

**Zdzisław Ciećko, Władysław Krajewski,  
Mirosław Wyszowski, Andrzej Żołnowski**

Katedra Chemii Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**ZAWARTOŚĆ WŁÓKNA, TŁUSZCZU I POPIOŁU SUROWEGO  
W BULWACH ZIEMNIAKA  
W ZALEŻNOŚCI OD NAWOŻENIA FOSFOREM**

**Streszczenie**

Celem wykonanych badań było wykazanie wpływu wzrastającego nawożenia fosforem stosowanego na tle czterech dawek NK na zawartość włókna, tłuszczu i składników popielnych w bulwach ziemniaka odmiany Atol. Pod wpływem wzrastającego nawożenia azotowo-potasowego, jak i fosforowego zaznaczyła się w bulwach ziemniaka tendencja do zwiększania zawartości włókna i częściowo tłuszczu surowego. Stosowane w doświadczeniu nawożenie azotowo-potasowe i fosforowe miało niewielki wpływ na zawartość w bulwach ziemniaka surowego popiołu i poszczególnych makropierwiastków popielnych. Wyraźniej zaznaczył się jedynie dodatni wpływ nawożenia fosforem na zawartość P w bulwach. Zawartość makroelementów wykazywała niewielkie, ale istotne uzależnienie od warunków klimatycznych, a zwłaszcza od ilości opadów atmosferycznych.

**FIBRE, FAT AND RAW ASH CONTENT OF POTATO TUBERS  
IN CORRELATION TO PHOSPHORUS FERTILISATION**

**Summary**

The research was aimed at demonstrating the effect of increasing phosphorus fertilisation against four doses of NK on fibre, fat and ashes content in Atol variety potato tubers. Increasing fertilisation with nitrogen and potassium, as well as with phosphorus, stimulated an increase in fibre and a slight increase in raw fat content. The applied nitrogen-potassium and phosphorus fertilisation had little effect on the amount of ash and macro-elements contained in ash in potato tubers. Only the positive effect of phosphorus fertilisation on phosphorus content of tubers was significant. Macro-element

content was slightly, but significantly, dependent on climatic conditions, particularly on the amount of precipitation. In a dry year, a negative effect was found of a high level of NK fertilisation, alone and with phosphorus, on Na content in tubers.

## 1. Wstęp

Szeroki zakres funkcji podstawowych pierwiastków (głównie azotu, fosforu i potasu) w metabolizmie ziemniaka wskazuje na konieczność umiejętnego nawożenia tej rośliny, co ma szczególne znaczenie przy wysokich dawkach nawozów. Dane zaczerpnięte z literatury potwierdzają duże uzależnienie efektywności jednego składnika nawozowego od obecności innych pierwiastków [Głuska 2000]. Oprócz wpływu nawożenia na plonowanie roślin, zawartość skrobi i białka oraz ich jakość istotne jest określenie jego oddziaływania na składniki popielne, kształtujące delikatną równowagę jonową roślin i wpływające na otrzymanie produktu końcowego o pożądanej wartości żywieniowej [Panique i in. 1997; Wyszowski 2001; Zalewska 1995]. Stosowanie wysokich dawek nawozów mineralnych prowadzi często do nadmiernego nagromadzenia w częściach użytkowych roślin, w tym w bulwach ziemniaka, niektórych łatwo pobieranych składników [Głuska 2000; Wyszowski 1996; Zalewska 1995]. Z drugiej strony nadmierna zawartość składników nawozowych w glebie, między innymi potasu, może działać antagonistycznie na pobieranie przez rośliny innych pierwiastków. Jednocześnie w czasie przenikania składników z gleby do komórek korzenia może dochodzić do procesu odwrotnego, czyli synergizmu [Wyszowski 2001; Wyszowski, Ciećko 2002]. Z tego też względu niezbędne jest dostosowanie wysokości dawek poszczególnych składników nawozowych do potrzeb ziemniaka i jednocześnie ustalenie właściwych proporcji między nimi w celu uzyskania wartości żywieniowej bulw na właściwym poziomie [Ciećko i in. 1993; Głuska 2000].

Powyższe przesłanki skłoniły do wykonania badań nad określeniem działania wzrastającego nawożenia fosforem stosowanego na tle czterech dawek NK na zawartość włókna, tłuszczu i składników popielnych w bulwach ziemniaka odmiany Atol.

