

## NOWE TECHNOLOGIE WYTWARZANIA NAWOZÓW MIKROELEMENTOWYCH

*Józef Hoffmann, Henryk Górecki*

Instytut Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych,  
Politechnika Wrocławska we Wrocławiu

### Wstęp

Niewłaściwy skład chemiczny gleb, a także konieczność uzupełniania pobranych z plonem składników nawozowych powodują konieczność nawożenia, czyli zasilania upraw nawozami mineralnymi i organicznymi. Efektem stosowania nawozów są wyższe i lepszej jakości plony.

Składnikami odżywczymi niezbędnymi do pokrycia nawozowych potrzeb roślin, obok makroskładników są również mikroelementy [CZUBA 1996]. W uprawach właśnie te składniki są często czynnikami ograniczającymi ich efektywność mimo, że pobierane są w małych ilościach, najczęściej od kilku do kilkuset gramów z powierzchni 1 ha [RUSZKOWSKA i in. 1996; RUSZKOWSKA, WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS 1999 ].

Aktualnie do mikroelementów zalicza się grupę około 20 pierwiastków chemicznych wśród których nawozowo najczęściej stosowane są takie jak: B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Co, Ti.

Praktyczne stosowanie nawozów mikroelementowych musi spełniać szereg celów, z których część z uwagi na rozbieżne oddziaływanie, wymaga procedur optymalizacyjnych:

- zapewnienie wysokiego pobrania składnika nawozowego,
- zapewnienie wysokiej efektywności nawozu,
- minimalizacja potencjalnego, niekorzystnego oddziaływania na środowisko (z uwagi np. na stosowanie związków cynku i miedzi, a więc metali ciężkich),
- zróżnicowanie składu pierwiastkowego w stosunku do potrzeb roślin,
- umożliwienie selektywnego, interwencyjnego zastosowania preparatu nawozowego, w przypadku wystąpienia objawów niedoboru jednego, czy grupy mikroelementów.

Zróżnicowane cele jakie w nawożeniu muszą spełniać mikroelementowe preparaty nawozowe wymagają, by były one wytwarzane w bardzo różnych postaciach oraz charakteryzowały się różnym składem i odmiennymi właściwościami fizyko-chemicznymi.

Omówienie procesów wytwarzania i charakterystykę poszczególnych nawo-

zów mikroelementowych przedstawiono według następującego podziału:

- stałe nawozy makroelementowe z dodatkiem mikroelementów,
- szkliwa mikronawozowe (fryty),
- nawozy płynne z mikroelementami,
- chelaty mikronawozowe,
- mikronawozy specjalne.

### **Stale nawozy makroelementowe z dodatkiem mikroelementów**

Wprowadzanie soli mikroelementowych do wytwarzania stałych nawozów mineralnych należy do klasycznych metod wytwarzania tego typu produktów [HIGNET 1985]. W zależności od rodzaju procesu technologicznego sole mikroelementowe wprowadza się na etapie realizacji procesu chemicznego, mieszania komponentów lub granulacji.

Występowanie, w procesie obok soli mikroelementowych innych składników, powoduje możliwość przebiegu w takich produktach wtórnych procesów, w wyniku których mogą ulegać zmianie ich właściwości fizyko-chemiczne. Najczęściej obserwowane są zmiany w zakresie rozpuszczalności mikroelementów, które często ulegają wyraźnemu obniżeniu. W przypadku występowania takich zmian może ulec zmniejszeniu efektywność ich działania.

Podstawowymi komponentami mikroelementów wprowadzanymi do produkcji nawozów makroelementowych są sole techniczne takie jak boraks (10-hydrat ortoboranu sodu), tlenki, węglany i siarczany miedzi, żelaza, manganu oraz cynku, molibdenian amonu lub sodu, a także tlenek molibdenu.

Z reguły, zgodnie z zalecanym dawkowaniem nawozu, zawartość mikroelementów w nawozie jest dużo wyższa niż jednoroczne potrzeby nawozowe upraw. Znaczna więc ilość tych pierwiastków wprowadzana jest w celu poprawy zawartości składników mikroelementowych w glebie.

