

¹Katedra Chemii Środowiska, ²Katedra Chemii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Plac Łódzki 4, 10-718 Olsztyn, Poland

Wiera Sądej¹, Katarzyna Przekwas¹, Jadwiga Bartoszewicz²

**Zmienność plonu i składu chemicznego bulw ziemniaka
w warunkach zróżnicowanego wieloletniego nawożenia**

Effects of long-term differentiated fertilization on changes in the yield
and chemical composition of potato tubers

ABSTRACT. The effects of 30-years of organic, organic-mineral and mineral fertilization on the quality of potato tubers were studied in a field experiment. The fertilizers were counterbalanced each year in terms of the amount of nitrogen (manure, slurry rate I, mineral fertilizers) and organic carbon (manure, slurry rate II) introduced to the soil. Organic fertilization was supplemented with complementary PK fertilization. It was found that fertilization caused a decrease in the dry matter and starch content of potato tubers, and an increase in the yields of these components. Significantly higher yields of both components were recorded in treatments with manure and mineral fertilizers than in those with slurry, rate I and II. Vitamin C concentration was higher in potato tubers fertilized with slurry rate I and manure than in those fertilized with slurry rate II and mineral fertilizers. Total sugars accumulation was the highest in treatments with manure, whereas reducing sugars accumulation – in those with slurry rate II. PK fertilization applied with mineral fertilizers had no effect on vitamin C concentration, but caused a decrease in the content of both sugar forms. All types of fertilization contributed to an increase in total and protein nitrogen. The lowest increase in their content was noted in potatoes grown on manure, and the highest – in treatments with slurry rate II. An adverse effect of fertilization was too high concentration of nitrates (V) and an increase in endogenous amino acid content. Its highly negative influence was reported after the application of slurry rate II, as the amount of nitrogen introduced to the soil with this type of fertilizer was almost twofold higher, compared with the other fertilizers.

KEY WORDS: potato quality, fertilization, farmyard manure, slurry, mineral fertilizers

Bulwy ziemniaka to cenne źródło wielu niezbędnych składników odżywczych, a także białka o stosunkowo wysokiej wartości biologicznej. Większość cech jakościowych ziemniaka uzależniona jest od współdziałania cech genetycznych tej rośliny z czynnikami środowiskowymi, wśród których jednym z silnie oddziałujących jest nawożenie.

Wpływ nawożenia mineralnego i obornikiem na wysokość i jakość plonu bulw ziemniaka był przedmiotem wielu prac w kraju [Ciećko i in. 1993, Gąsior, Paśko 1998; Boligłowa, Gleń 2003] i za granicą [Gislason i in. 1984; Kanak, Kuldkepp 1993; M Igaard i in. 1999], mniej rozpoznany zagadnieniem jest natomiast działanie gnojowicy, zwłaszcza stosowanej systematycznie na to samo pole. W porównaniu z nawozami mineralnymi działanie gnojowicy rozkłada się w dłuższym okresie, wskutek czego w znaczący sposób wpływa na zmianę właściwości chemicznych gleby a w konsekwencji na plon i jakość roślin.

Celem niniejszej pracy było porównanie wpływu 31-letniego nawożenia obornikiem, gnojowicą oraz nawozami mineralnymi, stosowanymi corocznie na to samo pole, na plonowanie oraz jakość bulw ziemniaka jadalnego.

