

## ZMIENNOŚĆ ZAWARTOŚCI MAKROELEMENTÓW W BULWACH *Helianthus tuberosus* L. POD DZIAŁANIEM ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA AZOTEM

Barbara Sawicka<sup>1</sup>, Dorota Kalembasa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>2</sup> Akademia w Podlaska w Siedlcach

**Streszczenie.** W bulwach słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.), pochodzących z doświadczenia polowego, przeprowadzonego w latach 2003-2005, oceniano zawartość azotu, potasu, fosforu, wapnia, magnezu i sodu. Czynnikiem eksperymentu były: odmiany słonecznika bulwiastego Albik i Rubik oraz zróżnicowane nawożenie azotem, na tle nawożenia fosforowo-potasowego i pełnej dawki obornika. Bardziej zasobna w składniki mineralne okazała się odmiana Rubik niż Albik. Ta ostatnia charakteryzowała się większą stabilnością ocenianych cech. Największą zawartość azotu, wapnia i sodu w bulwach słonecznika stwierdzono w obiektach nawożonych dawką 50 kg N-ha<sup>-1</sup>.

**Słowa kluczowe:** słonecznik bulwiasty, odmiany, nawożenie, związki mineralne

### WSTĘP

Słonecznik bulwiasty, znany też jako bulwa, gruszka piasków, topinambur (*Helianthus tuberosus* L.), z uwagi na wartości smakowe i odżywcze staje się ważnym składnikiem pożywienia człowieka. Bulwy tego gatunku wykorzystuje się w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, chemicznym, energetycznym a także jako surowiec do produkcji biogazu [Góral 1996, Varlamova i in. 1996, Sawicka 1998, 2002, Mikos-Bielak i in. 2000, Cieślik i in. 2005, Sawicka i Skiba 2007]. Z racji swego składu chemicznego mogą one częściowo lub całkowicie zastąpić deficytowe w naszej diecie składniki: inulinę, błonnik pokarmowy, witaminy, aminokwasy siarkowe oraz pozwolić na poszerzenie asortymentu wytwarzanych produktów konsumpcyjnych. Ze względu na dużą wartość biologiczną białka i znaczną zawartość inuliny, witamin oraz składników mineralnych bulwy tego gatunku są cennym surowcem do produkcji żywności funkcjonalnej o obniżonej wartości energetycznej i podwyższonej zawartości błonnika [Barta i in. 1990, Sawicka 1996, 1998, Cieślik 1998, Prażnik i in. 1998, Mikos-Bielak i in.

2000]. Stan odżywienia składnikami mineralnymi wywiera znaczny wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt. Stosowanie wysokiego nawożenia mineralnego, zwłaszcza azotem, może przyczynić się do obniżenia zawartości składników mineralnych w bulwach *Helianthus tuberosus*.

Celem pracy było określenie zawartości makroelementów w bulwach dwóch odmian słonecznika bulwiastego pod wpływem czynników agrotechnicznych i środowiskowych.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły bulwy słonecznika bulwiastego, pochodzące z doświadczenia polowego, przeprowadzonego w latach 2003-2005, w Polowej Stacji Doświadczalnej w Parczewie. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w trzech powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu była odmiana (Albik i Rubik) a II rzędu – nawożenie mineralne w dawkach:  $N_0P_0K_0$  – jako obiekt kontrolny oraz  $N_0P_{44}K_{125}$ ;  $N_{50}P_{44}K_{125}$ ;  $N_{100}P_{44}K_{125}$ ;  $N_{150}P_{44}K_{125}$ ;  $N_{200}P_{44}K_{125}$  w przeliczeniu na formę pierwiastkową nawozów, na tle pełnej dawki obornika ( $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Wszystkie zabiegi agrotechniczne wykonano zgodnie z wymaganiami tego gatunku.

Oznaczenia w glebie obejmowały: skład granulometryczny – metodą areometryczną, pH w roztworze  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  KCl, zawartość makroelementów rozpuszczalnych w  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  HCl, a także zasobność gleby w przyswajalny fosfor, potas i magnez – zgodnie z metodami przyjętymi w stacjach chemiczno-rolniczych. Wyniki tych analiz wyceniono według liczb granicznych opracowanych przez IUNG [Anonimus 1990].

W czasie zbiorów pobrano próby bulw do analiz chemicznych. Próby składające się z 50 nieuszkodzonych bulw pochodziły z 10 roślin każdego poletka. Bezpośrednio po zbiorze w suchej masie bulw oznaczono (w trzech powtórzeniach): zawartość azotu ogólnego – na autoanalyzerze CHN firmy Perkin Elmer, zawartość ogólną fosforu, potasu, wapnia, magnezu i sodu – w roztworze podstawowym, otrzymanym po mineralizacji bulw „na sucho” w piecu muflowym w temperaturze  $450^\circ\text{C}$  [Rutkowska 1981]. Uzyskany w tyglu porcelitowym popiół surowy zalano całkowicie wodnym roztworem kwasu solnego HCl (1:1) w celu rozpuszczenia węglanów oraz wydzielenia krzemionki ( $\text{SiO}_2$ ) i odparowano na łaźni piaskowej. Za pomocą  $10 \text{ cm}^3$  5% HCl uzyskano roztwór zawierający chlorki badanych pierwiastków oraz kwas fosforowy (V). Roztwór ten przeniesiono do kolby miarowej o pojemności  $100 \text{ cm}^3$ , oddzielając krzemionkę na twardym sączku. Dodatkowo tygielek przemyto 3-krotnie wodą dejonizowaną a roztwór przeniesiono przez sączek w celu usunięcia z niego chlorków i uzupełnienia kolby. W tak przygotowanym roztworze podstawowym oznaczono stężenie badanych makroelementów metodą ICP-AES na spektrometrze emisyjnym z indukcyjnie wzbudzoną plazmą (argonową) Optima 3200 RL, firmy Perkin Elmer, wykorzystując następujące długości fal: dla P –  $214.914 \text{ nm}$ , K –  $766.490 \text{ nm}$ , Ca –  $315.887 \text{ nm}$ , Mg –  $285.213 \text{ nm}$ , Na –  $330.237 \text{ nm}$ . Parametry pracy aparatu wynosiły: moc RF –  $1300 \text{ W}$ , prędkość przepływu argonu chłodzącego –  $15 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ , argonu pomocniczego –  $0,5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ , argonu nebulizującego –  $0,8 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ , a prędkość podawania próbki –  $1,5 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Statystyczne opracowanie wyników wykonano za pomocą analizy wariancji i regresji. Istotność źródeł zmienności testowano testem „F” Fischera-Snedecora, a wartość  $\text{NIR}_{0,05}$  oceniono testem Tukeya. Wyniki składu mineralnego bulw, w zależności od nawożenia mineralnego, poddano analizie regresji wielorakiej, wielomianowej, z redukcją zmiennych nieistotnych. Estymacji parametrów modelu dokonano przy użyciu Me-

