

## ODDZIAŁYWANIE NAWOŻENIA NPK I MAGNEZEM NA ZAWARTOŚĆ MIKROELEMENTÓW POKARMOWYCH (Fe, Cu, Zn i Mn) W BULWACH ZIEMNIAKA

*Zdzisław Ciećko, Mirosław Wyszowski*

Katedra Chemii Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

### Wstęp

Niedobór wielu mikroelementów jest jedną z przyczyn chlorozy roślin. Na zaburzenia pobierania, transportu i asymilacji tych pierwiastków mają wpływ ich interakcje z innymi składnikami, w tym z grupy metali ciężkich [RUSZKOWSKA, WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS 1996]. Mogą one hamować aktywność enzymów biorących udział w syntezie chlorofilu lub wywołać wtórne niedobory innych pierwiastków, np. żelaza [MISRA, RAMANI 1991]. Niedobór żelaza, oprócz wpływu na biosyntezę chlorofilu, zmniejsza w nim ilość nośników zawierających Fe w fotosyntetycznym transporcie elektronów. Zmniejszone pobieranie mikroelementów przez rośliny wpływa na obniżenie czy wręcz zahamowanie aktywności enzymów, w skład budowy których wchodzi lub których funkcjonowanie aktywują. Ograniczenie specyficznych reakcji enzymatycznych, spowodowanych niedostateczną zawartością danego mikroelementu, prowadzi do zaburzeń procesów biochemicznych i fizjologicznych, w następstwie do ograniczenia wzrostu i rozwoju roślin [RUSZKOWSKA, WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS 1996].

Przeprowadzone w latach 1994–1996 badania miały na celu ustalenie wpływu wysokości dawki NPK oraz sposobu stosowania N i Mg na zmiany koncentracji mikroelementów w bulwach ziemniaka odmiany Mila.

### Materiały i metodyka

Badania oparto na dwóch doświadczeniach polowych wykonanych na glebie kompleksu żyniego dobrego o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego. W doświadczeniu pierwszym stosowano wzrastające dawki NPK –  $N_{40}P_{40}K_{60}$ ,  $N_{80}P_{80}K_{120}$ ,  $N_{120}P_{120}K_{180}$ ,  $N_{160}P_{160}K_{240}$  (dawki P i K podano w tekście i w tabelach w formie tlenkowej  $P_2O_5$  i  $K_2O$ ) w seriach z azotem dostarczanym roślinom doglebowo i dolistnie. W doświadczeniu drugim na tle wzrastającego nawożenia NPK (takiego samego jak w doświadczeniu pierwszym) porównywano działanie doglebowego ( $24 \text{ kg Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i dolistnego ( $12 \text{ kg Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nawożenia magnezem. W obu doświadczeniach nawozy fosforowe i potasowe oraz połowę dawki azotu wysiano przed sadzeniem ziemniaka. Drugą połowę dawki azotu sto-

sowano pogłównie doglebowo w tydzień po wschodach lub dolistnie w sześciu terminach podczas wegetacji ziemniaka. Dolistne nawożenie magnezem stosowano w trzech terminach – w pełni wschodów, tydzień po wschodach i przed zwarciem międzyrzędzi. Azot wysiano w postaci mocznika, fosfor w formie superfosfatu granulowanego potrójnego, potas w postaci soli potasowej 57%, a magnez w formie siarczanu magnezu. Ziemniaki uprawiano na oborniku, którego dawka wynosiła 25 t·ha<sup>-1</sup>. Zabiegi uprawowe wykonano zgodnie z obowiązującymi zasadami agrotechniki.

