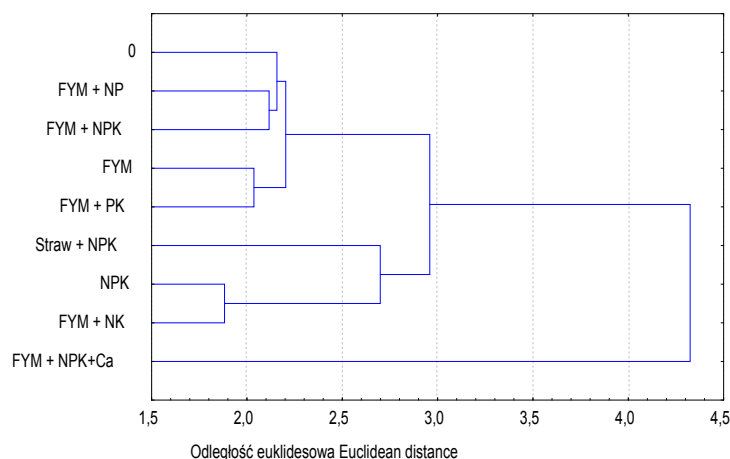
Table 2. Effect of multi-year fertilization on the content of organic components in plant yields (% d.m.)

Obiekt Treatment	Sacharoza - korzenie buraka cukrowego Su- crose-sugar beetroot	Tłuszcz - nasiona rzepaku jarego Fat-spring rape seeds	Białko Protein		
			Ziarno Grain		Zielona masa Green matter
			Jęczmień jary Spring barley	Pszenica ozima Winter wheat	Koniczyna czerwona Red clover
0	14,4	39,2	13,2	10,5	16,0
Straw + NPK	14,9	37,5	14,7	12,2	13,7
NPK	14,6	38,9	15,0	14,2	13,1
FYM	14,4	39,5	14,4	10,6	14,7
FYM + PK	14,4	38,2	13,6	10,0	13,9
FYM + NK	14,0	38,7	14,5	13,5	13,3
FYM + NP	14,4	39,6	14,1	12,2	16,6
FYM + NPK	13,8	40,2	13,6	12,0	15,1
FYM+NPK+Ca	13,9	38,8	13,9	11,7	17,6
NIR LSD	0,4	2,2	0,5	0,6	0,8

raka oraz białka w ziarnie zbóż sprzyjało wyłącznie nawożenie mineralne – NPK lub z dodatkiem słomy. Nawożenie to wpływało jednak niekorzystnie na zawartość białka w zielonej masie koniczyny czerwonej, która najwięcej tego składnika gromadziła w efekcie nawożenia obornikiem wraz z NPK + Ca. Naj-

większą zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku jarego stwierdzono pod wpływem nawożenia obornikiem + NPK, a najmniejszą w wyniku nawożenia słomą + NPK. Jednak różnice zawartości tłuszczu w nasionach rzepaku z poszczególnych obiektów nawozowych były niewielkie i nie zawsze udowodnione statystycznie.

Zróżnicowany wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość składników organicznych w plonach kolejnych roślin w rotacji zmianowania obserwowany był również przez wielu innych autorów [Cwojdziński i in. 1992; Szagała 1992;



Rycina 2. Dendrogram sposobów wieloletniego nawożenia pod względem podobieństwa wpływu na zawartość składników organicznych w plonach roślin

Figure 2. Dendrogram of multi-year fertilization methods depending on the similarity of the effect on the content of organic components in plant yields

Tabela 3. Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość składników mineralnych w plonach roślin

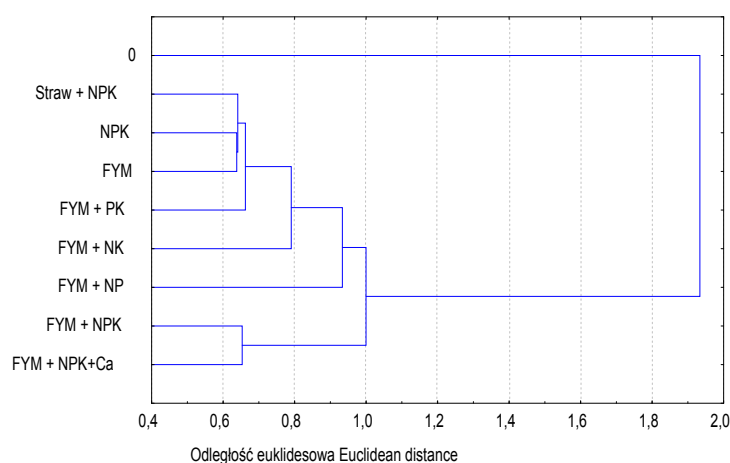
Table 3. Effect of multi-year fertilization on the content of mineral components in plant yields