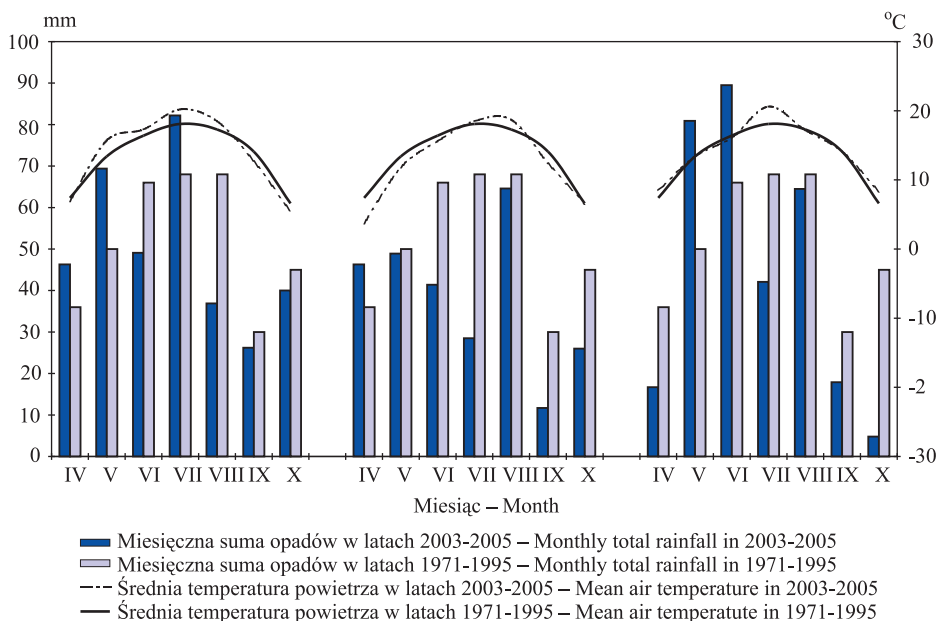
tody Najmniejszych Kwadratów (MNK) wraz z zachowaniem statystycznych reguł doboru zmiennych, oceny istotności szacowanych parametrów i ogólnej poprawności sporządzonego modelu a weryfikację istotności przeprowadzono za pomocą testu t Studenta. Wyliczono także współczynniki zmienności każdej cechy składu chemicznego bulw według wzoru:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

gdzie:

- s – odchylenie standardowe,
- $\bar{x}$  – średnia arytmetyczna.

Rozkład temperatur powietrza i opadów w analizowanych latach badań był zróżnicowany (rys. 1). W 2003 roku pierwsza połowa wegetacji była mokra i ciepła, druga zaś – sucha. W 2004 roku kwiecień i maj były wilgotne i chłodne, czerwiec i lipiec – skrajnie suche, zaś okres od sierpnia do października – przeciętny zarówno pod względem opadów, jak i temperatury powietrza. W 2005 roku maj i czerwiec były mokre i chłodne, a pozostałe miesiące suche bądź skrajnie suche i ciepłe.



Rys. 1. Opady i temperatura powietrza w okresie wegetacji *Helianthus tuberosus* według stacji COBORU w Uhninie (2003-2005)

Fig. 1. Rainfall and air temperature in the vegetation period of *Helianthus tuberosus* according to the Station of COBORU in Uhnin (2003-2005)

## WYNIKI

Doświadczenie polowe przeprowadzono na glebach, których powierzchniowe poziomy próchniczne zbudowane były z lekkich utworów piaszczystych (piasków), gliniastych lekkich lub gliniastych mocnych (według PTG), o odczynie kwaśnym lub lekko kwaśnym (pH 5,1-5,9) i średniej zawartości materii organicznej (tab. 1). Zasobność gleb w przyswajalny fosfor i potas była wysoka do bardzo wysokiej, zaś w magnez – niska do wysokiej.

Tabela 1. Charakterystyka gleb według kategorii agronomicznych  
Table 1. Characterization of soils according to agronomic categories

Kategoria agronomiczna gleb Agronomic category of soil	Rok Year	Procentowa zawartość frakcji o średnicy – Percentage content of fraction in diameter, mm			Gatunek gleby Soil texture (wg PTG)	Materia organiczna Organic matter %	pH <sub>KCl</sub>
		1-0,1	0,1-0,02	<0,02			
Lekkie – Light	2003	57	24	19	pgm	1,53	5,5
	2004	62	25	13	pgl	1,59	5,9
	2005	66	21	13	Pgl	1,24	5,1

W suchej masie bulw *Helianthus tuberosus* przeciętna zawartość azotu wynosiła 18,5 g, potasu – 28,8 g, fosforu – 3,43 g, wapnia – 0,98 g, magnezu – 0,99 g, sodu – 1,69 g·kg<sup>-1</sup>. Wszystkie czynniki eksperymentu wywarły istotny wpływ na zawartość makroelementów w bulwach słonecznika.

Właściwości odmianowe okazały się czynnikiem istotnie modyfikującym zawartość wszystkich badanych pierwiastków w bulwach tego gatunku (tab. 2). Odmiana Rubik akumulowała istotnie więcej azotu, potasu, fosforu, wapnia, magnezu i sodu niż odmiana Albik. Wartości współczynnika zmienności V, które są miarą rozrzutu otrzymanych wyników, były niskie, co świadczy o tym, że badane cechy były na ogół stabilne. Odmiana Rubik wykazała się większą stabilnością zawartości potasu, fosforu i sodu w bulwach niż odmiana Albik, cechująca się większą stabilnością azotu, wapnia i magnezu. Cechą najbardziej stabilną okazała się zawartość potasu, najmniej zaś – wapnia.

Tabela 2. Zawartość makroelementów w suchej masie bulw *Helianthus tuberosus*  
Table 2. Macroelement content in *Helianthus tuberosus* tubers

Makroelement Macroelement g·kg <sup>-1</sup>	Odmiana – Cultivar				NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	Albik		Rubik		
	średnia – mean	V*	średnia – mean	V	
Azot – Nitrogen (N)	17,6	21,0	19,3	25,7	0,091
Potas – Potassium (K)	27,3	14,8	30,3	14,0	1,418
Fosfor – Phosphorus (P)	3,18	32,5	3,7	20,8	0,165
Wapń – Calcium (Ca)	0,86	33,7	1,10	51,3	0,048
Magnez – Magnesium (Mg)	0,95	23,2	1,02	27,4	0,049
Sód – Sodium (Na)	1,61	22,6	1,77	19,8	0,084

\* współczynnik zmienności – variability coefficient

Nawożenie mineralne zastosowane w doświadczeniu wywarło istotny wpływ na zawartość wszystkich badanych pierwiastków z wyjątkiem potasu (tab. 3). Istotne związk-

szczenie zawartości azotu, w porównaniu z obiektem kontrolnym (bez nawożenia mineralnego), zanotowano na obiektach nawożonych najniższą dawką azotu ( $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), na tle stałego nawożenia fosforowo-potasowego. Obydwie badane odmiany gromadziły różną ilość azotu. W bulwach odmiany Albik największą zawartość tego pierwiastka stwierdzono w obiektach nawożonych dawką  $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a odmiany Rubik – 50, 150 i  $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , na tle stałego nawożenia fosforowo-potasowego (tab. 4). Użycie modelu regresji wielomianowej pozwoliło lepiej wyjaśnić te zależności i wykazać, iż pod wpływem nawożenia zawartość azotu w bulwach układała się według krzywej trzeciego stopnia, tak w przypadku odmiany Albik ( $D = 58,7\%$ ), jak i Rubik ( $D = 67,2\%$ ) (rys. 2).