## Wyniki i dyskusja

Zawartość mikroelementów w roślinach jest uzależniona między innymi od rodzaju stosowanych nawozów. Nawozy organiczne, i w mniejszym stopniu mineralne, wprowadzają do gleby, a następnie do roślin, znaczne ilości mikroelementów [WARMAN, HAVARD 1998], w tym z grupy metali ciężkich. Zdaniem VELTHOFA i in. [1996] wprowadzenie substancji organicznej do gleby może mieć duży wpływ na pobranie kadmu, miedzi, cynku i innych mikroelementów przez rośliny. Według tych autorów pobranie miedzi i cynku przez rośliny jest największe po zastosowaniu gnojowicy i kompostu, a pobranie kadmu po użyciu mineralnych nawozów fosforowych. W badaniach WARMANA i HOVARDA [1998] nawożenie organiczne, w porównaniu do mineralnego, wpłynęło dodatnio na zawartość żelaza, a ujemnie na zawartość manganu i miedzi w bulwach ziemniaka. Dostateczna ilość składników w glebie zabezpiecza prawidłowe warunki rozwoju roślin, zwłaszcza w fazie ich intensywnego wzrostu. Na przykład dzienne pobranie manganu przez ziemniaki jest największe pomiędzy 30 a 45 dniem wegetacji (0,65 mg), następnie stopniowo maleje osiągając w 120–135 dniu wegetacji wartości ujemne (–0,0001 mg) [KOLBE, STEPHAN-BECKMANN 1997].

Zapotrzebowanie roślin na mikroelementy można pokryć uprawiając je na glebach dostatecznie żyznych i stosując odpowiednio zbilansowane nawozy organiczne i mineralne [BOLIGŁOWA 1996]. Zawartość mikroelementów w bulwach ziemniaka wykazuje duże zróżnicowanie w zależności od odmiany. Przykładowo w doświadczeniu MIKOS-BIELAK i SAWICKIEJ [1992] zawartość żelaza dla większości odmian mieściła się w przedziale 60–80 mg Fe·kg<sup>-1</sup>, ale odmiana Ruta zawierała aż 125 mg Fe·kg<sup>-1</sup>. W przeprowadzonym doświadczeniu średnie zawartości badanych mikroelementów wahały się w następujących zakresach: żelazo 122,0–129,5 mg Fe·kg<sup>-1</sup>, miedź 2,43–2,55 mg Cu·kg<sup>-1</sup>, cynk 15,8–17,8 mg Zn·kg<sup>-1</sup>, mangan 12,2–13,3 mg Mn·kg<sup>-1</sup>. Zawartość większości mikroelementów była większa w obiektach z dolistnym nawożeniem magnezem i doglebowym nawożeniem azotem niż w pozostałych seriach obu doświadczeń (tab. 1 i 2). Zawartość mikroelementów w bulwach ziemniaka, z wyjątkiem miedzi, była zbliżona do ilości podanej przez BOLIGŁOWĄ [1996]. Zawartość żelaza, miedzi, cynku i manganu w bulwach ziemniaka wykazywała duże zróżnicowanie w zależności od roku badań (tab. 1 i 2). Zawartość cynku, manganu i zwłaszcza żelaza była najwyższa w roku 1994, charakteryzującym się umiarkowaną i dobrze rozłożoną ilością opadów oraz temperaturą sprzyjającą wegetacji ziemniaka, szczególnie w fazach jego intensywnego wzrostu. Rok 1995 był zdecydowanie zbyt wilgotny, a 1996 zbyt suchy dla prawidłowego wzrostu i rozwoju ziemniaka. Znalazło to potwierdzenie w badaniach BOLIGŁOWY [1996], która najwięcej Cu, Mn i Fe w bulwach ziemniaka wykazała w

latach chłodniejszych i wilgotniejszych niż w ciepłych i suchych. Duże zróżnicowanie zawartości żelaza w poszczególnych latach badań było odzwierciedleniem pracy GAŚSIORA [1996].

Oddziaływanie nawożenia NPK na zawartość mikroelementów wykazuje duże zróżnicowanie. Zdaniem KUKURENDY [1986] możliwe jest zabezpieczenie potrzeb roślin w tym zakresie bez stosowania nawozów zawierających mikroelementy, poprzez sterowanie przyswajalnością mikroelementów z gleby. W przeprowadzonych doświadczeniach nawożenie mineralne modyfikowało zawartość mikroelementów w bulwach ziemniaka. W doświadczeniu pierwszym, w serii z nawożeniem azotem stosowanym doglebowo, wzrastające dawki NPK zwiększyły zawartość miedzi, cynku i manganu, a obniżyły zawartość żelaza w bulwach ziemniaka (tab. 1). Podkreślić należy wysoki, istotny 26% wzrost zawartości cynku i aż 50%

Tabela 1; Table 2

Zawartość wybranych mikroelementów w bulwach ziemniaka w zależności od sposobu stosowania azotu i wielkości dawki NPK ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.)