METODY

Podstawą badań było ściśle wieloletnie doświadczenie polowe, założone w 1972 r. w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałcynach k. Ostródy na glebie płowej wytworzonej z gliny zwałowej średniej, zalegającej na glinie lekkiej, kompleksu pszennego dobrego klasy III b. W doświadczeniu porównywano dwa nawozy naturalne: obornik i gnojowicę bydlęcą, którą stosowano w dwóch dawkach. Pierwszą dawkę gnojowicy równoważono corocznie z dawką obornika oraz nawozami mineralnymi pod względem ilości wprowadzonego do gleby azotu. Drugą dawkę gnojowicy i obornik równoważono pod względem ilości wprowadzanego do gleby węgla organicznego. Na tle nawozów organicznych stosowano także nawożenie mineralne fosforowo-potasowe w ilości 1/2 dawki tych składników wprowadzanych w obiekcie z nawożeniem mineralnym NPK. Schemat doświadczenia oraz ilość składników pokarmowych wprowadzanych średnio rocznie w całym okresie badań przedstawiono w tabeli 1. Obiekty eksperymentalne prowadzone w sześciu powtórzeniach obsiewano roślinami w następującym zmianowaniu: ziemniaki, jęczmień jary + wsiewka koniczyny czerwonej z trawami, koniczyna czerwona z trawami, rzepak ozimy, pszenica ozima + poplon żyta, kukurydza na zieloną masę, jęczmień jary, pszenica ozima. Koniczynę z trawami uprawiano tylko w pierwszej i drugiej rotacji zmianowania. W 31 roku prowadzenia doświadczenia uprawiano ziemniaki odmiany Aster. Zbiór ziemniaków przeprowadzono po 105 dniach wegetacji. Po zbiorze

Tabela 1. Schemat doświadczenia oraz ilość składników nawozowych wprowadzonych do gleby z nawozami (średnio rocznie za lata 1972–2002)

Table 1. Experimental design and the quantities of nutrients introduced to the soil with fertilizers (yearly means for years 1972–2002)

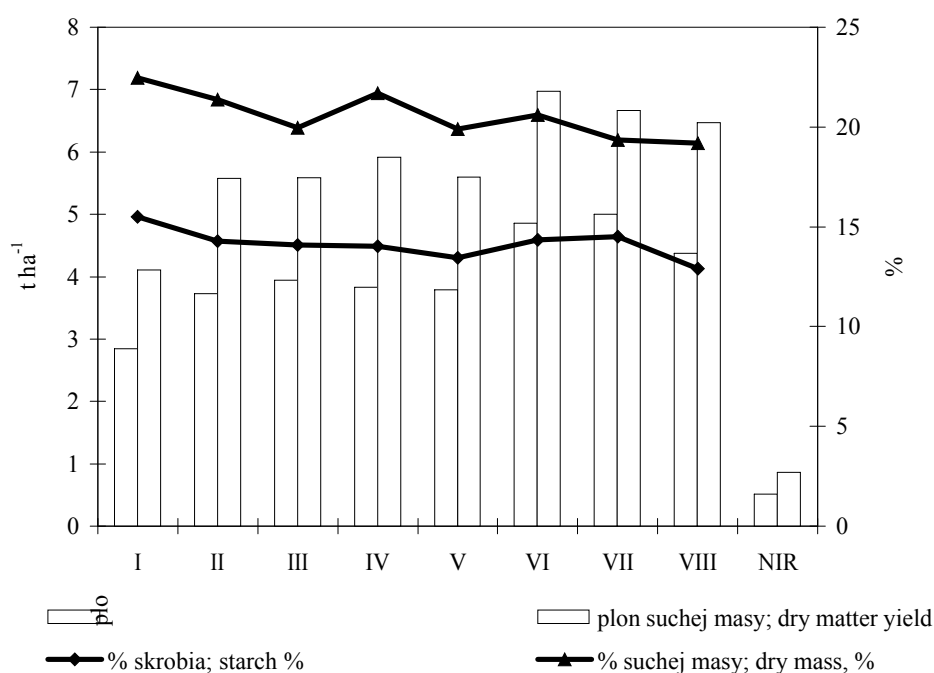
Nawożenie Fertilization	Składnik Component			
	N	P	K	Mg
Bez nawożenia No fertilization	kg ha ⁻¹			
Gnojowica I dawka Slurry rate I	111	40	125	21
Gnojowica I dawka + PK Slurry rate + PK	114	60	176	21
Gnojowica II dawka Slurry rate II	215	73	227	39
Gnojowica II dawka + PK Slurry rate II +PK	218	93	280	39
Obornik Farmyard manure	111	35	98	22
Obornik + PK Farmyard manure + PK	114	55	151	22
Nawozy mineralne NPK Mineral fertilization	111	38	106	-