Tabela 3. Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość azotu, potasu, fosforu, wapnia, magnezu i sodu w suchej masie bulw *Helianthus tuberosus*,  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  (średnia dla odmian)

Table 3. Influence of mineral fertilization on the nitrogen, potassium, phosphorus, calcium, magnesium and sodium in dry matter content of *Helianthus tuberosus* tubers,  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  (mean for cultivars)

Nawożenie Fertilization*	N	K	P	g·kg <sup>-1</sup>		
				Ca	Mg	Na
0	15,2	29,0	3,91	0,87	0,99	1,48
PK	16,5	28,3	4,02	0,99	0,91	1,58
N <sub>1</sub> PK	20,2	29,1	3,49	1,14	1,03	1,98
N <sub>2</sub> PK	17,9	28,9	3,08	1,12	1,01	1,84
N <sub>3</sub> PK	21,3	29,4	3,10	0,95	0,98	1,65
N <sub>4</sub> PK	19,5	28,1	2,96	0,85	0,99	1,63
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,273	ni – ns**	0,496	0,143	0,146	0,251

\* 44P, 125K; 0 – obiekt kontrolny – control, PK – 44P, 125K; N<sub>1</sub>PK – 50N, 44P, 125K; N<sub>2</sub>PK – 100N, 44P, 125K; N<sub>3</sub>PK – 150N, 44P, 125K; N<sub>4</sub>PK – 200N, 44P, 125K  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

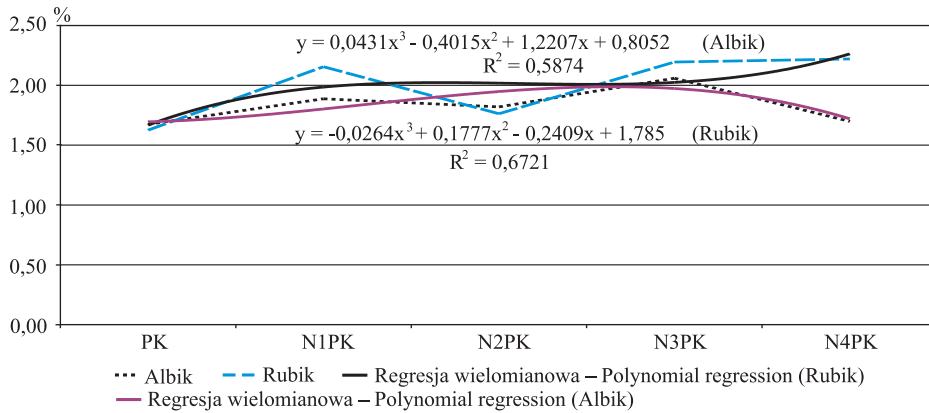
\*\* nieistotne przy poziomie  $\alpha \leq 0.05$  – non-significant at  $\alpha \leq 0.05$

Tabela 4. Wpływ odmian i nawożenia mineralnego na zawartość azotu, potasu, wapnia, magnezu, fosforu i sodu w suchej masie bulw słonecznika,  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

Table 4. Influence of cultivars and mineral fertilization on the nitrogen, potassium, calcium and sodium in dry matter content of *Helianthus tuberosus* tubers,  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

Odmiana Cultivar	Nawożenie Fertilization*	N	K	g·kg <sup>-1</sup>			
				Ca	Mg	P	Na
Albik	0	14,5	27,8	0,80	0,95	3,90	1,35
	PK	16,8	27,6	0,93	0,93	3,79	1,61
	N <sub>1</sub> PK	18,9	27,2	0,82	0,95	3,25	1,68
	N <sub>2</sub> PK	18,2	27,6	0,96	0,97	2,89	1,77
	N <sub>3</sub> PK	20,6	28,2	0,88	0,94	2,83	1,62
	N <sub>4</sub> PK	16,1	25,4	0,80	0,94	2,45	1,67
Rubik	0	16,1	30,2	0,93	1,03	3,92	1,61
	PK	16,2	29,0	1,05	0,90	4,26	1,56
	N <sub>1</sub> PK	21,6	31,1	1,47	1,10	3,72	2,28
	N <sub>2</sub> PK	17,6	30,1	1,28	1,05	3,27	1,91
	N <sub>3</sub> PK	22,0	30,5	1,01	1,01	3,38	1,68
	N <sub>4</sub> PK	22,1	30,8	0,90	1,03	3,45	1,59
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		5,470	ni – ns**	0,286	ni – ns	ni – ns	0,502

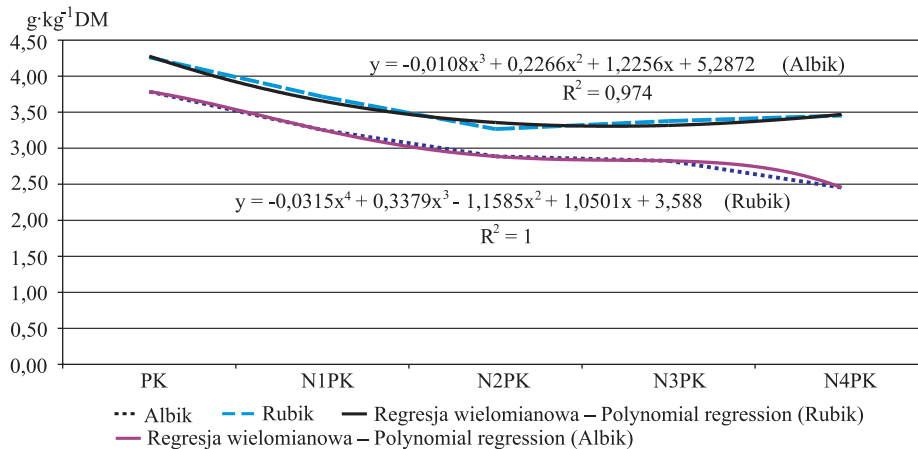
objaśnienia jak w tabeli 3 – for explanations, see Table 3



Rys. 2. Wpływ nawożenia mineralnego i odmian na zawartość azotu w bulwach *Helianthus tuberosus* (średnia z lat 2003-2005)

Fig. 2. Influence of mineral fertilization and cultivars on nitrogen content in *Helianthus tuberosus* tubers (mean for 2003-2005)

