

## **MIKROELEMENTY NAWOZÓW ORGANICZNYCH W NAWOŻENIU ZRÓWNOWAŻONYM**

*Teofil Mazur*

Katedra Chemii Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

### **Wstęp**

W systemie zrównoważonego nawożenia obowiązuje zasada prowadzenia właściwej gospodarki składnikami pokarmowymi w układzie gleba-roślina. Polega ona na pokryciu potrzeb pokarmowych roślin na poziomie dostosowanym do oczekiwanych plonów o pożądanych cechach jakościowych oraz utrzymaniu gleby w stanie należytej żyzności. Funkcje te mogą być spełnione pod warunkiem zapewnienia nawożenia makro- i mikroelementami. Mikroelementy są bowiem niezbędnymi składnikami w życiu roślin, co nie zawsze jest należycie uwzględniane w nawożeniu zrównoważonym [MAZUR 1996, 1997]. W związku z tym w niniejszym opracowaniu określono znaczenie nawożenia organicznego jako źródła boru, miedzi, manganu, molibdenu i cynku dla roślin uprawianych w zmianowaniu.

### **Założenia metodyczne**

Spośród nawozów organicznych największe znaczenie mają nawozy pochodzenia zwierzęcego, głównie obornik. Przeto obornik przyjęto jako nawóz podstawowy i w stosunku do niego wyznaczono dawki innych nawozów organicznych na podstawie zrównoważonej ilości azotu. Azot decyduje bowiem o oddziaływaniu nawozów na środowisko glebowe oraz na wielkość uzyskiwanych plonów [MAZUR 1995, 1996, 1997]. Dla tak obliczonych dawek nawozów organicznych określono ilość mikroelementów wnoszonych do gleby z obornikiem, gnojowicą i pomiotem kurzym. Przyjęto średnią zawartość mikroelementów w poszczególnych nawozach organicznych, obliczoną z danych literaturowych [BORATYŃSKI (red.) 1981; FOTYMA, MERCIK 1995; GORLACH, MAZUR w druku]. Pobranie mikroelementów przez plon roślin określono również na podstawie danych literatury [CZUBA, MAZUR 1988].

W rozważaniach uwzględniono dwa 4-polowe zmianowania, dla których obliczono szczegółowy bilans dla każdego z wymienionych mikroelementów, przyjmując osiągalne plony roślin w przeciętnych warunkach glebowo-klimatycznych Polski. Nie uwzględniono natomiast zasobności gleb w przyswajalne formy mikroelementów i stopnia ich wykorzystania z nawozów organicznych. Te świadome niedoskonałości podyktowane zostały problemowym ujęciem omawianego tematu.

## Omówienie wyników

Pobranie makro- i mikroelementów przez plony końcowe roślin uwarunkowane jest wieloma czynnikami, z których na czoło wysuwa się nawożenie organiczne i mineralne.

W tabeli 1 podano pobranie mikroelementów przez plony roślin uprawianych w dwóch różnych zmianowaniach – (A) i (B). Natomiast w tabeli 2 ilość mikroelementów wprowadzonych do gleby z obornikiem, gnojowicą i pomiotem kurzym, stosowanych pod roślinę rozpoczynającą zmianowanie, w dawkach odpowiadających obornikowi o zawartości 0,53% N. Na podstawie danych tabeli 1 i 2 obliczono szacunkowy bilans poszczególnych mikroelementów dla obu zmianowań.

Tabela 1; Table 1

Pobranie mikroelementów z osiągalnym plonem roślin  
Microelement uptake by attainable plant yield