Content of some micronutrients in potato tubers depending on to nitrogen application method and NPK levels ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  DM)

Dawki NPK; NPK rate ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Zawartość ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m); Content ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM)			
	Fe	Cu	Zn	Mn
N doglebowo; N to the soil				
$N_0P_0K_0$	132,5	2,49	15,5	10,8
$N_{40}P_{40}K_{60}$	141,8	2,42	16,6	11,0
$N_{80}P_{80}K_{120}$	140,4	2,42	18,6	11,3
$N_{120}P_{120}K_{180}$	118,5	2,67	18,9	12,0
$N_{160}P_{160}K_{240}$	111,0	2,67	19,5	16,2
Średnia; Mean	128,8	2,53	17,8	12,2
N dolistnie; N foliar application				
$N_0P_0K_0$	132,5	2,49	15,5	10,8
$N_{40}P_{40}K_{60}$	117,1	2,60	16,0	11,8
$N_{80}P_{80}K_{120}$	122,5	2,46	15,7	12,2
$N_{120}P_{120}K_{180}$	120,0	2,42	15,5	14,7
$N_{160}P_{160}K_{240}$	118,0	2,42	16,5	14,0
Średnia; Mean	122,0	2,48	15,8	12,7
$NIR_{0,05}$ ; $LSD_{0,05}$ dla sposobu stosowania N – a for N application method – a	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.
dla dawki NPK; for NPK rate – b	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	2,3	1,9
dla współdziałania – a $\times$ b for interaction – a $\times$ b	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.
Rok badań; Year of experiment				
1994	204,2	2,40	20,7	16,5
1995	81,0	2,70	16,0	9,6
1996	91,1	2,42	10,5	11,3
Średnia; Mean	125,4	2,51	15,7	12,5

r.n.; n.s. – różnice nieistotne; differences not significant

Tabela 2; Table 2

Zawartość wybranych mikroelementów w bulwach ziemniaka w zależności od sposobu stosowania magnezu i wielkości dawki NPK (mg·kg<sup>-1</sup> s.m.)  
 Contents of some micronutrients in potato tubers depending on magnesium application method and NPK levels (mg·kg<sup>-1</sup> DM)

Dawki NPK; NPK rate (kg·ha <sup>-1</sup> )	Zawartość (mg·kg <sup>-1</sup> s.m.) Content (mg·kg <sup>-1</sup> DM)			
	Fe	Cu	Zn	Mn
Bez Mg; No Mg				
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	132,5	2,49	15,5	10,8
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	141,8	2,42	16,6	11,0
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>	140,4	2,42	18,6	11,3
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>	118,5	2,67	18,9	12,0
N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>240</sub>	111,0	2,67	19,5	16,2
Średnia; Mean	128,8	2,53	17,8	12,2
Mg doglebowo; Mg to the soil				
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	132,5	2,49	15,5	10,8
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	116,4	2,46	15,5	12,8
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>	116,6	2,42	16,4	11,7
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>	121,0	2,38	16,3	11,5
N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>240</sub>	124,1	2,39	20,8	17,0
Średnia; Mean	122,1	2,43	16,9	12,8
Mg dolistnie; Mg foliar application				
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	132,5	2,49	15,5	10,8
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	131,7	2,50	18,2	14,0
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>	131,3	2,50	18,0	11,7
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>	126,1	2,63	18,1	15,5
N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>240</sub>	126,0	2,65	17,4	14,7
Średnia; Mean	129,5	2,55	17,4	13,3
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>				
dla sposobu stos. Mg – a for Mg application method – a	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.
dla dawki NPK; for NPK rate – b	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	2,4	1,8
dla współdziałania – a × b for interaction – a × b	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.
Rok badań; Year of experiment				
1994	203,3	2,56	21,3	17,4
1995	89,3	2,65	17,0	10,1
1996	87,8	2,31	13,9	10,5
Średnia; Mean	126,8	2,51	17,4	12,7