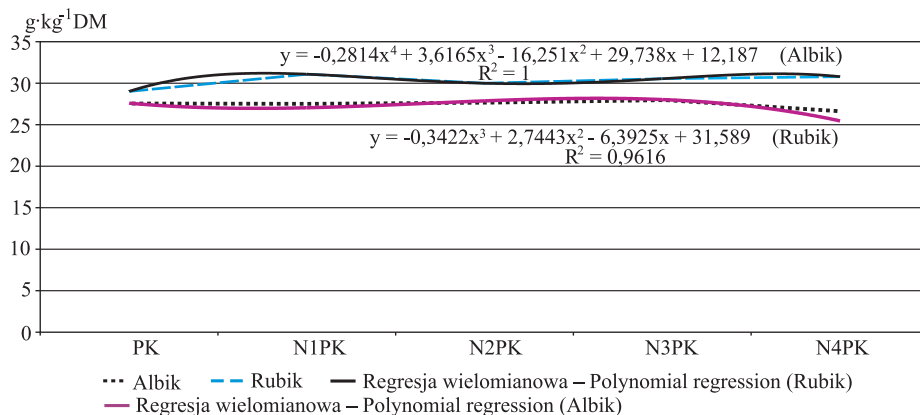
Analiza chemiczna wykazała, że zawartość fosforu w bulwach *Helianthus tuberosus* była największa w obiekcie z nawożeniem fosforowo-potasowym (tab. 3). Jednak wprowadzenie nawożenia azotem w dawce  $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  spowodowało istotne obniżenie zawartości tego makroelementu, zarówno w stosunku do obiektu P i K, jak i obiektu kontrolnego. Dawką obniżającą stężenie tego pierwiastka w bulwach była także ilość  $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Zastosowanie modelu regresji wielomianowej wykazało, iż pod wpływem nawożenia mineralnego zawartość fosforu w bulwach układała się w przypadku odmiany Rubik – według równania trzeciego, zaś w przypadku odmiany Albik – według równania czwartego stopnia. Wysoką wiarygodność tych modeli potwierdza wysoki współczynnik determinacji ( $D =$  odpowiednio: 97,4 i 100%) (rys. 3).



Rys. 3. Wpływ nawożenia mineralnego i odmian na zawartość fosforu w bulwach *Helianthus tuberosus* (średnia z lat 2003-2005)

Fig. 3. Influence of mineral fertilization and cultivars on phosphorus content in *Helianthus tuberosus* tubers (mean for 2003-2005)

Największą zawartość potasu w bulwach *Helianthus tuberosus* zanotowano w obiektach, na których zastosowano 150 kg N·ha<sup>-1</sup> na tle stałej dawki nawozów fosforowo-potasowych. Nie różniła się ona istotnie od zawartości potasu w obiekcie kontrolnym ani też w obiekcie nawożonym fosforem i potasem (tab. 3). Zawartość tego pierwiastka w bulwach odmiany Albik, pod wpływem nawożenia mineralnego, układała się według krzywej regresji 3-, a odmiany Rubik – według krzywej 4-stopnia (rys. 4). Współczynnik determinacji tych równań spełnił postulowany przez Kranza i Royale'a [1978] poziom 60% w przypadku obu odmian (D = odpowiednio: 96,16 i 100%).



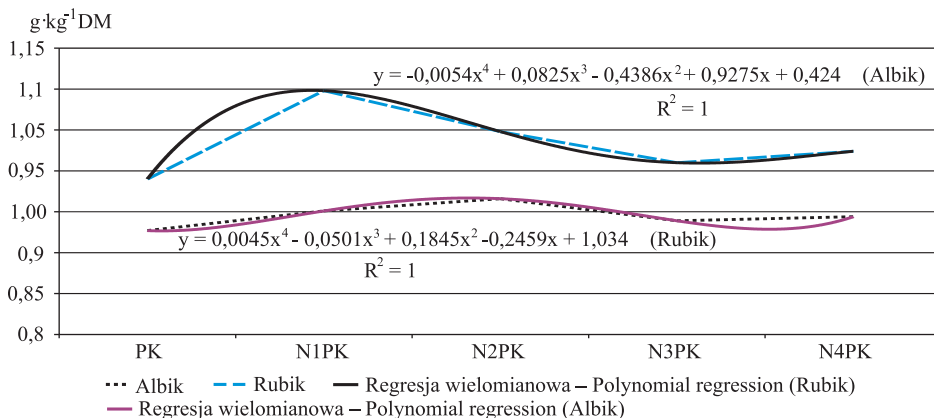
Rys. 4. Wpływ nawożenia mineralnego i odmian na zawartość potasu w bulwach *Helianthus tuberosus* (średnia z lat 2003-2005)

Fig. 4. Influence of mineral fertilization and cultivars on potassium content in *Helianthus tuberosus* tubers (mean for 2003-2005)

Najmniej magnezu w bulwach *Helianthus tuberosus* stwierdzono w obiektach z najwyższą dawką azotu, a najwięcej – w kombinacjach z dawką najniższą (tab. 3). Podwyższanie dawek azotu powodowało zmniejszenie zawartości tego pierwiastka w bulwach; przy czym istotne zmniejszenie zanotowano w obiektach z potrójną dawką azotu. Użycie do obliczeń regresji wielomianowej przyczyniło się do wyjaśnienia tych zależności w większym stopniu niż za pomocą analizy wariancji. W przypadku odmiany Albik i Rubik zawartość magnezu w bulwach układała się według krzywej regresji 4-stopnia (rys. 5). Wysoką wiarygodność tych modeli potwierdzają ich wysokie współczynniki determinacji (D = 100% u obu odmian).

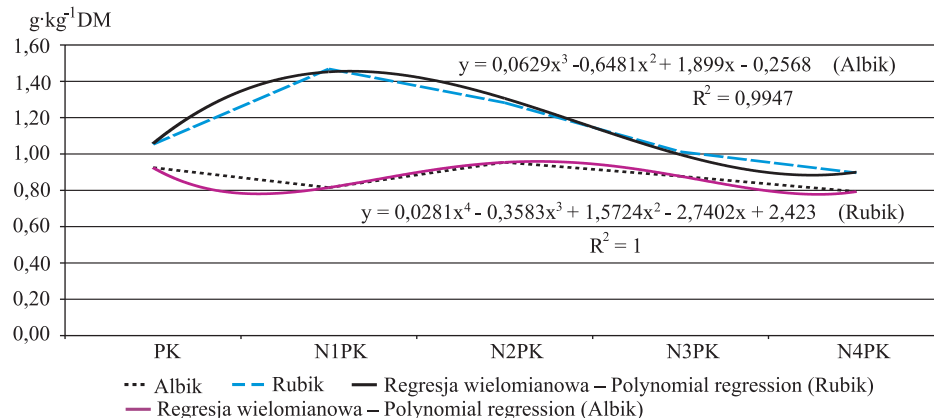
Analiza chemiczna wykazała, że zawartość wapnia w bulwach była największa w obiektach z najniższą dawką azotu, najmniejsza zaś – w wariantach nawożonych dawką 200 kg N·ha<sup>-1</sup>, na tle stałego nawożenia fosforowo-potasowego i pełnej dawki obornika (tab. 3). Użyte w doświadczeniu odmiany odmiennie reagowały na nawożenie mineralne (tab. 4). Odmiana Rubik pod wpływem nawożenia najniższą dawką azotu zwiększyła 1,5-krotnie zawartość wapnia w bulwach w porównaniu z obiektem kontrolnym. Większe dawki azotu przyczyniły się do zmniejszenia zawartości tego pierwiastka w badanych bulwach *Helianthus tuberosus*. W przypadku odmiany Albik zwiększenie zawartości wapnia zanotowano w obiektach nawożonych podwojoną dawką azotu (N<sub>100</sub>P<sub>44</sub>K<sub>125</sub> kg·ha<sup>-1</sup>), na tle stałego nawożenia fosforowo-potasowego, w stosunku do obiektu kontrolnego. Zastosowanie modelu regresji wielomianowej wykazało, że pod wpływem nawożenia

mineralnego zawartość tego pierwiastka w bulwach układała się w przypadku odmiany Rubik – według regresji wielomianowej 3-, zaś w przypadku odmiany Albik – według regresji 4-stopnia. Wysokie współczynniki determinacji tych równań ( $D = 99,5\%$  i  $100\%$ ) świadczą o bardzo wysokiej wiarygodności tych zależności (rys. 6).