bulw w świeżym materiale oznaczono zawartość azotanów (V) w wyciągu wodnym przy użyciu jonoselektywnej elektrody azotanowej Thermo Orion model 9307, witaminę C metodą Pijanowskiego [Krełowska-Kułas 1993], skrobię na wadze Parowa-Reihmana, zawartość cukrów ogółem i cukrów redukujących według testu G-26 [Talbur, Smith 1987]. Po wysuszeniu prób określono w nich zawartość suchej masy, a następnie oznaczono zawartość azotu ogółem i białkowego metodą Kjeldahla. Do wytrącenia białka użyto kwasu trójchlorooctowego. Aminokwasy białkowe oznaczono na analizatorze aminokwasów AAA T T339 M (Mikrotechna – Praha). Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie z użyciem testu istotności T-Duncana.

WYNIKI

Jak podaje wielu autorów [Gislason i in. 1984; Mazur i in. 1986; Mica, Vokal 1991; Danilcenko i in. 1997] nawożenie, zwłaszcza azotem, silnie wpływa na podwyższenie plonu ziemniaków i jest jednym z istotnych czynników oddziałujących na skład chemiczny bulw. W prezentowanych badaniach zastosowane nawożenie powodowało istotny spadek zawartości suchej masy i skrobi (ryc. 1). W bulwach ziemniaków zebranych z obiektów nawożonych zawartość suchej masy była średnio o 2,19%, a skrobi o 1,54% mniejsza niż w bulwach zebranych z obiektu kontrolnego. Istotność wpływu nawożenia na zróżnicowanie zawartości suchej masy i skrobi w ziemniakach stwierdzają także w swoich badaniach Gąsior i Paśko [1998]. Najmniejszą zawartością suchej masy i skrobi charakteryzowały się bulwy zebrane z obiektu, w których stosowano wyłącznie nawozy mineralne. Pod względem zawartości suchej masy najkorzystniejsze okazało się

zastosowanie gnojowicy w dawce II, zrównoważonej z obornikiem ilością wprowadzanego węgla organicznego. Zawartość skrobi była natomiast najwyższa po zastosowaniu obornika. Nawozy mineralne PK zastosowane łącznie z nawozami organicznymi nie miały istotnego wpływu na kształtowanie się zawartości skrobi w porównaniu z samym nawożeniem organicznym. W odniesieniu do zawartości suchej masy ich działanie było natomiast zróżnicowane. W obiektach z I i II dawką gnojowicy powodowały one istotny spadek tego składnika, zaś po zastosowaniu ich łącznie z obornikiem następował nieistotny wzrost. Odmiennie wyniki uzyskali Ciećko i in. [1993] oraz Jarecki i in. [1993], którzy podali, że nawożenie organiczne nie modyfikuje istotnie zawartości suchej masy i skrobi, lecz czynią to w znaczącym stopniu nawozy mineralne, a w wśród nich negatywnie oddziałuje tylko azot.



NIR $p=0,05$ dla % zawartości skrobi 0,95
LSD $p=0,05$ for % of starch content 0.95

NIR $p=0,05$ dla % zawartości suchej masy 1,11
LSD $p=0,05$ for % of dry matter 1.11

I bez nawożenia without fertilization
II gnojowica I dawka slurry I rate
III gnojowica I dawka + PK slurry I rate + PK
IV gnojowica II dawka slurry II rate

V gnojowica II dawka + PK slurry II rate + PK
VI obornik farmyard manure
VII obornik farmyard manure + PK
VIII NPK

Rycina 1. Zawartość i plon suchej masy oraz skrobi w bulwach ziemniaków
Figure 1. The content and yield of dry matter and starch in potato tubers