r.n.; n.s. – różnice nieistotne; differences not significant

wzrost manganu w bulwach ziemniaka na najwyższej dawce NPK w porównaniu do obiektu kontrolnego (bez nawożenia). Spadek zawartości żelaza pod wpływem wysokiego nawożenia NPK w tej serii doświadczenia wynosił 16%. W obiektach z dolistnym nawożeniem azotem korzystne działanie nawożenia NPK zaznaczyło się w przypadku cynku i manganu. Spowodowało ono odpowiednio 6 i 36% wzrost zawartości badanych składników. Natomiast spadek zawartości żelaza był, podobnie jak wzrost koncentracji Zn i Mn, mniejszy niż w serii z dolistnym nawożeniem azotem i wynosił 11%. W serii z dolistnym nawożeniem azotem średnia zawartość manganu była wyższa, a cynku i żelaza niższa niż w obiektach z nawożeniem doglebowym. W miarę wzrostu dawki NPK znacznemu obniżeniu ulegał stosunek żelaza do manganu z 12,3 w obiekcie kontrolnym do 6,9 (N doglebowo) i 8,4 (N dolistnie) w wariancie z najwyższą dawką NPK. Zawężenie stosunku Fe do Mn pod wpływem nawożenia azotem obserwował także GAŚIOR [1996].

W doświadczeniu drugim wraz ze zwiększeniem dawki NPK zaznaczyła się tendencja do niewielkiego spadku koncentracji żelaza i miedzi, a wzrostu zawartości cynku i manganu w serii z Mg stosowanym doglebowo oraz ograniczenia pobierania żelaza i zwiększenia zawartości miedzi, cynku i manganu w bulwach ziemniaka w obiektach z magnezem dostarczanym roślinom dolistnie (tab. 2). Wykonana analiza statystyczna wyników udowodniła istotność zmian koncentracji mikroelementów pod wpływem wysokich dawek NPK tylko w przypadku cynku i manganu. Podobnie jak i w doświadczeniu pierwszym, zawartość cynku wzrosła o 34% w serii z nawożeniem doglebowym magnezem i o 12% w obiektach z nawożeniem dolistnym, a zawartość manganu odpowiednio o 57 i 43%. Stosunek żelaza do manganu uległ zawężeniu z 12,3 w obiekcie bez nawożenia do 7,3 (N doglebowo) i 8,6 (N dolistnie) po zastosowaniu najwyższej dawki NPK. Nawożenie magnezem stosowane dolistnie, w porównaniu do glebowego, wpłynęło korzystnie na kształtowanie się średniej zawartości mikroelementów w bulwach ziemniaka.

Doniesienia dotyczące wpływu nawożenia mineralnego na zawartość mikroelementów w roślinach nie są jednoznaczne. Według WASTERMANNA i SOJKI [1996] nawożenie azotem powoduje wzrost zawartości cynku w bulwach ziemniaka. W badaniach KOTOWSKIEJ [1992] wykazano istotny wpływ nawożenia NPK na zawartość miedzi, cynku i żelaza w bulwach ziemniaka. Natomiast w doświadczeniu RUSZKOWSKIEJ i in. [1996] wysokie dawki NPKMg zmniejszyły zawartość miedzi w ziemniaku, ale koncentracja manganu, cynku i molibdenu pozostawała w granicach normy. Według MALHI i in. [1998] nawożenie azotem powoduje wzrost zawartości cynku i manganu, spadek zawartości żelaza i nie wpływa na zawartość miedzi. Wapnowanie obniża zawartość żelaza i glinu i nie wywołuje zmian w koncentracji miedzi i cynku. Podobny pogląd na oddziaływanie nawożenia azotem na pobieranie żelaza przez ziemniaki ma GAŚIOR [1996], który stwierdził spadek zawartości tego składnika w obiektach z wysokimi dawkami N. DZIEKANOWSKI i in. [1992] wskazują na pozytywny wpływ nawożenia potasem na zawartość cynku i manganu i negatywny na koncentrację miedzi w bulwach ziemniaka.

Rozbieżności wyników uzyskanych przez poszczególnych autorów świadczą o potrzebie badań w tym zakresie.