Rys. 5. Wpływ nawożenia mineralnego i odmian na zawartość magnezu w bulwach *Helianthus tuberosus* (średnia z lat 2003-2005)

Fig. 5. Influence of mineral fertilization and cultivars on magnesium content in *Helianthus tuberosus* tubers (mean for 2003-2005)



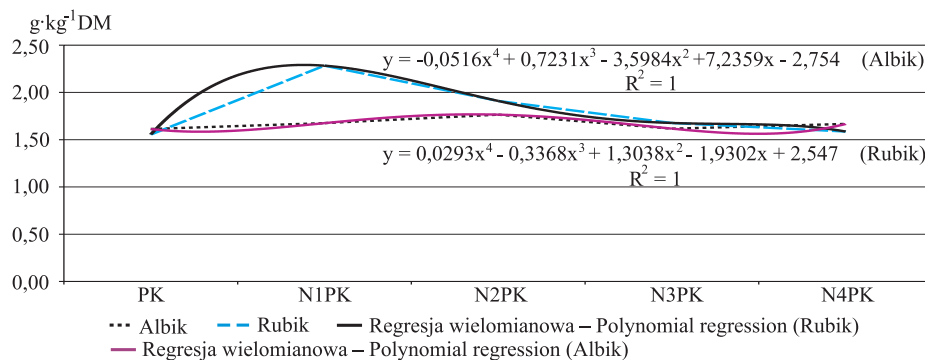
Rys. 6. Wpływ nawożenia mineralnego i odmian na zawartość wapnia w bulwach *Helianthus tuberosus* (średnia z lat 2003-2005)

Fig. 6. Influence of mineral fertilization and cultivars on calcium content in *Helianthus tuberosus* tubers (mean for 2003-2005)

Zawartość sodu zwiększyła się istotnie już pod wpływem nawożenia dawką  $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Dalsze zwiększanie nawożenia azotem powodowało tendencję spadkową zawartości tego pierwiastka w bulwach. Istotne zmniejszenie zawartości sodu w bulwach stwierdzono w obiektach nawożonych potrójną dawką azotu ( $\text{N}_{150}\text{P}_{44}\text{K}_{125} \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (tab. 3).



Badane odmiany odmiennie reagowały na nawożenie azotem. Odmiana Albik nie wykazała istotnej reakcji pod wpływem nawożenia, zaś odmiana Rubik największą zawartość sodu w bulwach uzyskała po zastosowaniu najniższej dawki azotu (tab. 4). Użycie rachunku regresji wielomianowej przyczyniło się do lepszego wyjaśnienia tych zależności. W przypadku obu odmian zawartość sodu w bulwach układała się według modelu regresji 4-stopnia (D = 100% dla obydwu odmian) (rys. 7).



Rys. 7. Wpływ nawożenia mineralnego i odmian na zawartość sodu w bulwach *Helianthus tuberosus* (średnia z lat 2003-2005)

Fig. 7. Influence of mineral fertilization and cultivars on sodium content in *Helianthus tuberosus* tubers (mean for 2003-2005)

Warunki meteorologiczne w latach badań wywarły istotny wpływ na zawartość wszystkich badanych makroelementów w bulwach *Helianthus tuberosus* (tab. 5). Największą zawartość azotu, potasu, fosforu i sodu w bulwach zanotowano w 2004, najmniejszą zaś – w 2005 roku; najwięcej magnezu stwierdzono w 2003, zaś wapnia – w 2005 roku.

Tabela 5. Wpływ lat na zawartość makroelementów w suchej masie bulw *Helianthus tuberosus*, g·kg<sup>-1</sup>

Table 5. Influence of the years on the macroelements in dry matter content of *Helianthus tuberosus* tubers, g·kg<sup>-1</sup>

Makroelement Macroelement g·kg <sup>-1</sup>	Rok – Year			NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>
	2003	2004	2005	
N	18,3	22,3	14,7	0,137
K	30,9	32,1	23,4	4,260
P	3,76	4,05	2,47	0,496
Ca	0,58	0,83	1,55	0,143
Mg	1,19	1,06	0,77	0,146
Na	1,71	1,82	1,55	0,251

Zróznicowane warunki atmosferyczne w latach badań oddziaływały na zawartość wapnia w bulwach *Helianthus tuberosus*. Istotne zwiększenie zawartości tego pierwiastka, pod wpływem zróżnicowanego nawożenia mineralnego, w porównaniu z obiektem kontrolnym, uzyskano tylko w 2005 roku w obiektach nawożonych najniższą dawką azotu na tle stałego nawożenia fosforowo-potasowego (tab. 6).

Tabela 6. Wpływ lat i nawożenia mineralnego na zawartość wapnia w suchej masie bulw, g·kg<sup>-1</sup>  
 Table 6. Influence of years and mineral fertilization on the calcium content in dry matter of tubers, g·kg<sup>-1</sup>

Nawożenie Fertilization*	Rok – Year		
	2003	2004	2005
0	0,50	0,73	1,37
PK	0,66	0,98	1,33
N <sub>1</sub> PK	0,58	0,83	2,02
N <sub>2</sub> PK	0,56	0,80	2,00
N <sub>3</sub> PK	0,62	0,90	1,32
N <sub>4</sub> PK	0,55	0,75	1,24
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,429		

objaśnienia jak w tabeli 3 – for explanations, see Table 3

Oceniając wzajemne proporcje składników mineralnych, w badanym materiale roślinnym, stwierdzono, iż stosunki: K : Ca, K : (Ca + Mg) oraz Ca : Mg i K : Mg odbiegały znacznie od uznanego optimum (tab. 7). Wzajemne proporcje K : (Ca + Mg), K : Ca, K : Mg, znajdowały się powyżej, zaś Ca : Mg – poniżej optymalnego stosunku tych składników: za optymalny można uznać tylko stosunek Ca : P.

Tabela 7. Relacje składników mineralnych w suchej masie bulw słonecznika (średnia ważona z lat 2003-2005)

Table 7. Proportion of mineral components in the tubers (weighted mean of 2003-2005)