## 2. Metodyka badań

Trzyletnie badania polowe prowadzono na glebie brunatnej, zaliczanej pod względem przydatności rolniczej do kompleksu żytniego dobrego i charakteryzującej się zbliżonymi właściwościami fizykochemicznymi. Gleba w kolejnych latach prowadzenia badań charakteryzowała się następującymi właściwościami:  $pH_{KCl}$  - 5,7; 6,2 i 6,8, zawartość przyswajalnych składników: fosfor - 59, 51 i 86 mg P · kg<sup>-1</sup>, potas - 97, 112, 83 mg K · kg<sup>-1</sup>, magnez - 56, 61 i 64 mg Mg · kg<sup>-1</sup> gleby. Doświadczenie było prowadzone w układzie losowanych bloków w czterech powtó-

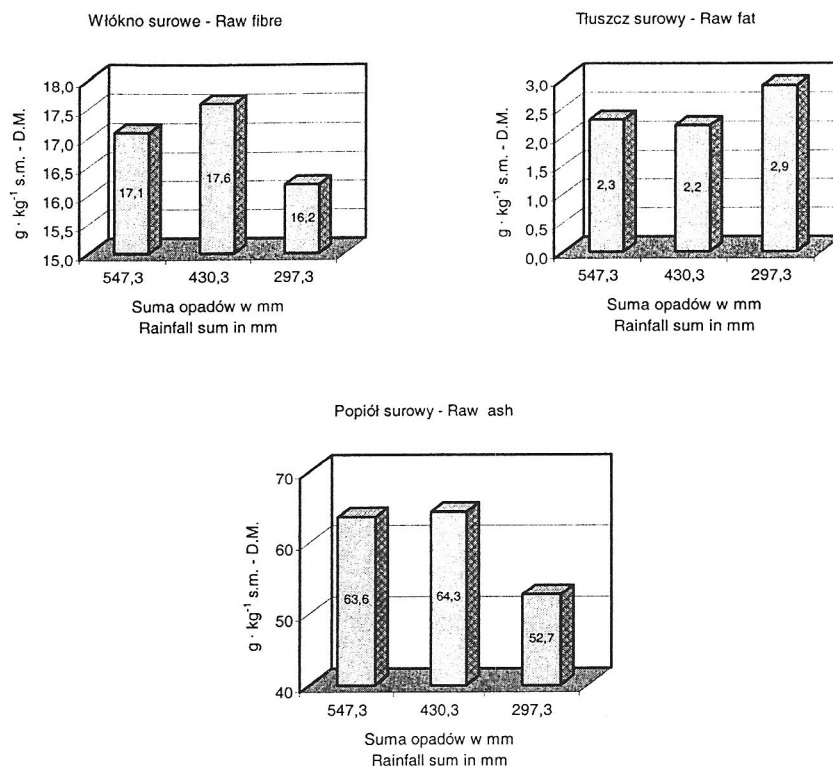
rzeniach. W badaniach testowano następujące warianty nawozowe: 1) kontrola ( $N_0P_0K_0$ ), 2)  $N_{40}K_{60}P_0$ , 3)  $N_{40}K_{60}P_{20}$ , 4)  $N_{40}K_{60}P_{40}$ , 5)  $N_{40}K_{60}P_{60}$ , 6)  $N_{40}K_{60}P_{80}$ , 7)  $N_{80}K_{120}P_0$ , 8)  $N_{80}K_{120}P_{40}$ , 9)  $N_{80}K_{120}P_{80}$ , 10)  $N_{80}K_{120}P_{120}$ , 11)  $N_{80}K_{120}P_{160}$ , 12)  $N_{120}K_{180}P_0$ , 13)  $N_{120}K_{180}P_{60}$ , 14)  $N_{120}K_{180}P_{120}$ , 15)  $N_{120}K_{180}P_{180}$ , 16)  $N_{120}K_{180}P_{240}$ , 17)  $N_{160}K_{240}P_0$ , 18)  $N_{160}K_{240}P_{80}$ , 19)  $N_{160}K_{240}P_{160}$ , 20)  $N_{160}K_{240}P_{240}$ , 21)  $N_{160}K_{240}P_{320}$ . Dawki fosforu odniesiono do  $P_2O_5$ , a potasu do  $K_2O$ . Testowana w badaniach odmiana ziemniaka Atol była odmianą jadalną, średnio późną. Zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi we wszystkich obiektach doświadczenia zastosowano jesienią obornik w ilości  $25 t \cdot ha^{-1}$ . Nawozy fosforowe (superfosfat potrójny 46%) i potasowe (sól potasowa 57%) wysiewano jednorazowo wiosną - na dwa tygodnie przed sadzeniem ziemniaka. Jednocześnie z nimi zastosowano połowę dawki nawozów azotowych, podczas, gdy drugą połowę ich dawki dostarczono roślinom po upływie tygodnia od pełni wschodów. Azot stosowano w formie mocznika (przed sadzeniem) i saletry amonowej (pogłównie). Ziemniak we wszystkich latach badań uprawiano po życie ozimym. Zabiegi agrotechniczne wykonano zgodnie z obowiązującymi zaleceniami. Badania prowadzono na poletkach o wielkości  $25 m^2$ .