Obiekt Treatment	Zielona masa koniczyny czerwonej (% s.m.) Green matter of red clover (% d.m.)				Korzenie buraka cukrowego Sugar beetroot (mg kg ⁻¹)		
	P	K	Ca	Mg	N α -NH ₂	Na	K
0	0,28	2,19	0,83	0,30	280,2	105,8	1728
Straw + NPK	0,33	2,71	0,55	0,22	386,6	69,0	2104
NPK	0,30	2,80	0,55	0,20	336,2	115,0	2233
FYM	0,31	2,39	0,82	0,37	365,6	117,3	2158
FYM + PK	0,35	3,00	0,57	0,27	390,8	138,0	2366
FYM + NK	0,29	2,66	0,47	0,25	439,9	126,5	2569
FYM + NP	0,37	2,85	0,65	0,32	483,3	121,9	2299
FYM + NPK	0,35	3,60	0,60	0,28	490,3	128,8	2448
FYM+NPK + Ca	0,39	3,53	1,07	0,35	504,3	133,4	2545
NIR LSD	0,04	0,54	0,14	0,04	71,4	23,0	317

Ceglarek i in. 1997; Debreczeni 1999] prowadzących badania w długotrwałych doświadczeniach nawozowych. Jest to spowodowane zapewne rodzajem gleby, przebiegiem pogody, stopniem zmian właściwości gleby w wyniku wieloletniego nawożenia, a także indywidualnymi reakcjami poszczególnych gatunków roślin na warunki agrosiedliskowe.

Wielocechowa ocena wpływu różnych sposobów wieloletniego nawożenia na zawartość składników organicznych w plonach roślin w pięcioletniej rotacji zmianowania wskazuje na to, że pełne nawożenie organiczno-mineralne z wapnowaniem – FYM + NPK + Ca różni się w oddziaływaniu znacznie od pozostałych obiektów nawozowych, a zwłaszcza od nawożenia słomą + NPK, NPK i FYM + NK (ryc. 2).

Zawartość składników mineralnych w zielonej masie koniczyny czerwonej oraz związków melasotwórczych w korzeniach buraka cukrowego, wpływających na jakość paszy i wartość technologiczną tych plonów, zależała od sposobu wieloletniego nawożenia gleby (tab. 3). Większej koncentracji fosforu i potasu w zielonej masie koniczyny czerwonej sprzyjało na ogół nawożenie tymi elementami łącznie ze stosowaniem obornika. Najwięcej wapnia stwierdzono w biomacie roślin z obiektu wapnowanego – FYM + NPK + Ca, a magnezu z obiektów: nawożonego obornikiem – FYM i FYM + NPK + Ca. Nawożenie obornikiem wraz z azotem mineralnym wpływało na wzrost zawartości azotu α -aminowego w korzeniach buraka cukrowego. Łączne nawożenie obornikiem



Rycina 3. Dendrogram sposobów wieloletniego nawożenia pod względem podobieństwa wpływu na zawartość składników mineralnych w plonach roślin

Figure 3. Dendrogram of multi-year fertilization methods depending on the similarity of the effect on the content of minerals in plant yields

z nawozami mineralnymi zwiększało zawartość sodu, natomiast większej zawartości potasu sprzyjało jednoczesne stosowanie obornika i nawozów mineralnych, zawierających ten makroelement. Jednak różnice w stosunku do innych sposobów nawożenia nie zawsze były istotne statystycznie. Najczęściej wieloletni brak jakiegokolwiek nawożenia lub niestosowanie danego składnika powodowały mniejszą jego zawartość w plonach roślin, co jest zgodne z wynikami badań innych autorów [Cwojdzński i in. 1992; Rabikowska 1999; Sądej 1999].