Ograniczenie składu nawozów stałych do zawartości mikroelementów odpowiadającej potrzebom jednego roku wegetacyjnego, stwarza problemy techniczne w zakresie uzyskania jednorodności składu chemicznego produktu, a przy stosowaniu ogranicza efektywność działania mikroelementów.

Z uwagi na stosunkowo wysokie ceny soli mikroelementowych sytuacja ta powoduje, że koszt stosowania w rolnictwie w nawozach stałych mikroelementów jest stosunkowo wysoki, wymusza bowiem konieczność zakupu i wprowadzania mikroelementów w ilościach jakie mogą być pobierane przez uprawy dopiero w kolejnych okresach wegetacyjnych.

W przypadku produktów granulowanych możliwe jest wymieszanie suchej soli mikroelementowej z gotowym nawozem granulowanym, pokrycie powierzchni granuli roztworem zawierającym mikroelement lub jej włączenie do składu nawozu.

Z uwagi na zbyt niski stosunek masy soli mikroelementowej do całego nawozu, ze względu na możliwą segregację oraz konieczność jednorodnego zasilania całej uprawy, nie można stosować soli mikroelementowej w postaci granulowanej lub o uziarnieniu zbliżonym do innych komponentów nawozu.

Wprowadzanie soli mikroelementowej w procesie wytwarzania nawozu, ze względu na zazwyczaj dużą zdolność produkcyjną instalacji jest zalecane jedynie w przypadku, gdy wytwarzany produkt ma być stosowany w regionie o szczególnym deficycie jednego lub grupy mikroelementów lub nawóz ma charakter pro-

duktu stosowanego wyłącznie na określoną uprawę, charakteryzującą się wysokim zapotrzebowaniem na określony mikroelement. Korzystniejszym rozwiązaniem wytwarzania stałych nawozów makroelementowych z mikroelementami jest technika kompaktowania, a więc granulacji wymieszanych komponentów nawozowych techniką zginiatania, dostosowana do produkcji mniejszych partii nawozu o zmiennym składzie chemicznym [HOFFMANN 1999].

Aktualnie produkowane w kraju nawozy stałe zawierające mikroelementy nawozowe zestawiono w tabeli 1.

### Szkliva mikronawozowe (fryty)

Technologia wytwarzania szkliv mikronawozowych polega na wykorzystaniu procesów wysokotemperaturowych realizowanych z udziałem związków mikroelementowych w wyniku, których powstają bezpostaciowe fazy szkliste skondensowanych związków. Do roli topnika nadają się między innymi sole kwasu borowego. Wysoka temperatura procesu zazwyczaj wynosząca 1000–1400°C sprawia, że techniki te należą do kosztownych metod wytwarzania nawozów mikroelementowych.

Zaletą jest spowolnione rozpuszczanie w wodzie składników uwalniających się do roztworu glebowego, w ciągu nawet kilku kolejnych okresów wegetacyjnych.

Tabela 1; Table 1

Wytwarzane w kraju nawozy makroelementowe  
z dodatkiem mikroelementów  
Produced in Poland macronutrient fertilizers  
supplemented with the micronutrients

Nazwa zakładu Factory	Nawóz; Fertilizer	Skład nawozu N : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O (%) Nutrient content
ZCh „POLICE” S.A. Police k. Szczecina	Polifoska 8 + Cu	8 : 24 : 24 + 0,25 Cu
GZNF „FOSFOR” S.A. Gdańsk	Amofoska z magnezem i borem	3 : 10 : 28 + 2 Mg + 0,2 B
ZCh „LUBOŃ” S.A. Luboń k. Poznania	Lubofoska 4 : 12 : 12 : 2 z borem	4 : 12 : 12 + 2 Mg + 0,2 B
	Superfosfat prosty 20% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> z borem	0 : 20 : 0 + 0,2 B
	Luboplón B (blending)	3 : 13 : 25 + 6 Mg + 6 CaO + 1,2 Na + 0,2 B
	Luboplón R (blending)	3 : 13 : 25 + 5,5 Mg + 8 CaO + 10 SO <sub>3</sub> + 0,2 B
	Nawóz PKMgO : 12 : 18 : 2 z borem (pylisty)	0 : 12 : 18 + 2 Mg + 0,2 B
Nawóz pod buraki (pylisty)	0 : 10 : 16 + 2 MgO + 18 CaO + 0,2 B	
Ekoplón (ogrodniczy)	5 : 3 : 6 + 2,5 MgO + 12 CaO + 0,1 Cu + 0,01 Zn	
„SIARKOPOL” Tarnobrzeg	Unifoska Mg + B Potafoska Mg + B	12 : 5 : 6 + 2,5 Mg + 0,2 B 0 : 13 : 13 + 4 MgO + 0,2 B