Odmiana Cultivar	Nawożenie Fertilization*	K : (Ca + Mg)	Ca : Mg	K : Ca	K : Mg	Ca : P
Albik	0	6,02	0,51	17,76	9,10	1,59
	PK	5,76	0,61	15,26	9,24	1,89
	N <sub>1</sub> PK	5,86	0,52	17,13	8,91	1,94
	N <sub>2</sub> PK	5,55	0,60	14,81	8,87	2,55
	N <sub>3</sub> PK	5,97	0,57	16,50	9,35	2,40
	N <sub>4</sub> PK	5,54	0,51	16,42	8,37	2,50
	średnia – mean	5,78	0,55	16,31	8,97	2,14
Rubik	0	5,91	0,55	16,65	9,17	1,83
	PK	5,86	0,71	14,12	10,02	1,91
	N <sub>1</sub> PK	4,86	0,81	10,85	8,80	3,05
	N <sub>2</sub> PK	5,11	0,74	11,99	8,90	3,03
	N <sub>3</sub> PK	5,85	0,61	15,47	9,40	2,32
	N <sub>4</sub> PK	6,07	0,53	17,61	9,26	2,00
	średnia – mean	5,61	0,66	14,45	9,26	2,36
Średnia dla nawożenia Mean for fertilization	0	5,80	0,55	16,36	9,00	2,11
	PK	5,78	0,58	15,90	9,11	2,15
	N <sub>1</sub> PK	5,67	0,60	15,35	9,06	2,29
	N <sub>2</sub> PK	5,57	0,63	14,71	9,06	2,43
	N <sub>3</sub> PK	5,61	0,63	14,79	9,12	2,40
	N <sub>4</sub> PK	5,62	0,63	14,93	9,11	2,35
	średnia – mean	5,68	0,60	15,34	9,08	2,29
Optimum Bergmanna		1,65	3,00	2,00	6,00	2,00

objaśnienia jak w tabeli 3 – for explanations, see Table 3

## DYSKUSJA

O wartości bulw *Helianthus tuberosus* jako surowca do przetwórstwa spożywczego, farmaceutycznego i paszy dla zwierząt świadczy ich skład mineralny. W suchej masie bulw przeciętna zawartość wynosiła (w g·kg<sup>-1</sup>): azotu – 18,5 g, potasu – 28,8 g, fosforu – 3,43 g, wapnia – 0,98 g, magnezu – 0,99 g, sodu – 1,69 g. Zgodnie z normami przyjętymi przez Bergmanna [1986, 1992] oznacza to, iż bulwy *Helianthus tuberosus* charakteryzują się wystarczającą zawartością fosforu i magnezu, niedoborem wapnia i potasu, zaś zawartość sodu jest powyżej optimum. Według Górala [1996] skład popiołu bulw *H. tuberosus* jest porównywalny ze składem bulw ziemniaka. W opinii Mikos-Bielak i in. [2000] i Sawickiej [2002] większość ogólnej ilości związków azotowych (70%) występuje w bulwach w formach łatwo rozpuszczalnych, w tym około 55% związków azotowych to proteiny. Według tych autorek aminokwasem ograniczającym w białku bulw jest izoleucyna a następnie leucyna i lizyna. Współczynnik, wykorzystywany do porównania wartości odżywczej, a określający stosunek aminokwasów egzogennych do sumy wszystkich, znajduje się w granicach 0,50-0,59, zależnie od odmiany.

Zawartość potasu w bulwach *Helianthus tuberosus* koresponduje z ilością tego pierwiastka w bulwach ziemniaka. Potwierdzenie tych wyników można znaleźć w pracach Kołodziej [1967], Cieślik i Baranowskiego [1997], Cieślik [1998], Mikos-Bielak i in. [2000], Sawickiej [1997, 2002] oraz Sawickiej i Skiby [2007]. Większą zawartość potasu w bulwach stwierdzili Barta i Patkai [1996], zaś znacznie mniejszą (w dzikich odmianach *Helianthus tuberosus*) wykazał Seiler [1988]. Zawartość ogólnego fosforu w bulwach kształtowała się w granicach normy [Bergmann 1992]. Nieco większą zawartość tego pierwiastka w stwierdziła Sawicka [2002], zaś dwukrotnie mniejszą, w dzikich formach *H. tuberosus*, zaobserwował Seiler [1988].

Poziom magnezu w bulwach *Helianthus tuberosus* wahał się od 0,96 do 1,02 g·kg<sup>-1</sup> s.m. bulw. Porównywalne ilości tego pierwiastka w tej części słonecznika bulwiastego stwierdzili Barta i Patkai [1996] oraz Sawicka [1996, 1997, 2002]; nieco większą (1,31 g·kg<sup>-1</sup>) – Cieślik [1998], a znacznie większą (2,70 g·kg<sup>-1</sup>) – u dzikich form *H. tuberosus* – Seiler [1988]. Makroelement ten wykazuje działanie antagonistyczne w stosunku do jonów K<sup>+</sup> i NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, zmniejszając ich pobieranie oraz wiąże się z różnymi enzymami, tworząc wiązania jonowe typu mostków, np. z białkiem i ATP, a także uczestniczy w regulacji pH w komórce [Stark 1998].

Na plantacjach produkcyjnych słonecznika bulwiastego szczególnie ważna jest rola wapnia, gdyż pierwiastek ten decyduje o równowadze składników pokarmowych w żywności i paszy. W przeprowadzonych badaniach zawartość wapnia w s.m. bulw była niedoborowa, co należy łączyć z antagonistycznym oddziaływaniem na siebie potasu i wapnia. W konsekwencji fakt ten miał niekorzystny wpływ na jakość bulw, mierzoną stosunkami wapnia do magnezu. W opinii Stark [1998] wapń należy do pierwiastków trudno przemieszczających się w roślinie a objawy jego niedoborów mogą wystąpić nawet na glebach zasobnych w ten składnik. Pobieranie wapnia jest utrudnione na glebach kwaśnych, piaszczystych i torfowych, zwłaszcza w obecności potasu i magnezu. Niedobory wapnia mogą często występować w okresach suszy. Niedobór wapnia w bulwach *H. tuberosus*, wykorzystywanych jako pasza dla zwierząt, można uzupełnić poprzez zastosowanie mieszanek mineralnych w żywieniu zwierząt [Bergmann 1992]. Sawicka [2002] dowiodła, że podatność na niedobory wapnia jest cechą uwarunkowaną genetycznie i może się znacznie różnić pomiędzy odmianami.

Zawartość sodu w bulwach *Helianthus tuberosus* była nadmierna (1,48-1,98 g·kg<sup>-1</sup> s.m. bulw). Podobną ilość tego pierwiastka w bulwach stwierdzili Seiler i Campbell [2004], zaś znacznie mniejszą Cieślik [1998]; przy czym autorka ta zanotowała większą jego zawartość w bulwach przechowywanych zimą w glebie niż zbieranych jesienią. Stark [1998] uznaje ten pierwiastek za korzystny dla roślin, gdyż może on zastępować potas.

Dominującą rolę w zmienności badanych makroelementów w bulwach *Helianthus tuberosus* odgrywała zmienność genotypowa, związana z cechami odmianowymi. Zdaniem Sawickiej [1997] udział zmienności genotypowej w ogólnej zmienności makroelementów stanowi 46,7-98,3%. W opinii Seilera i Campbella [2004] oraz Sawickiej [1997] zmienność fenotypowa odmian i form dzikich słonecznika bulwiastego, pod względem każdej cechy składu chemicznego bulw, jest łącznym efektem zmienności genetycznej i środowiskowej. Seiler i Campbell [2004] dowiedli, iż wielkość komponentów wariacyjnych, genotypowych słonecznika bulwiastego, w przypadku N, Ca i K jest wysoka i wskazuje na potencjalną możliwość poprawy tych cech poprzez selekcję w populacjach. Natomiast udział zmienności genotypowej dla P i Mg był niski, co może sugerować, że ulepszenie tych cech poprzez selekcję będzie trudne.