Próby bulw ziemniaka do analiz laboratoryjnych pobrano w czasie zbioru tej rośliny. Następnie pokrojono je na cienkie plasterki, wysuszone i rozdrobniono. W tym materiale określono zawartość włókna surowego, tłuszczu surowego, popiołu surowego i mineralnych składników popielnych. Włókno surowe oznaczono metodą Leppera, a popiół surowy po spalaniu prób w piecu silitowym w temperaturze  $550^\circ C$ . W celu przyspieszenia procesu mineralizacji prób w trakcie spalania dodawano kwas nadchlorowy. Tłuszcz ekstrahowano eterem etylowym na aparacie Soxhleta w ciągu 6 godzin. W suchej masie bulw ziemniaka oznaczono także zawartość składników popielnych: fosforu – metodą wanadowo-molibdenową, magnezu metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) oraz potasu, wapnia i sodu metodą emisyjnej spektrometrii atomowej (ESA). Wyniki uzyskane w badaniach opracowano statystycznie metodą analizy wariancji Duncana.

### 3. Omówienie i dyskusja wyników

Zastosowane nawożenie mineralne oraz warunki klimatyczne panujące w czasie wegetacji, a zwłaszcza ilość opadów, decydowały o kształtowaniu się zawartości włókna, tłuszczu surowego i składników popielnych w bulwach ziemniaka. Zawartość włókna surowego w bulwach ziemniaka uzyskana w kolejnych latach prowadzenia doświadczenia wynosiła  $17,1, 17,6$  i  $16,2 g \cdot kg^{-1}$  suchej masy (rys. 1). Ograniczona ilość opadów ( $297,3 mm$ ) i dość wysoka temperatura powietrza ( $14,3^\circ C$ ) podczas wegetacji, co było charakterystyczne dla ostatniego roku badań, przyczyniły się do obniżenia zawartości włókna w bulwach. Na tle wzrastającego nawożenia azotowo-potasowego, jak i nawożenia fosforem w poszczególnych

seriach NK, na ogół widoczna była tendencja do wzrostu zawartości włókna surowego w bulwach ziemniaka (tab. 1). Wzrost ten był niewielki, niemniej jednak we wszystkich obiektach nawożonych zawartość włókna w bulwach była nieco wyższa niż w obiekcie kontrolnym.



Rys. 1. Zależność między zawartością włókna surowego, tłuszczu surowego i popiołu surowego w bulwach ziemniaka a sumą opadów w okresie wegetacji, w g · kg<sup>-1</sup> s.m..