W praktyce rolniczej poza czynnikami determinującymi zawartość suchej masy i skrobi ważne jest również wskazanie poziomu czynników agrotechnicznych, warunkujących plon tych składników. W warunkach omawianego doświadczenia plon suchej masy, obliczony na podstawie rzeczywistego plonu bulw z poletek, silniej zależał od ich plonu, a znacznie słabiej od procentowej zawartości suchej masy i skrobi. Maksymalny przyrost plonu tych składników uzyskano na nawożeniu obornikiem. Plon skrobi po zastosowaniu nawozów mineralnych był o 17,2% niższy w porównaniu z obornikiem, natomiast o 22,6% wyższy w porównaniu z nawożeniem gnojowicą zastosowaną w dawce I, równoważnej z wymienionymi nawozami pod względem ilości wprowadzanego azotu.

Oprócz zawartości suchej masy i skrobi bulwy ziemniaka przeznaczone do bezpośredniego spożycia i do przerobu na produkty spożywcze powinna charakteryzować odpowiednia zawartość innych składników, takich jak: witamina C, poziom cukrów ogółem i cukrów redukujących, zawartość białka i niebiałkowych form azotu.

Tabela 2. Zawartość witaminy C, cukrów ogółem i cukrów redukujących w bulwach ziemniaków
Table 2. Content of vitamin C, total sugars and reducing sugars in tubers of potatoes

Nawożenie Fertilization	Witamina C Vitamin C mg 100 g ⁻¹	Cukry, % św. m. Sugars, % f.m.	
		ogółem total	redukujące reducing
Bez nawożenia No fertilization	36,40	0,42	0,25
Gnojowica I dawka Slurry rate I	32,14	0,48	0,42
Gnojowica I dawka+PK Slurry rate I+PK	31,81	0,38	0,21
Gnojowica II dawka Slurry rate II	38,95	0,63	0,50
Gnojowica II dawka+PK Slurry rate II+PK	39,11	0,59	0,36
Obornik Farmyard manure	36,59	0,59	0,43
Obornik+PK Farmyard manure+PK	37,27	0,42	0,18
NPK	30,78	0,45	0,22
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	2,14	0,14	0,10

Z porównania obiektów, w których równoważono nawozy pod względem ilości azotu, wynika, iż najbardziej korzystny wpływ na zawartość witaminy C wykazała gnojowica stosowana w dawce I (tab. 2). Podobny efekt działania stwierdzono po zastosowaniu obornika. Najniższą zawartością witaminy C charakteryzowały się ziemniaki nawożone tylko nawozami mineralnymi, co jest potwierdzeniem wyników uzyskanych przez innych autorów [Ciećko i in. 1993; Borawska i in. 1994]. Zbliżone wartości dla tego składnika uzyskano w bulwach zebranych z poletek nawożonych gnojowicą zastosowaną w dawce II, którą równoważono z obornikiem pod względem ilości wprowadzanego węgla orga-