W Polsce nawozy tego typu były rzadko stosowane, głównie w zakresie badawczych testów technologicznych i aplikacyjnych. Ostatnio propozycję takich produktów o nazwie Agran zgłosiły Zakłady Pollytag S.A. z Gdańska [NOWOSIELSKI, ORNOWSKI 1997].

Produkty wytwarzane są techniką stapiania w temperaturze około 1400°C. Składniki nawozowe (makro- i mikroelementy) połączone są w strukturę szklistą krzemianową z uwzględnieniem komponentów dolomitowych, fosforanowych, potasowych lub fosforanowo-potasowych. Produkty te nadają się do zastosowania w dużych dawkach, nie powodując zasolenia podłoża ani wymywania składników do wód gruntowych.

Inną rozpatrywaną propozycją z tego zakresu są nawozowe szkliwa mineralne, aktualnie badane w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie [WACŁAWSKA, STOCH 1999]. Produkty te to również szkliwa krzemianowe (powyżej 27% mas. SiO<sub>2</sub>), zawierające zarówno makroskładniki (P, K, Ca, Mg) jak i mikroskładniki (Mn, Cu, B, Mo, Zn, Fe). Przewiduje się ich dogłębne stosowanie, a zawarte składniki nawozowe uwalniane będą w sposób odpowiadający nawozom o spowolnionym działaniu.

### Nawozy płynne z mikroelementami

Ze względu na wyższą precyzję rozprowadzania nawozów płynnych w porównaniu z nawozami stałymi, w produkcji tych nawozów, w szerokim zakresie stosowane jest uzupełnianie ich składu mikroelementami. Mikroelementy wprowadza się zarówno do nawozów płynnych, zawierających składniki nawozowe o całkowitej rozpuszczalności w wodzie, jak i do nawozów zawieszinowych [PALGRAVE 1991]. Zawartość mikroelementów nawozowych w nawozach ciekłych zależy od zdolności składników roztworu do sekwestracji, czyli kompleksowania kationu mikroelementowego, co powoduje wzrost jego rozpuszczalności i trwałości w wodzie.

Tabela 2; Table 2

Rozpuszczalność soli mikroelementów w roztworze azotowym (UAN),  
mocznik – azotan amonowy, wzbogaconym w amoniak

Solubility of microelements sourced in ammoniated  
urea – ammonium nitrate solution (UAN)

Komponent mikroelementowy Micronutrient source	Stosunek dodanych moli NH <sub>3</sub> do moli Cu, Zn lub Mo NH <sub>3</sub> moles added to Cu, Zn or Mo moles ratio	Skład nawozu (% mas.) Nutrient content (by weight)		Temperatura krzepnięcia Salting out temperature (°C)
		Cu, Zn, lub Mo	N	
–	–	0	28,0	–20
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·3 H <sub>2</sub> O	5,0	0,5	27,8	14
CuSO <sub>4</sub> ·5 H <sub>2</sub> O	5,0	0,5	27,7	17
ZnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	4,3	2,0	27,1	–21
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2 H <sub>2</sub> O	5,0	3,0	bd	bd

bd – brak danych; no data

Roztwory azotowe, powszechnie w świecie stosowane nawozy płynne, oparte na układzie mocznik – azotan amonu, nie zawierają czynnika sekwestrującego.

W przypadku, gdy do takiego układu zostanie wprowadzony jednak dodatkowo amoniak (do pH w zakresie 7–8), na skutek wytwarzania kompleksów aminowych wzrośnie rozpuszczalność takich pierwiastków jak Zn i Cu (tab. 2).

W przypadku dodawania miedzi należy zwrócić uwagę, że temperatura krzepnięcia nawozu wzrasta wówczas aż o 35°C, co może być dużym ograniczeniem w wytwarzaniu i stosowaniu takiego preparatu.