Znaczną różnicę w zawartości składników mineralnych w plonach roślin z gleby nienawożonej i nawożonej, zwłaszcza obornikiem wraz z NPK i wapnowanej – FYM + NPK + Ca przedstawia także dendrogram drzewkowego grupowania sposobów wieloletniego nawożenia (ryc. 3). Długotrwały brak nawożenia powoduje z reguły daleko idące zmiany zasobności gleby – źródła składników pokarmowych dla roślin [Ellmer i in. 1999], co ujawniło się również w niniejszym doświadczeniu [Jaskulska 2003].

WNIOSKI

1. Wieloletnie nawożenie wpływa na jakość plonów roślin uprawnych. Jednak oddziaływanie jego sposobów na wielkość organów będących plonem oraz zawartość w nich składników organicznych i mineralnych u kolejnych gatunków w zmianowaniu są różne.

2. Pełne nawożenie organiczno-mineralne ze stosowaniem obornika, nawozów mineralnych oraz wapnowaniem wpływa na ogół korzystnie na wielkość korzeni buraka cukrowego, masę tysiąca ziaren zbóż oraz zawartość białka, fosforu i wapnia w zielonej masie koniczyny czerwonej. Wieloletni brak nawożenia danym składnikiem prowadzi do zmniejszenia jego zawartości w plonach.

3. Sposobem nawożenia najbardziej różniącym się od wieloletniego nawożenia obornikiem wraz z nawozami mineralnymi i wapnowaniem pod względem wpływu na wielkość i wyrównanie organów będących plonem oraz na zawartość składników mineralnych jest wieloletni brak nawożenia, a pod względem zawartości składników organicznych w plonach wyłącznie nawożenie mineralne NPK oraz nawożenie mineralne ze słomą.

PIŚMIENNICTWO

- Ceglarek F., Buraczyńska D., Płaza A. 1997. Reakcja buraka cukrowego na nawożenie obornikiem, słomą i międzyplonami wsiewek. *Fragm. Agron.* 4, 18–25.

- Cwojdzński W., Barczak B., Nowak K. 1992. Współdziałanie nawozów organicznych i mineralnych w kształtowaniu jakości plonu roślin. Mat. konf. Nawozy organiczne. PAN – AR w Szczecinie 1, 79–85.
- Debreczeni K. 1999. Effect of long-term fertilization on the level and quality of crop yields in the experiments conducted in 9 agro-ecological regions of Hungary. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465, 135–146.
- Ellmer F., Baumecker M., Schweitzer K. 1999. Soil organic matter and P, K balances in the nutrient deficiency experiment at Thyrow (Germany) after 60-years. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465, 93–102.
- Jaskulska I. 2003. Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia na niektóre właściwości chemiczne warstwy ornej i podornej gleby. *Fragm. Agron.* 1, 29–39.
- Körschens M. 1999. Yield and quality of products depending on different fertilization in the last 20 years in the static fertilization experiment at Bad Lauchstädt. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465, 25–38.
- 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. *Rocz. Nauk Rol., A*, 109, 3, 95–103.
- Mazur T., Szagała J. 1992. Wpływ wieloletniego nawożenia organicznego i mineralnego na plonowanie i skład chemiczny roślin. Cz. II. Zawartość azotu, fosforu i potasu w roślinach oraz bilans tych składników. *Rocz. Gleb.* 43, 1/2, 89–98.
- Rabikowska B. 1999. Oddziaływanie długoletniego nawożenia obornikiem i azotem na plonowanie i zawartość podstawowych makroskładników w kukurydzy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465, 219–231.
- Ragasits I., Kismányoky T., Debreczeni K., Berecz K. 1999. Effect of fertilization on grain yield and yield components of wheat. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465, 147–157.
- Sądej W. 1999. Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na skład chemiczny i równowagę jonową żyta poplonowego i kukurydzy, uprawianych w zmianowaniu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465, 195–204.
- Szagała J. 1992. Rola nawożenia organicznego stosowanego w zmianowaniu w kształtowaniu cech jakościowych roślin pastewnych. Mat. konf. Nawozy organiczne. PAN – AR w Szczecinie 1, 85–90.
- Szulc W. 1999. Wpływ współdziałania nawożenia obornikiem i nawozami mineralnymi (Ca, N, P, K) na zawartość magnezu w roślinach i w glebie, w trwałym statycznym doświadczeniu na glebie lekkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465, 159–167.