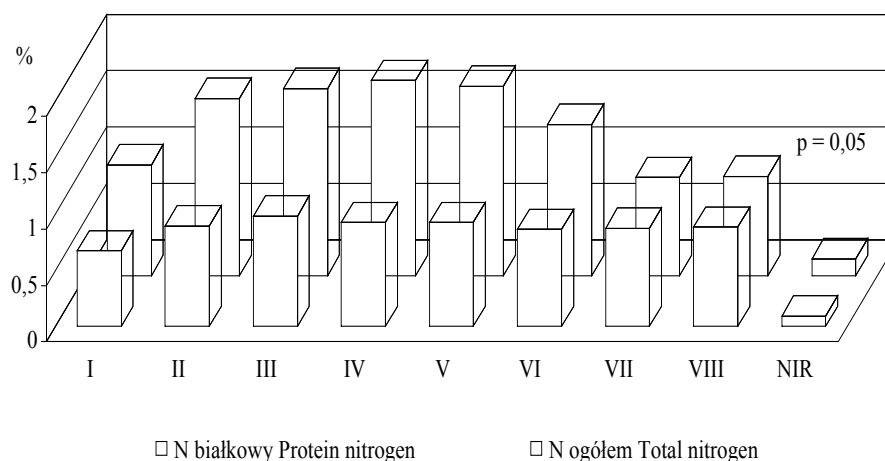
nicznego. Jednak z dawką tą wprowadzano corocznie blisko dwukrotnie więcej azotu niż z nawozami mineralnymi. Ciećko i in. [1993] donoszą, iż zwiększanie dawek azotu wpływa antagonistycznie na koncentrację witaminy C. Dodatkowe nawożenie fosforowo-potasowe, stosowane łącznie z nawozami organicznymi, nieznacznie modyfikowało zawartość analizowanego wskaźnika. Odmiennie wyniki badań odnotowali Rogozińska i Wojdyła [1993], twierdząc iż wzrost nawożenia potasowego powoduje spadek zawartości witaminy C.

Pod wpływem nawożenia zróżnicowaniu uległa także zawartość cukrów ogółem i redukujących (tab. 2). Danilčenko i in. [1997] są zdania natomiast, iż ilość cukrów zarówno ogółem, jak i redukujących nie ulega modyfikacjom pod wpływem nawożenia. Wśród obiektów nawozowych, w których wniesiono jednakową dawkę azotu, najwyższą zawartość cukrów ogółem stwierdzono w ziemniakach uprawianych na oborniku. W pozostałych dwóch kombinacjach koncentracja ich była zdecydowanie niższa. W odmienny sposób kształtował się udział cukrów redukujących w cukrach ogółem. Stanowiły one aż 87,5% po zastosowaniu gnojowicy w dawce I oraz 72,8% po nawożeniu obornikiem. Najniższą koncentracją cukrów redukujących charakteryzowały się ziemniaki uprawiane na nawozach mineralnych, a ich udział w ogólnej zawartości cukrów wynosił 48,8%. Bulwy zebrane z obiektu nawożonego gnojowicą w dawce II, zrównoważonej z obornikiem pod względem zawartości węgla organicznego, nagromadziły zbliżoną ilość cukrów ogółem, jak bulwy uprawiane na oborniku. Podobny trend został zachowany przy zawartości cukrów redukujących. We wszystkich obiektach z nawożeniem organiczno-mineralnym wystąpiła tendencja do spadku zawartości zarówno cukrów ogółem jak i redukujących pod wpływem mineralnego nawożenia PK. Ponadto nawozy te przyczyniły się do spadku udziału cukrów redukujących w cukrach ogółem.

Tabela 3. Zawartość aminokwasów w białku ziemniaków, (mg g⁻¹)
Table 3. Content of aminoacids in potato protein, (mg g⁻¹)

Aminokwasy Aminoacids	Obiekty Objects							
	I*	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Σ egzogennych Σ exogenous	361,7	413,1	364,3	350,0	317,4	464,3	478,2	417,6
Σ endogennych Σ endogenous	394,9	425,3	430,2	442,6	474,4	450,2	429,0	437,8
Σ egzogennych + endogennych Σ exogenous + endogenous	756,6	838,4	794,5	792,6	781,8	914,5	907,2	855,4