Rozpuszczalność boru w roztworze azotowym wynosi w temperaturze 0°C odpowiednio 0,17% mas. B w przypadku wprowadzenia  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  i 0,32% mas., gdy używamy do tego celu kwas borowy.

Konieczność dodatkowego wprowadzania amoniaku, wyższe pH, a także związana z tym wyższa prężność amoniaku nad tego typu nawozami sprawia, że ciekłe nawozy azotowe są rzadko stosowane jako baza nawozów mikroelementowych.

Korzystnym natomiast komponentem nawozów płynnych wykorzystywanym do wprowadzania kationów mikroelementowych jest obecność polifosforanów.

Rozpuszczalność kationów miedzi, żelaza, manganu i cynku jest znacznie wyższa w nawozach płynnych (NP) typu 10 : 34 : 0 lub 11 : 37 : 0, w których występują skondensowane fosforany, niż w roztworze ortofosforanu amonu (tab. 3). Rozpuszczalność mikroelementów w nawozach płynnych typu N : P zależy od zawartości polifosforanów i pH roztworu. Optymalną wartością pH dla większości mikroelementów jest 6,2–6,6.

Zawarte w nawozach polifosforany ulegają hydrolizie, której szybkość zależy od takich parametrów jak pH (wzrasta zarówno wraz z obniżeniem się lub wzrostem w stosunku do obojętnego), temperatury, a także składu chemicznego.

Tabela 3; Table 3

Rozpuszczalność mikroelementów w roztworach polifosforanu amonu i ortofosforanu amonu

Solubility of micronutrient in ammonium orthophosphate and ammonium polyphosphate solutions

Komponent mikroelementowy Micronutrient source	Rozpuszczalność mikroelementów (% mas.) Solubility of micronutrients (by weight)	
	8 : 24 : 0	10 : 34 : 0
$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	0,13	1,13
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$	0,08	0,80
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,02	0,15
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	0,05	1,50

Zawartość fosforu i fluoru wpływa na wzrost szybkości hydrolizy, natomiast azot na spowolnienie tego procesu. Zmniejszenie się zawartości skondensowanych fosforanów w czasie magazynowania nawozów może mieć niekorzystny wpływ na zawartość mikroelementów i właściwości fizyko-chemiczne nawozu (wydzielanie się osadów). Z tego powodu, by zapewnić sobie trwałość i stabilność składu chemicznego w okresie 4–6 miesięcy, trzeba w wyjściowym produkcie doprowadzić do wysokiego udziału polifosforanów, rzędu 50–60% w stosunku do całkowitej zawartości fosforu.

Jednym ze sposobów tak wysokiego skondensowania fosforanów jest przeprowadzenie reakcji amonizacji w reaktorze rurowym (pipe-cross reactor), w którym gazowy amoniak wprowadzany jest do strumienia kwasu fosforowego, przepływającego z bardzo dużą prędkością liniową. Efekt cieplny reakcji wywołany w małej objętości reaktora, pozwala na korzystny postęp w procesie polikondensacji [ANONIM 1987].

Mniejsze znaczenie rozpuszczalności w wodzie soli mikroelementowych w nawozach płynnych występuje, gdy wprowadza się je do nawozów zawieszinowych [GÓRECKI, HOFFMANN 1995]. Czynnikiem podstawowym decydującym w tym przypadku jest wzrost lepkości nawozów. Wzrost lepkości z 450 do 850 cP pozwala na zwiększenie zawartości mikroelementów z 2 do 4% [POTTS 1983].

Korzystnie na zawartość mikroelementów w nawozach płynnych oddziałuje zawartość polifosforanów. Źródłem mikroelementów w nawozach zawieszinowych mogą być również związki nierozpuszczalne w wodzie, co pozwala na obniżenie cen wytwarzania tych nawozów.

### Chelaty mikronawozowe

Ograniczone możliwości wykorzystania właściwości sekwestrujących polifosforanów w produkcji nawozów mikroelementowych skłoniły do wykorzystania w tym celu związków syntetycznych lub naturalnych kompleksonów organicznych.