Warunki klimatyczne oddziaływały także na zawartość tłuszczu surowego w bulwach ziemniaka (rys. 1). Wyraźnie wyższą jego zawartość, podobnie jak i włókna surowego, stwierdzono w trzecim roku badań charakteryzującym się najmniejszą ilością opadów i jednocześnie dość wysoką temperaturą powietrza podczas wegetacji. W takich warunkach klimatycznych zawartość tłuszczu w bulwach wynosiła średnio 2,9 g · kg<sup>-1</sup>, podczas gdy w latach wcześniejszych o większych ilościach opadów atmosferycznych była odpowiednio 21 i 24% niższa. Wyniki

średnie z trzech lat badań wskazują na nieznaczny wzrost zawartości tłuszczu surowego w bulwach pod wpływem nawożenia fosforem, w tym szczególnie w serii z najwyższym nawożeniem azotowo-potasowym (tab. 1). Wykazana w badaniach własnych znaczna stabilność zawartości włókna i tłuszczu w bulwach ziemniaka na tle zróżnicowanego nawożenia mineralnego nie jest, w porównaniu z danymi literatury, odosobniona. Tak na przykład w badaniach Ciećko i in. [1993] z odmianą Sokół wzrastające nawożenie azotowo-fosforowe, jak i potasowe także nie wykazywało udowodnionego wpływu na zawartość włókna i tłuszczu w bulwach.

Tabela 1. Wpływ nawożenia fosforem na zawartość włókna surowego, tłuszczu surowego i popiołu surowego w bulwach ziemniaka, w  $g \cdot kg^{-1}$  s.m. (średnia z 3 lat)

Dawka NPK w kg na ha	Zawartość w $g \cdot kg^{-1}$ s.m.		
	włókno surowe	tłuszcz surowy	popiół surowy
$N_0K_0P_0^*$	15,7	2,2	60,3
$N_{40}K_{60}P_0$	16,4	2,2	58,7
$P_{20}$	16,5	2,5	59,4
$P_{40}$	16,8	2,6	59,7
$P_{60}$	16,9	2,6	60,0
$P_{80}$	16,9	2,6	59,7
$N_{80}K_{120}P_0$	16,6	2,4	59,1
$P_{40}$	17,0	2,5	59,9
$P_{80}$	17,1	2,4	60,6
$P_{120}$	17,0	2,4	61,2
$P_{160}$	17,2	2,2	60,9
$N_{120}K_{180}P_0$	17,0	2,3	59,1
$P_{60}$	17,2	2,4	60,4
$P_{120}$	17,5	2,4	60,7
$P_{180}$	17,4	2,4	61,2
$P_{240}$	17,2	2,3	61,0
$N_{160}K_{240}P_0$	16,8	2,5	59,5
$P_{80}$	17,1	2,6	59,9
$P_{160}$	17,2	2,8	60,7
$P_{240}$	17,2	2,8	61,0
$P_{320}$	17,2	2,7	60,8
NIR – $LSD_{(0,05)}$	n.i. – n.s.	0,4	n.i. – n.s.