*I–VIII – objaśnienia jak na rycinie 1
I–VIII – explanations see Fig. 1



I VIII – objaśnienia jak na rycinie 1

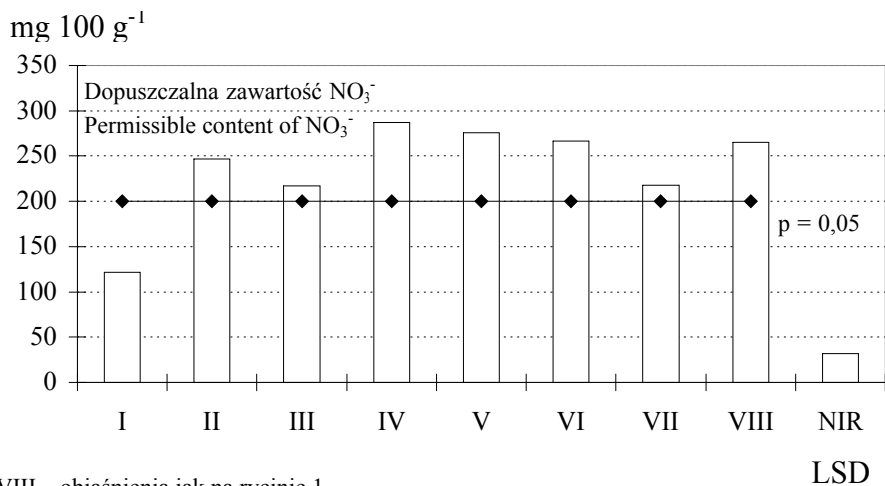
I VIII – explanations see Fig. 1

Rycina 2. Zawartość azotu ogółem i białkowego w bulwach ziemniaków, % s.m.

Figure 2. The content of total nitrogen and protein nitrogen in potato tubers, % d.m.

Zastosowane nawożenie powodowało istotny wzrost zawartości azotu ogólnego w bulwach ziemniaka (ryc. 2). Różnica w zawartości tego składnika pomiędzy obiektem kontrolnym a obiektami, w których stosowano nawożenie, wahała się od 0,36% do 0,75%. Zdecydowanie większy wzrost zawartości azotu ogółem uzyskano w bulwach nawożonych gnojowicą w II dawce, z którą corocznie wprowadzano blisko dwukrotnie więcej azotu niż w pozostałych nawozach. Stwierdzono także istotne różnice w zawartości azotu ogółem w bulwach pochodzących z obiektów, w których wprowadzono jednakową ilość azotu. W porównaniu z obiektem z obornikiem istotnie wyższy wzrost azotu ogółem wystąpił w ziemniakach po ich nawożeniu gnojowicą w I dawce i nawozami mineralnymi. Podobne wyniki uzyskali Jarecki i in. [1993], którzy nie wykazali istotnych różnic między obiektami nawożonymi różnymi dawkami obornika, natomiast wpływ gnojowicy na wzrost zawartości azotu był istotny. Każdy rodzaj nawożenia przyczynił się do wzrostu zawartości azotu białkowego, natomiast uzyskane różnice pomiędzy obiektami nawozowymi były nieistotne. Znacznie większe zróżnicowanie wystąpiło w wartościach określających udział azotu białkowego w azocie ogólnym. Analizowane systemy nawożenia przyczyniły się do spadku udziału azotu białkowego w całkowitej zawartości tego składnika. Największy spadek nastąpił po zastosowaniu gnojowicy, której dawkę równoważono z obornikiem pod względem ilości wprowadzanego węgla.

Uzupełniające nawożenie fosforowo-potasowe aplikowane łącznie z nawozami organicznymi, nie miało jednoznacznego wpływu na poziom obu form azotu w bulwach.



I VIII – objaśnienia jak na rycinie 1
I VIII – explanations see Fig. 1

Rycina 3. Zawartość azotanów w bulwach ziemniaków
Figure 3. The content of nitrogen in potato tubers