Przydatne są tu związki wielokleszczowe, a więc zawierające więcej niż jeden atom donorowy i mogące zajmować więcej niż jedno miejsce koordynacyjne metalu. Do najczęściej stosowanych syntetycznych związków kompleksowych tworzących z mikroelementami połączenia chelatowe należą:

- kwas etylenodwuaminoczteroocowy (EDTA),
- kwas N- (hydroksyetylo) etylenodwuaminotrójocowy (HEEDTA),
- kwas dwuetylenotrójaminopięcioocowy (DTPA),
- kwas etylenodwuamino di (2-hydroksyfenylo) octowy (EDDHA),
- kwas etylenodwuamino di (2-hydroksy-4-metylofenylo) octowy (EDDHHA),
- kwas nitrylotrójocowy (NTA),
- kwas cytrynowy.

Największe znaczenie wśród naturalnych kompleksów organicznych mają ligninosulfoniany i kwasy huminowe.

Stałą trwałości kompleksu charakteryzuje iloraz formy skompleksowanej do jonów, które uległy dysocjacji. Na trwałość związków kompleksowych wpływa szereg czynników [WREESMANN, BUGTER 1998]. Trwałość kompleksu rośnie wraz ze stopniem utleniania kationu. Bardzo istotny wpływ na trwałość powstającego kompleksu ma również możliwość utworzenia przez dany ligand pierścienia. Istotny wpływ mają również takie czynniki jak temperatura oraz pH. Ważnym czynnikiem, który powinien być uwzględniony przy doborze czynnika kompleksującego, jest jego biodegradowalność [HOFFMANN 1998]. Czas pobierania przez roślinę mikroelementu nawozowego powinien odpowiadać okresowi degradowalności użytego związku.

Aktualnie w Polsce produkowanych jest kilkaset nawozów mikroelementowych zawierających składniki nawozowe w formie chelatów mikronawozowych. Ze względu na wymagania rynkowe, producenci dobierają skład produktów, do-

stosując je do nawozowych potrzeb jednej rośliny lub grupy roślin (tab. 4). Dużą grupę stanowią nawozy zawierające jeden mikroelement. Są one stosowane interwencyjnie w przypadku niedoboru tego składnika.

### Mikronawozy specjalne

Wśród tych nawozów należy wymienić preparaty, które posiadają specyficzne cechy użytkowe. Analogicznie do nawozów makroelementowych o przedłużonym działaniu, określenie to również funkcjonuje w przypadku nawozów mikroelementowych [MORTVEDT 1994]. Oprócz frytów do tej grupy nawozów należą takie produkty jak nawozy mikroelementowe otoczkowane, wtapiane w siarkę, naturalne związki o niskiej rozpuszczalności (kolemanit –  $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_{11} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ , heminorfit –  $2 \text{ZnO} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot 2 \text{SiO}_2$ , howlit –  $4 \text{CaO} \cdot 5 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$ , fosforany amonowe kationów mikroelementowych).

Nawozy mikroelementowe stosowane w fertygacji do nawożenia kropelkowego charakteryzują się często bardzo niskim pH i udziałem adduktów mocznika z kwasem fosforowym, azotowym lub siarkowym [HODGE i in. 1994].

Konieczną cechą nawozów mikroelementowych dolistnych jest udział czynnika wpływającego na pobranie składników pokarmowych przez nadziemne części roślin, a także zwiększającego jego przyswajalność [CZUBA 1996].

Tabela 4; Table 4

Nawozy mikroelementowe produkowane przez „Agrophos” Wrocław  
Micronutrient fertilizers produced by „Agrophos” Wrocław

Nawóz Fertilizer	Skład pierwiastków nawozowych (% mas.) Nutrient content (by weight)											
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	B	Cu	Zn	Mn	Fe	Mo	Co	J
Polvit Z Zboża; Cereals	10,0	–	–	2,0	0,07	0,70	0,90	1,00	0,85	0,004	–	–
Polvit B Buraki; Beets	6,0	–	–	3,0	0,45	0,10	0,65	0,65	0,25	0,005	–	–
Polvit P Użytki zielone Grassland	8,0	–	–	3,0	0,15	0,25	0,50	0,55	0,50	0,005	0,002	0,003
Polvit RO Rzepak; Rape Buraki; Beets Ziemniak Potatoes	12,0	–	–	2,0	0,50	0,10	0,62	0,56	0,56	0,0045	–	–
Polvit S Strączkowe Legumes	1,0	–	–	3,0	0,42	0,20	0,45	0,48	0,42	0,0045	0,0005	–
Polvit U Uniwersalny Universal	12,0	3,0	6,0	0,25	0,01	0,012	0,03	0,015	0,02	0,001	0,0003	–

W przypadku preparatów donasiennych należy wykluczyć negatywne ich oddziaływanie w pierwszych fazach wzrostu roślin.