| Zmianowanie<br>Rotation        | Plon<br>Yield<br>(t·ha <sup>-1</sup> ) | Pobranie z plonem (g·ha <sup>-1</sup> )<br>Uptake by yield (g·ha <sup>-1</sup> ) |       |        |      |        |
|--------------------------------|--|--|-------|--------|------|--------|
|                                |  | B  | Cu    | Mn     | Mo   | Zn     |
| (A) Ziemniak; Potato           | 27,0                                   | 53,5   | 52,6  | 172,5  | 3,0  | 153,1  |
| Pszenżyto; Triticale           | 4,0                                    | 20,4   | 33,6  | 390,8  | 2,8  | 274,4  |
| Rzepak ozimy; Winter rape      | 2,8                                    | 142,2  | 27,4  | 280,0  | 2,8  | 179,8  |
| Pszenica ozima; Winter wheat   | 4,2                                    | 20,6   | 34,9  | 345,2  | 2,9  | 249,5  |
| Ogółem; Total                  |  | 236,7  | 148,5 | 1188,5 | 11,5 | 856,8  |
| (B) Burak cukrowy; Sugar beet  | 40,0                                   | 299,6  | 100,4 | 1116,0 | 6,8  | 566,4  |
| Jęczmień jary; Spring barley   | 3,2                                    | 15,0   | 29,4  | 228,2  | 2,2  | 202,6  |
| Koniczyna czerwona; Red clover | 35,0                                   | 155,0  | 59,8  | 448,0  | 3,8  | 323,0  |
| Pszenica ozima; Winter wheat   | 4,2                                    | 20,6   | 34,9  | 345,2  | 2,9  | 249,5  |
| Ogółem; Total                  |  | 490,3  | 224,5 | 2137,4 | 15,7 | 1341,5 |

Tabela 2; Table 2

Ilość mikroelementów wprowadzonych do gleby z nawozami organicznymi  
Quantity of microelement supplied to soil with organic fertilizers

| Zmianowanie<br>Rotation         | Dawka<br>Dose<br>(t·ha <sup>-1</sup> ) | Mikroelement; Microelement (g·ha <sup>-1</sup> ) |       |       |      |        |
|---------------------------------|--|--|-------|-------|------|--------|
|                                 |  | B  | Cu    | Mn    | Mo   | Zn     |
| (A) Obornik; Farmyard manure    | 30                                     | 171,0  | 160,8 | 232,8 | 10,5 | 161,1  |
| Gnojowica; Slurry – (b)         | 40                                     | 82,4   | 152,0 | 842,0 | 7,6  | 974,8  |
| Gnojowica; Slurry – (t)         | 33,4                                   | 51,0   | 176,6 | 804,0 | 6,7  | 1048,8 |
| Pomiot kurzy; Poultry droppings | 10                                     | 205,5  | 229,2 | 888,2 | 9,0  | 1287,0 |

Zmianowanie; Rotation – (B) = (A) × 1,33

(b) – gnojowica bydłcza – zawartość suchej masy 10%, azotu ogółem 0,40% św.m.; cattle slurry – dry matter content 10%, total nitrogen 0,40% FM

(t) – gnojowica trzody chlewnej – zawartość suchej masy 8%, azotu ogółem 0,48% św.m.; pig slurry – dry matter content 8%, total nitrogen 0,48% FM

pomiot kurzy; poultry droppings – zawartość suchej masy 50%, azotu ogółem 1,40% św.m.; dry matter content 50%, total nitrogen 1,40% FM

Nawożenie obornikiem, gnojowicą bydlęcą i pomiotem kurzym w pełni pokrywa ilość pobranego boru z plonem ziemniaka i pszenżyta uprawianych w zmianowaniu (A), (tab. 3). Natomiast gnojowica trzody chlewnej tylko ziemniaka w 95%. Rzepak uprawiany w trzecim polu zmianowania jest również w części zaopatrzony w bor z nawozów organicznych. Deficyt jest bowiem mniejszy od całkowitego pobrania boru, szczególnie na polu nawożonym pomiotem kurzym. W zmianowaniu B, rozpoczynającym się uprawą buraka cukrowego nawożenie organiczne nie równoważyło ilości pobranego boru przez tą roślinę. Braki te w liczbach względnych wynoszą, w polu z obornikiem – 36%, gnojowicą bydlęcą – 72%, gnojowicą trzody chlewnej – 83% i pomiotem kurzym – 9% w stosunku do całkowitego pobrania. Zatem rośliny uprawiane po burakach cukrowych wymagają nawożenia borem.

Z porównania obu zmianowań wynika, że pobranie boru w zmianowaniu (B) było ok. 2,1 raza większe niż w zmianowaniu (A), natomiast deficyt aż o 4,0 razy większy.