Oprócz składników odżywczych ziemniaki mogą zawierać związki szkodliwe dla zdrowia. Zaliczamy do nich między innymi azotany (V) i azotany (III). W wielu przypadkach zawartość tych szkodliwych substancji może być znacznie przekroczona [Borawska i in. 1994]. Gromadzenie się azotanów w roślinach jest procesem złożonym i zależy od wielu czynników. Czynnikiem agrotechnicznym o najsilniejszym działaniu jest nawożenie azotowe. Zdaniem Frydeckiej-Mazurczyk i Zgórskiej [1996] wraz ze wzrostem ilości azotu wprowadzanego do gleby pod rośliny uprawne proporcjonalnie wzrasta zawartość azotanów w bulwach. Najbardziej niekorzystne okazuje się nawożenie gnojowicą z jednoczesnym zastosowaniem nawozów azotowych [Nitsch, Klein 1983]. W omawianym doświadczeniu zawartość azotanów w bulwach ziemniaka kształtowała na poziomie od 121,4 do 286,8 mg kg⁻¹ świeżej masy (ryc. 3). We wszystkich obiektach nawożenie przyczyniło się do istotnego wzrostu tej formy azotu, do wartości przekraczających dopuszczalną ich zawartość określoną w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 27 grudnia 2000 r. Norma ta została przekroczona od 16,9 do 86,8 mg NO₃⁻ na kg świeżej masy. Spośród kombinacji, w których zastosowano nawozy organiczne i mineralne w dawkach zrównoważonych pod względem wniesionego azotu, najmniejszy przyrost azotanów (V)

wystąpił po nawożeniu gnojowicą. Na zawartość azotanów w ziemniakach wpływa także nawożenie fosforowo-potasowe. W prezentowanych badaniach zauważa się korzystny wpływ uzupełniającego nawożenia mineralnego PK, stosowanego łącznie z nawozami organicznymi. Istotny spadek zawartości azotanów wystąpił jednak tylko po zastosowaniu tych nawozów z obornikiem.

Zwiększanie zawartości białka w bulwach ziemniaka pod wpływem nawożenia pociąga za sobą zmiany w składzie związków azotowych. Zabieg ten zdaniem Mazura i in. [1986] nie powoduje jednoczesnego zwiększenia wartości odżywczej białka, a przy wysokich dawkach zwłaszcza azotu może nawet ją obniżyć. Najczęściej tłumaczy się to naruszeniem proporcji między poszczególnymi frakcjami białkowymi. Konsekwencją tego jest zmiana składu aminokwasowego, stanowiącego najważniejsze kryterium oceny jego wartości biologicznej. W prezentowanym doświadczeniu każdy rodzaj nawożenia przyczynił się do wzrostu zawartości sumy aminokwasów w bulwach ziemniaków. Spośród nawozów, w których wprowadzono jednakowe ilości azotu, najwyższą zawartość aminokwasów ogółem i aminokwasów egzogennych uzyskano w ziemniakach nawożonych obornikiem i obornikiem +PK. Nieco mniejsze wartości otrzymano w ziemniakach uprawianych na nawozach mineralnych oraz nawożonych gnojowicą w dawce I. Najmniej aminokwasów ogółem zawierały bulwy po zastosowaniu gnojowicy w dawce II. Ten rodzaj nawożenia przyczynił się także do spadku zawartości aminokwasów egzogennych, który w porównaniu z obiektem kontrolnym wynosił od $11,7 \text{ mg g}^{-1}$ po zastosowaniu samej gnojowicy do $44,3 \text{ mg g}^{-1}$ po dodaniu nawozów fosforowo-potasowych.

WNIOSKI

1. Pod wpływem nawożenia zmniejszała się zawartość suchej masy oraz skrobi w bulwach ziemniaka, zwiększał się natomiast istotnie plon tych składników. Wzrost plonu suchej masy wynosił od 35,8% do 95,6%, a plonu skrobi od 31,3% do 76,1%. Istotnie wyższe plony obu składników uzyskano w obiektach nawożonych obornikiem i nawozami mineralnymi niż gnojowicą w dawce I i II.

2. Zawartość witaminy C była wyższa w bulwach ziemniaków nawożonych gnojowicą stosowaną w I dawce i obornikiem niż w bulwach nawożonych gnojowicą w II dawce i nawozami mineralnymi. Na kumulację cukrów ogółem najkorzystniej wpływało nawożenie obornikiem, natomiast cukrów redukujących nawożenie gnojowicą w dawce II. Każdy rodzaj nawożenia przyczynił się do wzrostu zawartości azotu ogółem i białkowego. Najmniejszy przyrost obu form azotu odnotowano w ziemniakach uprawianych na oborniku, zaś najwyższy w obiektach z gnojowicą stosowaną w dawce II.