\* bez nawożenia mineralnego

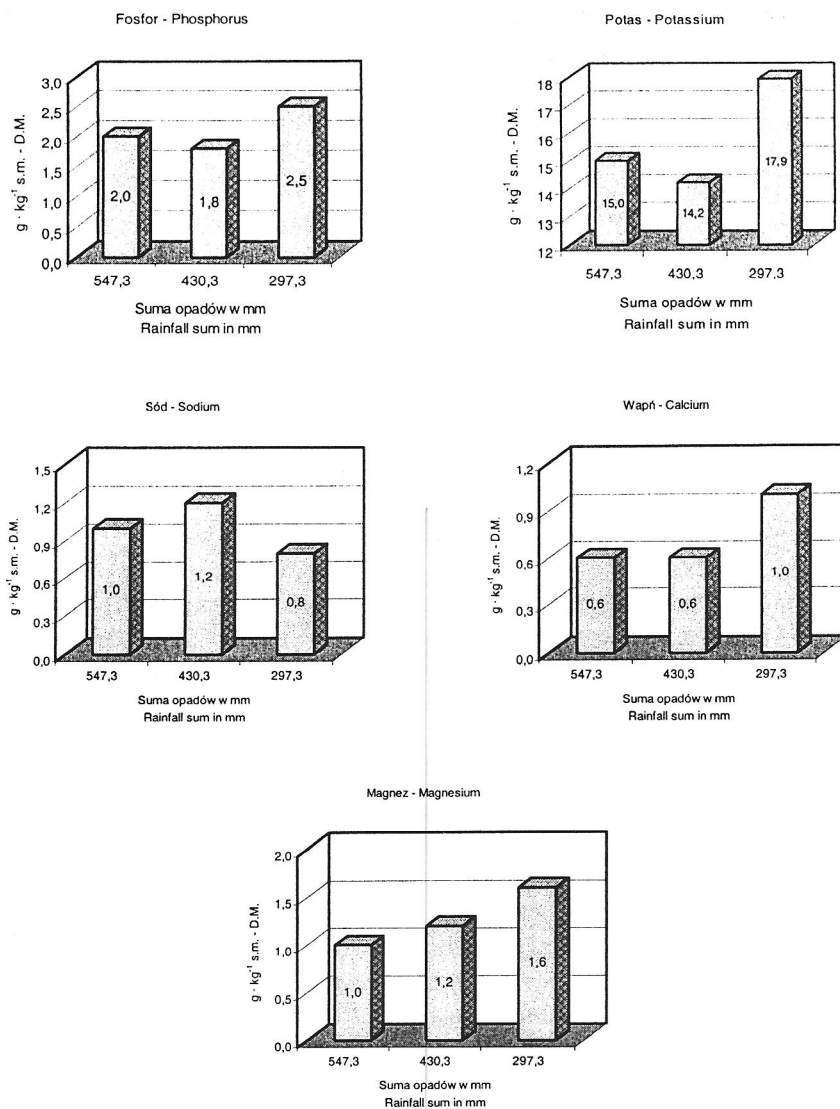
Obecnie w ocenie jakości bulw ziemniaka, obok związków organicznych, coraz większą wagę zwraca się na zawartość składników mineralnych [Wyszkowski, Ciećko 2002]. Ich zawartość w bulwach i odpowiednie relacje między nimi współdecydują o wartości spożywczej lub paszowej ziemniaka. O ilości składników mineralnych występujących w roślinach, w tym i w bulwach ziemniaka, świadczy zawartość popiołu surowego, którego największą część stanowi potas. Zawartość popiołu surowego w bulwach ziemniaka była uzależniona od warunków klimatycznych i w kolejnych latach realizacji doświadczenia wynosiła średnio 63,6, 64,3 i 52,7  $g \cdot kg^{-1}$  (rys. 1).

Wyraźnie niższa zawartość popiołu w trzecim roku uprawy miała przypuszczalnie związek z niewielką ilością opadów i dość wysoką temperaturą powietrza podczas wegetacji. Porównanie średnich wyników badań z 3 lat prowadzenia doświadczenia (tab. 1) wskazuje, że oddziaływanie nawożenia mineralnego na zawartość popiołu w bulwach ziemniaka było nieistotne, odnotowano wprawdzie w poszczególnych latach uprawy niewielki jego wpływ (rzędu kilku procent), ale nie był on wyraźnie ukierunkowany, dlatego też szczegółowe dane z kolejnych lat badań nie zostały w pracy zamieszczone. W tej ilości popiołu surowego udział makropierwiastków popielnych wynosił średnio: 15,7 g K, 2,1 g P, 1,4 g Mg, 1,0 g Na i 0,8 g Ca · kg<sup>-1</sup> s.m. Oddziaływanie nawożenia azotowo-potasowego, jak i fosforowego, na zawartość popiołu surowego w bulwach było wyraźnie uzależnione od warunków meteorologicznych (tab. 2, rys. 2).

Tabela 2 Wpływ nawożenia fosforem na zawartość makroelementów w bulwach ziemniaka, w g · kg<sup>-1</sup> s.m. (średnia z 3 lat)