## Wnioski

1. Nawożenie wysokimi dawkami NPK spowodowało fluktuację zawartości mikroelementów w bulwach ziemniaka. Wzrastające dawki NPK w serii z

- nawożeniem azotem stosowanym doglebowo zwiększyły zawartość miedzi, cynku i manganu, a obniżyły zawartość żelaza w bulwach ziemniaka. W obiektach z dolistnym nawożeniem azotem korzystne działanie nawożenia NPK zaznaczyło się w przypadku cynku i manganu.
2. W serii z dolistnym nawożeniem azotem średnia zawartość manganu była wyższa, a cynku i żelaza niższa niż w obiektach z nawożeniem doglebowym.
  3. Wraz ze zwiększeniem dawki NPK zaznaczyła się tendencja do niewielkiego spadku koncentracji żelaza i miedzi oraz wzrostu zawartości cynku i manganu w serii z Mg stosowanym doglebowo, a także ograniczenia pobierania żelaza i zwiększenia zawartości miedzi, cynku i manganu w bulwach ziemniaka w obiektach z magnezem dostarczczanym roślinom dolistnie.
  4. Nawożenie magnezem stosowane dolistnie, w porównaniu do glebowego, wpłynęło korzystnie na kształtowanie się średniej zawartości mikroelementów w bulwach ziemniaka.
  5. Umiarkowana i dobrze rozłożona ilość opadów oraz temperatura sprzyjająca wegetacji (w roku 1994) wpłynęły korzystnie na nagromadzenie się żelaza, cynku i manganu w bulwach ziemniaka.

### Literatura

- BOLIGŁOWA E. 1996.** *Wpływ dolistnego dokarmiania na zawartość niektórych mikroelementów w bulwach ziemniaka.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 163–167.
- DZIEKANOWSKI A., CIEĆKO Z., NOWAK G. 1992.** *Zawartość podstawowych makro- i mikroskładników w bulwach ziemniaka w zależności od poziomu nawożenia potasem.* Acta Acad. Agric. Techn. Olst., Agric. 54: 117–126.
- GAŚSIOR J. 1996.** *Wpływ nawożenia azotowego i terminu zbioru na zawartość żelaza w bulwach ziemniaków.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 243–248.
- KOLBE H., STEPHAN-BECKMANN S. 1997.** *Development, growth and chemical composition of the potato crop (Solanum tuberosum L.). Cz. II. Tuber and whole plant.* Potato Res. 40: 135–153.
- KOTOWSKA J. 1992.** *Wpływ wapnowania i nawożenia mineralnego na plon oraz zawartość Cu, Zn, Fe, Ca, K, N, P w roślinach uprawianych w zmianowaniu.* Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rozprawy 146: 87 ss.
- KUKURENDA H. 1986.** *Pobieranie i rola składników mineralnych w roślinach w warunkach intensywnego nawożenia.* IUNG Puławy: 55–65.
- MALHI S.S., NYBORG M., HARAPIAK J.T. 1998.** *Effects of long-term N fertilizer-induced acidification and liming on micronutrients in soil and in bromegrass hay.* Soil & Tillage Res. 48(1–2): 91–101.
- MIKOS-BIELAK M., SAWICKA B. 1992.** *Zmienność zawartości mikroelementów w bulwach różnych odmian ziemniaków.* Mat. VII Symp. Nauk. „Mikroelementy w rolnictwie”. AR Wrocław, 16–17 IX 1992: 136–140.

- MISRA A., RAMANI S. 1991. *Inhibition of iron absorption by zinc – induced Fe deficiency in Japanese mint*. Acta Physiol. Plant. 13: 37–42.
- RUSZKOWSKA M., SYKUT S., KUSIO M. 1996. *Stan zaopatrzenia roślin w mikroelementy w warunkach zróżnicowanego nawożenia w wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 43–47.
- RUSZKOWSKA M., WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS U. 1996. *Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 1–11.
- VELTHOF G.L., VAN ERP P.J., MOOLENAAR S.W. 1996. *Optimising fertilizer plants for arable farming systems*. Cz. II. *Effects of fertilizer choice on inputs of heavy metals*. Meststoffen: 74–80.
- WARMAN P.R., HAVARD K.A. 1998. *Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn*. Agricult., Ecosyst. & Environm. 68: 207–216.
- WASTERMANN D.T, SOJKA N. 1996. *Nitrogen and potassium fertilization of potatoes. Yield and specific gravity*. Am. Potato. J. 71: 417–431.