Istotne zwiększenie zawartości azotu, wapnia, magnezu i sodu stwierdzono już w obiektach nawożonych najniższą dawką azotu, na tle stałego nawożenia fosforowo-potasowego (N<sub>50</sub>P<sub>44</sub>K<sub>125</sub> kg·ha<sup>-1</sup>), w porównaniu z obiektem kontrolnym (bez nawożenia mineralnego). Zdaniem Sawickiej [2002] wysokie nawożenie azotem może przyczynić się do zwiększenia zawartości potasu, wapnia i magnezu oraz obniżenia stężenia fosforu w bulwach. Mikos-Bielak i in. [2000] stwierdziły, iż zwiększenie nawożenia azotem, na tle stałego nawożenia fosforowo-potasowego, powodowało sukcesywny wzrost zawartości azotu w bulwach *H. tuberosus*. Autorki te udowodniły także, iż nawożenie zwiększoną dawką azotu istotnie obniża wartość biologiczną bulw tego gatunku. Pasza zasobna w fosfor, będący jednym z ważniejszych makroskładników do tworzenia białka zwierzęcego, świadczy o wystarczającym a nawet zbyt obfitym nawożeniu mineralnym tym składnikiem. Badania Grzebisza i in. [2003] świadczą o ograniczonej przyswajalności fosforu na glebach zakwaszonych (proces retrogradacji), co związane jest ze stężeniem jonów glinu, żelaza i manganu, znacznym w glebach mineralnych. Na zawartość fosforu w bulwach mogło wpływać nawożenie a także dostępność tego pierwiastka w glebie. Przewidywalność fosforu zawartego w związkach organicznych zależy od rozpuszczalności tych związków i kwasowości roztworu glebowego. Zdaniem Cieśli i Kopera [1990] związki te najlepiej rozpuszczają się w odczynie bliskim obojętnemu lub lekko kwaśnym. W warunkach gleb lekko kwaśnych, do jakich należą eksperymentalne gleby, mogą tworzyć się nierozpuszczalne fosforany żelaza i glinu, przez co mogła obniżyć się ilość fosforu przyswajalnego dla roślin. Zastosowane w doświadczeniu dawki fosforu mogły być zbyt wysokie. Nadmierna zawartość potasu w bulwach może świadczyć zarówno o odpowiednim pobieraniu tego pierwiastka przez słonecznik bulwiasty, jak też o zastosowaniu zbyt wysokiej jego dawki. Pozwoli to w przyszłości regulować dawki nawożenia fosforem i potasem stosownie do zapotrzebowania roślin.

Odmienne reakcja badanych odmian na nawożenie azotem, w przypadku zawartości azotu, wapnia i sodu, wynikała z różnej ich zdolności do akumulacji tych pierwiastków w bulwach, jak i reakcji na nawożenie azotem.

Zmienność środowiska glebowego oraz atmosferycznego istotnie modyfikowała poziom wszystkich makroelementów w bulwach. Zróżnicowanie środowiska, w jakim wzrastają rośliny słonecznika bulwiastego, powoduje – zdaniem Sawickiej [1997], Seilera [1988], Seilera i Campbella [2004, 2006] – modyfikację procesów regulacji wewnętrznej zarówno w obrębie krzaka, jak i rośliny. Może zatem nastąpić zmienność w obrębie rośliny, pędów oraz zmienność roślin związana z latami i miejscowościami. Badania Seilera i Campbella [2004] nie wykazały wpływu przebiegu pogody na zawartość potasu i magnezu w bulwach *Helianthus tuberosus*. Z badań Sawickiej [1996, 2002], Kołodziej [1967] i Cieślak [1998] wynika, iż warunki środowiska, a zwłaszcza warunki meteorologiczne, wywierają największy wpływ na akumulację magnezu w bulwach. Dużemu stężeniu tego składnika sprzyjają wysokie ilości opadów i przeciętna średnia temperatura powietrza.

Antagonizm pomiędzy pobieraniem poszczególnych pierwiastków z bulw *H. tuberosus* przez ludzi i zwierzęta powoduje, że ważny jest nie tylko ich skład chemiczny, ale również wzajemne zależności pomiędzy poszczególnymi pierwiastkami. Wzajemne proporcje składników mineralnych w bulwach były uzależnione od ich zawartości i masy atomowej. Najważniejszy, ze względów żywieniowych, stosunek potasu do wapnia i magnezu okazał się zbyt wysoki w badanym surowcu. Nadmierne stężenie potasu w s.m. nie było w stanie zrównoważyć niedoboru wapnia ani też optymalnej zawartości magnezu. Stosunek wapnia do magnezu okazał się także nieprawidłowy. Jest to niebezpieczne dla zdrowia ludzi i zwierząt, gdyż pierwiastki te są pobierane przez organizmy nie tylko w ilościach koniecznych. Podobne spostrzeżenia co do wzajemnych stosunków tych pierwiastków w bulwach *Helianthus tuberosus* przedstawili Barta i in. [1990]. Autorzy Ci dowiedli, iż zmiany proporcji między jonami K, Ca i Mg są zależne od systemu uprawy. Zdaniem Wyszowskiego [2002] nawożenie magnezem wpływa dodatnio na wartość stosunków Ca : P, Ca : Mg, K : Mg i K : (Ca + Mg), powodując (korzystne pod względem żywienia) ich zawężanie się w fazie dojrzałości technologicznej u wszystkich roślin oraz w każdym ich stadium rozwojowym. W przeprowadzonych badaniach nie stosowano dodatkowego nawożenia magnezem. Zalecenia dla praktyki rolniczej powinny, zatem uwzględniać celowość nawożenia mineralnego na polach produkcyjnych słonecznika bulwiastego w oparciu o analizy diagnostyczne gleby i roślin.

Zastosowanie do obliczeń statystycznych wielomianowej analizy regresji przyczyniło się do wyjaśnienia stwierdzonych zależności w większym stopniu, niż to można uczynić za pomocą analizy wariancji czy korelacji prostej. Współczynnik determinacji wszystkich zamieszczonych w pracy układów równań spełnił postulowany przez Kranza i Royale'a [1978] poziom 60%, zatem przyjętą metodę można uważać za wiarygodną. Jednak nieco niższy współczynnik determinacji w przypadku modelu regresji potasu i sodu pozwala sądzić, że na zawartość tych pierwiastków w bulwach mają wpływ jeszcze inne czynniki niż nawożenie, nieuwzględnione w modelu funkcji.

Uzyskane wyniki wskazują jednocześnie na celowość podjęcia odrębnych badań nad dokładnym sprecyzowaniem potrzeb pokarmowych słonecznika bulwiastego w odniesieniu do fosforu, potasu i magnezu. Z uwagi na dużą częstotliwość niedoboru fosforu i potasu w glebach, wnioskować należy o podjęcie badań nad weryfikacją obowiązujących liczb granicznych tych pierwiastków w glebie.

## WNIOSKI

1. W trzyletnim doświadczeniu polowym z uprawą *Helianthus tuberosus* na glebach lekkich stwierdzono, że cechy genetyczne badanych odmian determinowały w większym stopniu zawartość makroelementów niż nawożenie mineralne. Bardziej zasobna w składniki mineralne była odmiana Rubik niż Albik, co oznacza większą jej przydatność do konsumpcji i przetwórstwa spożywczego.

2. Zawartość składników mineralnych pod względem stabilności układała się w następującym szeregu wartości malejących: w bulwach odmiany Albik –  $K > N > Na > Mg > P > Ca$ , a odmiany Rubik –  $K > Na > P > N > Mg > Ca$ . Bardziej stabilna w kumulowaniu badanych makroelementów była odmiana Albik niż Rubik.