Dawka NPK w kg na ha	Zawartość w g · kg <sup>-1</sup> s.m.				
	P	K	Na	Ca	Mg
N <sub>0</sub> K <sub>0</sub> P <sub>0</sub> *	2,0	15,9	1,0	0,8	1,3
N <sub>40</sub> K <sub>60</sub> P <sub>0</sub>	1,9	15,2	1,0	0,8	1,3
P <sub>20</sub>	2,1	15,5	1,1	0,7	1,4
P <sub>40</sub>	2,1	15,5	1,1	0,7	1,3
P <sub>60</sub>	2,3	15,7	1,1	0,8	1,3
P <sub>80</sub>	2,3	15,4	1,1	0,9	1,4
N <sub>80</sub> K <sub>120</sub> P <sub>0</sub>	2,0	15,7	1,2	0,9	1,4
P <sub>40</sub>	2,1	15,8	1,2	0,9	1,3
P <sub>80</sub>	2,1	15,8	1,1	0,8	1,5
P <sub>120</sub>	2,2	15,9	1,1	0,8	1,4
P <sub>160</sub>	2,2	15,7	1,1	0,8	1,4
N <sub>120</sub> K <sub>180</sub> P <sub>0</sub>	1,9	15,7	1,0	0,7	1,3
P <sub>60</sub>	2,2	15,9	1,0	0,7	1,4
P <sub>120</sub>	2,2	16,1	0,9	0,7	1,4
P <sub>180</sub>	2,2	15,9	0,9	0,7	1,4
P <sub>240</sub>	2,1	15,8	0,8	0,8	1,4
N <sub>160</sub> K <sub>240</sub> P <sub>0</sub>	1,9	15,5	0,9	0,7	1,4
P <sub>80</sub>	2,2	15,7	0,9	0,6	1,4
P <sub>160</sub>	2,3	15,8	0,9	0,7	1,4
P <sub>240</sub>	2,2	15,7	0,9	0,7	1,4
P <sub>320</sub>	2,2	15,4	0,9	0,7	1,3
NIR – LSD <sub>(0,05)</sub>	0,2	0,4	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.

\* bez nawożenia mineralnego



Rys.2. Zależność między zawartością makroelementów w bulwach ziemniaka a sumą opadów w okresie wegetacji, w  $g \cdot kg^{-1} s.m.$ .

W wyniku badań stwierdzono, że zawartość pięciu analizowanych pierwiastków popielnych była także związana z układem pogody w czasie wegetacji. W trzecim roku badań, deficytowym w opady (273,3 mm), zawartość fosforu, potasu,

wapnia i magnezu była znacznie wyższa, a sodu niższa, niż w pierwszych dwóch latach, charakteryzujących się dużą ilością opadów (odpowiednio 547,3 i 430,3 mm). Stosowane nawożenie NK i P miało nieznaczny wpływ na zawartość badanych makroskładników. Wyraźniej zaznaczyło się jedynie dodatnie oddziaływanie wzrastającego nawożenia fosforem na zawartość tego pierwiastka w bulwach.

Wyniki badań innych autorów [Ciećko 1974; Wyszkowski 1996] z zakresu wpływu nawożenia mineralnego na zawartość składników popielnych w bulwach ziemniaka są znacznie zróżnicowane w zależności od specyfiki warunków przyrodniczych, agrotechniki i samej odmiany. W doświadczeniu Wyszkowskiego [1996] z czterema odmianami ziemniaka wzrastające nawożenie azotem przyczyniło się do spadku zawartości potasu w bulwach, przy czym nie rzutowało ono na zawartość fosforu, wapnia i magnezu. Ujemny wpływ zwiększonego nawożenia azotem na zawartość potasu w bulwach ziemniaka odnotowano również w pracach Ciećko [1974] i Vos [1996]. Wzrastające nawożenie NPK, w odróżnieniu od samego nawożenia azotem, może przyczynić się do znacznego wzrostu zawartości potasu w bulwach ziemniaka, czego przykładem są badania Ciećko [1974]; Ciećko i in. [2000], Dziekanowskiego i in. [1992] oraz Wyszkowskiego [2001]. W doświadczeniu Wyszkowskiego [2001] wzrastające dawki NPK spowodowały także wzrost zawartości wapnia i zmniejszenie nagromadzenia magnezu w bulwach ziemniaka. W odmienny sposób działa nawożenie potasem, które zazwyczaj powoduje wysoki wzrost zawartości K w bulwach ziemniaka [Ciećko i in. 2000; Dziekanowski i in. 1992; Panique i in. 1997; Rogozińska i Wojdyła 1993; Zalewska 1995] i może oddziaływać na zawartość innych składników, np. powodować zmniejszenie zawartości wapnia i magnezu [Panique i in. 1997]. W doświadczeniu Dziekanowskiego i in. [1992] wykazano, że wzrastające nawożenie potasem, stosowane przy różnych dawkach NP, oprócz zwiększenia nagromadzenia K, częściowo oddziaływało także na zawartość sodu, wapnia i magnezu, a nie miało wpływu na zawartość fosforu w bulwach ziemniaka. Z trzech podstawowych składników pokarmowych (N, P, K) nawożenie fosforem oddziałuje najslabiej na skład mineralny bulw ziemniaka [CIEĆKO 1974]. Pod wpływem tego nawożenia przede wszystkim rośnie w bulwach zawartość fosforu, co zostało potwierdzone w badaniach własnych. W konsekwencji zasygnalizowanych zmian zawartości składników popielnych w bulwach ziemniaka pod wpływem nawożenia, szczególnie ekstremalnego, może dochodzić do naruszenia w nich równowagi jonowej i tym samym do obniżenia ich wartości użytkowej [Wyszkowski 2001; Wyszkowski, Ciećko 2002].