**Słowa kluczowe:** nawożenie NPK i Mg, bulwy ziemniaka, żelazo, miedź, cynk, mangan

### Streszczenie

Przeprowadzone badania miały na celu ustalenie wpływu wysokości dawki NPK oraz sposobu stosowania N i Mg na zmiany koncentracji mikroelementów w bulwach ziemniaka odmiany Mila. Zostały one oparte na dwóch doświadczeniach polowych, w których stosowano wzrastające dawki NPK –  $N_{40}P_{40}K_{60}$ ,  $N_{80}P_{80}K_{120}$ ,  $N_{120}P_{120}K_{180}$ ,  $N_{160}P_{160}K_{240}$  w seriach z azotem lub magnezem dostarczającym roślinom doglebowo i dolistnie.

Nawożenie wysokimi dawkami NPK spowodowało fluktuację zawartości mikroelementów w bulwach ziemniaka. Wzrastające dawki NPK w serii z nawożeniem azotem stosowanym doglebowo zwiększyły zawartość miedzi, cynku i manganu, a obniżyły zawartość żelaza w bulwach ziemniaka. W obiektach z dolistnym nawożeniem azotem korzystne działanie nawożenia NPK zaznaczyło się w przypadku cynku i manganu. W serii z dolistnym nawożeniem azotem średnia zawartość manganu była wyższa, a cynku i żelaza niższa niż w obiektach z nawożeniem doglebowym. Wraz ze zwiększeniem dawki NPK zaznaczyła się tendencja do niewielkiego spadku koncentracji żelaza i miedzi oraz wzrostu zawartości cynku i manganu w serii z Mg stosowanym doglebowo, a także ograniczenia pobierania żelaza i zwiększenia zawartości miedzi, cynku i manganu w bulwach ziemniaka w obiektach z magnezem dostarczającym roślinom dolistnie. Nawożenie magnezem stosowane dolistnie, w porównaniu do glebowego, wpłynęło korzystnie na kształtowanie się średniej zawartości mikroelementów w bulwach ziemniaka.

EFFECT OF NPK AND MAGNESIUM FERTILIZATION  
ON THE CONTENT OF MICRONUTRIENTS (Fe, Cu, Zn, Mn)  
IN POTATO TUBERS

*Zdzisław Ciećko, Mirosław Wyszowski*  
Department of Environmental Chemistry,  
University of Warmia and Mazury, Olsztyn

Key words: NPK and Mg fertilization, potato tuber, iron, copper, zinc, manganese

Summary

The study aimed at determining the effect of different NPK fertilization levels and N and Mg application methods on changes in concentration of micronutrients in potato tubers Mila cv. The study based on two field experiments where increasing levels of NPK –  $N_{40}P_{40}K_{60}$ ,  $N_{80}P_{80}K_{120}$ ,  $N_{120}P_{120}K_{180}$ ,  $N_{160}P_{160}K_{240}$  were applied in series with nitrogen or magnesium applied as foliage dressing or to soil.

High NPK levels caused fluctuation in micronutrients contents of potato tubers. Increasing concentrations of NPK in the series with nitrogen applied to soil resulted in higher contents of copper, zinc and manganese but lower iron content in potato tubers. In the objects fertilized with nitrogen applied to leaves a positive effect of NPK fertilization was observed regarding zinc and manganese. In the series with nitrogen foliage dressing an average manganese content was higher, whereas the levels of zinc and iron declined in comparison to the objects fertilized to soil. Application of higher NPK doses coincided with a slight decrease in concentration of iron and copper, an increase in the contents, of zinc and manganese in the series with Mg applied to soil, a reduced uptake of iron and an increased content of copper, zinc and manganese in potato tubers in the objects where magnesium was applied to leaves. Magnesium foliage dressing, compared with magnesium application to soil, had a beneficial effect on the average content of micronutrients in potato tubers.

Prof. dr hab. Zdzisław Ciećko  
Katedra Chemii Środowiska  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
Plac Łódzki 4  
10-718 OLSZTYN  
e-mail: anzol@moskit.uwm.edu.pl