### Wnioski

1. Perspektywicznymi rozwiązaniami w zakresie wytwarzania i stosowania nawozów mikroelementowych są płynne koncentraty mikroelementowe, przydatne również w technikach dolistnego dokarmiania roślin.
2. Zakres stosowania nawozów mikroelementowych razem z nawozami makroelementowymi będzie wzrastał wraz ze wzrostem wytwarzania i stosowania płynnych nawozów wieloskładnikowych.

### Literatura

ANONIM 1987. *TVA-NFDC – 16 demonstration 1987. Commercialization of TVA pressurized pipe-cross reactor for production of DAP, MAP and APP*. New Development in Fertilizer Technology, Muscle Shoals: 36–38.

CZUBA R. 1996. *Celowość i możliwości uzupełniania niedoborów mikroelementów u roślin*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 55–63.

GÓRECKI H., HOFFMANN J. 1995. *Nawozy zawieszinowe – nowa generacja nawozów rolniczych i ogrodniczych*. Przem. Chem. 74: 87–90.

HIGNETT T.P. 1985. *Fertilizer Manual*. Martinus Nijhoff W. Junk Publisher, Dordrecht.

HODGE CH.A., FAULKNER L.C., MOTES T.W. 1994. *Solubility of metallic – salt in acid nutrients in acid fertilizer solutions of urea phosphate, urea sulphate and urea nitrate*. Fertilizer Research 39: 71–75.

HOFFMANN J. 1998. *Biodegradowalność pomocniczych środków chemicznych stosowanych w produkcji nawozów płynnych*. Pr. Nauk. Pol. Szczecińskiej 547: 102–106.

HOFFMANN J. 1999. *Compacting – a new method of fertilizer granulation*. International Scientific – Research Seminar „Chemistry for Agriculture”, Velke Losiny: 65–68.

MORTVEDT J.J. 1994. *Needs for controlled – available micronutrient fertilizers*. Fertilizer Research 38: 213–221.

NOWOSIELSKI O., ORNOWSKI Z. 1997. *Fryty Agran – nawozy o przedłużonym działaniu do intensywnej uprawy roślin przyjaznej środowisku*. II Kongres Technologii Chemicznej, Wrocław: 459.

PALGRAVE D.A. 1991. *Fluid Fertilizer – science and technology*. Marcel Dekker, New York.

POTTS J.M. 1983. *Fluid fertilizer*. TVA National Fertilizer Development Center, Muscle Shoals.

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. 1999. *Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów*. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 434: 1–11.

WACŁAWSKA I., STOCH L. 1999. *Glassy mineral fertilizers*. Chemistry for Agriculture, Velke Losiny: 195–199.

WREESMANN C.T.J., BUGTER M.H.J. 1998. *Fertilizer and chelated micronutrients*. Agro Food Industry Hi-Tech. 9(2): 25–26.

**Słowa kluczowe:** nawozy mikroelementowe, metody wytwarzania nawozów mikroelementowych

### Streszczenie

W pracy omówiono podział oraz charakterystykę nawozów mikroelementowych. Przedstawiono najważniejsze czynniki wpływające na technologie ich wytwarzania. Wytypowano najbardziej przydatne rozwiązania dla przemysłu krajowego.

## NEW TECHNOLOGIES OF MICRONUTRIENT FERTILIZER PRODUCTION

*Józef Hoffmann, Henryk Górecki*

Institute of Inorganic Technology and Mineral Fertilizers,  
Wrocław University of Technology

Key words: micronutrient fertilizers, production methods

### Summary

Classification and characteristics of the microelement fertilizers were described. The paper presented also main technical factors influencing the production of micronutrient fertilizers. Some most useful solutions for home industry were recommended.

Dr inż. Józef **Hoffmann**

Instytut Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych

Politechnika Wrocławska

ul. Smoluchowskiego 25

50-372 WROCŁAW

e-mail: Hoffmann@novell.itn.pwr.wroc.pl