#### 4. Wnioski

1. Pod wpływem wzrastającego nawożenia azotowo-potasowego, jak i fosforowego zaznaczyła się w bulwach ziemniaka tendencja do zwiększenia zawartości włókna i częściowo tłuszczu surowego.
2. Stosowane w doświadczeniu nawożenia azotowo-potasowe i fosforowe miało niewielki wpływ na zawartość w bulwach ziemniaka surowego popiołu i poszczególnych makropierwiastków popielnych. Wyraźniej zaznaczyło się jedynie dodatnie oddziaływanie nawożenia fosforem na zawartość P w bulwach.
3. Zawartość makroelementów wykazywała niewielkie, ale istotne uzależnienie od warunków klimatycznych, a zwłaszcza od ilości opadów atmosferycznych.

#### Literatura

- Ciećko Z. (1974), *Badania nad nawożeniem ziemniaków odmiany Bem. 1. Wielkość plonu bulw oraz zawartość i uziarnienie skrobi. 2. Zawartość azotu organicznego i mineralnego w bulwach ziemniaków. 3. Skład aminokwasowy bulw ziemniaków. 4. Wpływ stosowanego nawożenia na zawartość  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  i witaminy C oraz stopień ciemnienia soku ziemniaczanego*. Zesz. Nauk. AR-T Olsztyn, Rol., 7: 179-241.
- Ciećko Z., Dziekanowski A., Nowak G. (1993), *Wpływ nawożenia potasem na plonowanie i jakość bulw ziemniaka*. Roczn. Nauk Rol., A, 109(4): 77-86.
- Ciećko Z., Wyszowski M., Żołnowski A., Krzywy J. (2000), *Zmiany zawartości niektórych składników mineralnych w bulwach ziemniaka pod wpływem nawożenia NPK i Mg*. Biul IHAR, 213: 125-129.
- Dziekanowski A., Ciećko Z., Nowak G. (1992), *Zawartość podstawowych makro- i mikroskładników w bulwach ziemniaka w zależności od poziomu nawożenia potasem*. Acta Acad. Agric. Tech. Olszt., Agric., 54: 117-126.
- Panique E., Kelling K.A., Schulte E.E., Hero D.E., Stevenson W.R., James R.V. (1997), *Potassium rate and source effects on potato yield, quality and disease interaction*. Amer. Potato J., 74: 379-398.
- Rogozińska I., Wojdyła T. (1993), *Rola azotu i magnezu w kształtowaniu plonów i jakości ziemniaka*. Zesz. Nauk. AR Kraków, 278, Sesja Nauk.: 317-330.
- Vos J. (1996), *Input and offtake of nitrogen, phosphorus and potassium in cropping systems with potato as a main crop and sugar beet and spring wheat as subsidiary crops*. Eur. J. Agron., 5: 105-114.
- Wyszowski M. (1996), *Wpływ nawożenia azotem i fungicydów na zawartość składników mineralnych w bulwach ziemniaka*. Acta Acad. Agricult. Techn., Olszt., Agricult., 63: 139-145.
- Wyszowski M. (2001), *Wpływ magnezu na kształtowanie plonów i wzajemnych relacji między niektórymi jonami w roślinach*. Wyd. UWM, Rozprawy i monografie, 52: 1-92.
- Wyszowski M., Ciećko Z. (2002), *Wpływ nawożenia na relacje między jonami w roślinach*. Wieś Jutra 11(52): 7-8.
- Zalewska M. (1995), *Wpływ nawożenia potasem i magnezem na skład chemiczny roślin*. Acta Acad. Tech. Olszt., Agric., 61: 167-175.