3. Niepożądanym skutkiem nawożenia był wzrost koncentracji azotanów (V) oraz wzrost zawartości aminokwasów endogennych. Szczególnie niekorzystne działanie ujawniło się po zastosowaniu gnojowicy w dawce II, z którą wprowadzono blisko dwukrotnie więcej azotu niż z pozostałymi nawozami.

PIŚMIENICTWO

- Boligłowa E., Gleń K. 2003. Yielding and quality of potato tubers depending on the kind of organic fertilisation and tillage method. *Elect. J. Polish Agr. Univ.* 6, 1, 1–10
- Borawska M., Omieljaniuk N., Markiewicz R., Kasialis A. 1994. Zawartość azotanów, azotynów i witaminy C w jadalnych i odrzucanych częściach wybranych warzyw. *Bromat. Chem. Toksykol.* 27, 1, 23–27.
- Ciećko Z., Wyszowski M., Bieniaszewska J. 1993. Plonowanie ziemniaka w warunkach stosowania fungicydów i zróżnicowanego nawożenia azotem. *Acta Acad. Agric. Tech. Olszt. Agric.* 56, 217–227.
- Danilezenko H., Kuczinskas J., Danilezenko V., Lisinska G. 1997. The effects of fertilizers on qualitative changes in potato tubers. *Zesz. Nauk. Akad. Roln. Wroc. Technol. Żywn.* 11, 119–124.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1996. Czynniki wpływające na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 47, 111–125.
- Gąsior J., Paško J. 1998. Wpływ zróżnicowanych dawek nawozów azotowych na zawartość suchej masy i skrobi w ziemniakach. Synteza doświadczeń wykonywanych w latach 1981–1988. *Zesz. Nauk. Akad. Roln. Krak. Sesja Nauk.* 54, 1, 181–189.
- Gislason J., Dahle H.K., Baerug R., Roer L., Rønsen K. 1984. Nitrate in potatoes. 1. The effect of fertilization and storage on the nitrate content in 5 genotypes grown in widely separated localities. *Potato Res.* 27, 331–337.
- Jarecki M., Krzywy E., Wołoszyk C. 1993. Wpływ obornika i gnojowicy na plon i jakość ziemniaka w doświadczeniach statycznych. *Zesz. Nauk. Akad. Roln. Krak. Sesja Nauk.* 37, 2, 161–169.
- Kanal A., Kuldkepp P. 1993. Direct and residual effect of different organic fertilizers on potato and cereals. *J. Agron. Crop Sci.* 171, 185–195.
- Krełowska-Kułas M. 1993. Badanie jakości produktów żywnościowych. PWE, Warszawa.
- Mazur T., Ciećko Z., Bieniaszewska J. 1986. Zawartość aminokwasów w bulwach ziemniaków przy zróżnicowanym nawożeniu azotem. *Materiały Symp. „Wpływ nawożenia na jakość plonów”*, ART Olsztyn 1, 227–233.
- Mica B., Vokal B. 1991. The distribution of nitrates in the potato plant in relation to nitrogen fertilizer rates. *Rostlinna Vyroba* 37, 2, 107–118.
- M lgaard, J.P., Mikkelsen, G., Holm, S. 1999. Effects of different types of animal manure on the quality of organically grown potatoes. 14th triennial conference of the European Association for Potato Research (EAPR), Sorrento, Italy, 341–342.
- Nitsch A., Klein K. 1983. Erträge und innere Qualitäten der Kartoffel in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. *Der Kartoffelbau* 34, 2, 30–34.
- Talbert W.F., Smith O. 1987. *Potato processing. An Avi Book.* Published by Van Nostrand Reinhold Company, New York.