3. Uzyskanie wysokiej wartości odżywczej bulw *Helianthus tuberosus* jest możliwe poprzez stosowanie racjonalnego nawożenia mineralnego, zwłaszcza azotem. Przy stosowaniu stałego poziomu nawożenia fosforowo-potasowego największą zawartość azotu, magnezu, wapnia i sodu w bulwach stwierdzono w obiektach nawożonych dawką  $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

4. Stosunki  $K : (Ca + Mg)$ ,  $K : Ca$  oraz  $Ca : Mg$  i  $K : Mg$  odbiegały znacznie od uznanych za optimum.

5. Wyznaczone równania regresji wielokrotnej, wielomianowej pozwalają prognozować zmiany zawartości analizowanych makroelementów w bulwach *Helianthus tuberosus* pod wpływem nawożenia mineralnego.

## PIŚMIENNICTWO

- Anonimus, 1990. Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. IUNG Puławy P(44), 26.
- Barta J., Fodor P., Torok S., Vukov K., 1990. Mineral components, and micro-elements in Jerusalem artichoke tubers grow in Hungary. Acta Aliment. 19, 41-46.
- Barta J., Patkai G., 1996. Suitability of Hungarian Jerusalem artichoke cultivars for food-industrial processing. Proc. of the Sixths Seminar on Inulin, Braunschweig, Germany, 51-56.
- Bergmann W., 1986. Bemerkungen und Tabellen zur analytischen Pflanzdiagnose der Pflanzen oder Blattanalyse. VEB Fischer Verlag Jena.
- Bergmann W., 1992. Nutritional disorders of plants – development visual and analytical Diagnosis. VEB Gustaw Fischer Verlag Jena – Stuttgart – New York.
- Cieśla W., Koper J., 1990. Wpływ wieloletniego nawożenia mineralno-organicznego na ukształtowanie się poziomu fosforu organicznego i przyswajalnego oraz aktywności enzymatycznej gleby. Roczn. Glebozn. 41(3/4), 73-83.
- Cieślik E., 1998. Zawartość składników mineralnych w bulwach nowych odmian topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.). Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rolnictwo 10, 23-30.
- Cieślik E., Baranowski M., 1997. Zawartość składników mineralnych i ołowiu w bulwach nowych odmian topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.). Brom. Chem. Toksykol. 30, 66-67.
- Cieślik E., Kopeć A., Prażnik W., 2005. Healthy properties of Jerusalem artichoke flour (*Helianthus tuberosus* L.). EJPAU 8(2), #37, <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue2/art-37.html>
- Góral S., 1996. Topinambur – słonecznik bulwiasty – *Helianthus tuberosus* L. Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródła energii. Praca pod red. E. Nalborczyka, SGGW Warszawa, 76-86.

- Grzebisz W., Potarzycki J., Biber M., Szczepaniak W., 2003. Reakcja roślin uprawnych na nawożenie fosforem. *J. Elementology* 8(3), 83-94.
- Kołodziej Z., 1967. Badania nad zawartością podstawowych składników odżywczych w bulwie (*Helianthus tuberosus* L.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 36, 27-44.
- Kranz J., Royale D.L., 1978. Perspectives in mathematical modeling of plant disease epidemics. *Plant disease epidemiology*. Ed. P.R. Scott, A. Bainbridge, Blackwell-Scien. Public. Oxford.
- Mikos-Bielak M., Sawicka B., Czeczko R., 2000. Factors modifying the content and quality of proteins in *Helianthus tuberosus* tubers. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Predictive modelling in Foods.*, Leuven, Belgium, 188-193.
- Prażnik W., Cieślak E., Filipiak A., 1998. The influence of harvest time on the content of nutritional components in tubers of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Proc. Seven Semin. Inulin*, Belgium, 154-157.
- Rutkowska U., 1981. Wybrane metody badania składu i wartości odżywczej żywności. PZL Warszawa.
- Sawicka B., 1996. Wpływ nawożenia azotem na zawartość magnezu w bulwach topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) [w:] *Prace Nauk. IV Ogólnopolskiego Sympozjum Magnezologicznego*, 119-124.
- Sawicka B., 1997. Zmienność fenotypowa niektórych biopierwiastków w bulwach *Helianthus tuberosus* L. [w:] *Biopierwiastki w środowisku człowieka*. Poli Art. Studio s.c. Lublin, 11-12.
- Sawicka B., 1998. Zróżnicowanie zawartości magnezu i wapnia w bulwach *Helianthus tuberosus* L. pod wpływem stosowania herbicydów [w:] *Biopierwiastki w naszym życiu*, Poli Art. Studio s.c. Lublin, 76-83.
- Sawicka B., 2002. Zmienność składu chemicznego bulw *Helianthus tuberosus* L. w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 484, 573-579.
- Sawicka B. Skiba D., 2007. The Influence of Diversified Mineral Fertilization on Potassium, Phosphorus and Magnesium Content in *Helianthus tuberosus* L. Tubers. *Polish J. Environ. Stud.* 16 (3A), 231-234.
- Seiler G.J., 1988. Nitrogen and mineral content of selected wild and cultivars genotypem of Jeusalem artichoke. *J. Agron.* 80, 681-687.
- Seiler G.J., Campbell L.G., 2004. Genetic Variability for Mineral Element Concentrations of Wild Jerusalem Artichoke Forage. *Crop Sci.* 44, 289-292.
- Seiler G.J., Campbell L.G., 2006. Genetic variability for mineral concentration in the forage of Jerusalem artichoke cultivars. *Euphytica* 150, 281-288.
- Stark Z., 1998. *Gospodarka mineralna w roślinie* [w:] *Podstawy fizjologii roślin*, praca pod red. J. Kopcewicz i S. Lewaka, PWN Warszawa.
- Varlamova K., Partskhaladze E., Olshamovsky V., Danilova E., 1996. Potential uses of Jerusalem atrichoke tuber concentraties as food additives and prophylactics. *Sixth Semin. Inuli*, Braunschweig, Germany.
- Wyszkowski M., 2002. Wpływ magnezu na kształtowanie plonów i wzajemnych relacji między niektórymi jonami w roślinach. *Wyd. UWM Olsztyn, Rozprawy i Monografie* 52, 1-92.

#### **VARIABILITY IN MACROELEMENT CONTENT IN TUBERS OF *Helianthus tuberosus* L. AT DIFFERENT NITROGEN FERTILIZATION LEVELS**

**Abstract.** The contents of nitrogen, potassium, phosphorus, calcium, magnesium and sodium were estimated in tubers of Jerusalem artichoke *Helianthus tuberosus* coming from the field experiment conducted over 2003-2005. The experimental factors were the cultivars of Jerusalem artichoke Albik and Rubik and different nitrogen fertilization levels, against phosphorus and potassium fertilization and the full dose of manure. The cultivar

Rubik proved to be more abundant in mineral elements than Albik. The latter was characterized by a higher stability of characteristics. The highest content of nitrogen, calcium and sodium in Jerusalem artichoke tubers was found at the plots fertilized with a dose of 50 kg N·ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** Jerusalem artichoke, cultivars, fertilization, mineral elements

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 30.04.2008