Tabela 3; Table 3

Zaopatrzenie roślin w bor z nawozów organicznych ( $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ )  
Plant supply with boron from organics fertilizers ( $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

| Zmianowanie<br>Rotation        | Nawóz organiczny; Organic fertilizer |                            |                            |   |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
|                                | obornik<br>farmyard<br>manure        | (b)<br>gnojowica<br>slurry | (t)<br>gnojowica<br>slurry | pomiot<br>kurzy<br>poultry<br>droppings |
| (A) Ziemniak; Potato           | +117,5                               | +28,2                      | -2,5                       | +152,0                                  |
| Pszenżyto; Triticale           | +97,1                                | +8,5                       | —                          | +131,6                                  |
| Rzepak ozimy; Winter rape      | -45,1                                | -133,7                     | —                          | -10,6                                   |
| Pszenica ozima; Winter wheat   | —                                    | —                          | —                          | —                                       |
| - Deficyt; Deficiency          | -65,7                                | -154,3                     | -185,7                     | -31,2                                   |
| (B) Burak cukrowy; Sugar beet  | -71,6                                | -217,2                     | -248,6                     | -28,3                                   |
| Jęczmień jary; Spring barley   | —                                    | —                          | —                          | —                                       |
| Koniczyna czerwona; Red clover | —                                    | —                          | —                          | —                                       |
| Pszenica ozima; Winter wheat   | —                                    | —                          | —                          | —                                       |
| - Deficyt; Deficiency          | -262,2                               | -407,8                     | -439,2                     | -218,9                                  |

Objaśnienia; Explanations:

- + po zbiorze rośliny; after plant harvesting
- brakująca ilość mikroelementów; microelement deficiency
- brak mikroelementów równy pobraniu; microelement deficiency equal to uptake

Nawożenie organiczne stosowane jeden raz w 4-polowym zmianowaniu zabezpiecza dodatni bilans miedzi (tab. 4). Niewielki deficyt stwierdzono jedynie w uprawie pszenicy na polach nawożonych obornikiem i gnojowicą bydlęcą w zmianowaniu (B).

Ilość manganu wprowadzona do gleby z nawozami organicznymi w zmianowaniu (A), tylko w części równoważy jego pobranie przez plony roślin (tab. 5). W polu nawożonym obornikiem tylko ziemniak, a obu rodzajami gnojowicy ziemniak i pszenżyto, zaś pomiotem kurzym również rzepak. Pod rośliny uprawiane po wymienionych przedplonach dawki manganu mogą być zmniejszone: na polu z obornikiem o 35%, gnojowicą trzody chlewnej o 14% i pomiotem kurzym o 13% w stosunku do ogólnego pobrania.

Tabela 4; Table 4

Zaopatrzenie roślin w miedź z nawozów organicznych ( $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ )  
 Plant supply with copper from organic fertilizers ( $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

| Zmianowanie<br>Rotation        | Nawóz organiczny; Organic fertilizer |                            |                            |  |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
|                                | obornik<br>farmyard<br>manure        | (b)<br>gnojowica<br>slurry | (t)<br>gnojowica<br>slurry | pomiot kurzy<br>poultry drop-<br>pings |
| (A) Ziemniak; Potato           | +108,2                               | +99,4                      | +124,0                     | +176,6                                 |
| Pszennyto; Triticale           | +74,6                                | +65,8                      | +90,4                      | +143,0                                 |
| Rzepak ozimy; Winter rape      | +47,2                                | +38,4                      | +63,0                      | +115,6                                 |
| Pszenna ozima; Winter wheat    | +12,3                                | +3,5                       | +28,1                      | +80,7                                  |
| + Nadwyżka; Surplus            | +12,3                                | +3,5                       | +28,1                      | +80,7                                  |
| (B) Burak cukrowy; Sugar beet  | +114,0                               | +101,0                     | +133,3                     | +202,1                                 |
| Jęczmień jary; Spring barley   | +84,6                                | +71,6                      | +103,9                     | +172,7                                 |
| Koniczyna czerwona; Red clover | +24,8                                | +11,8                      | +44,1                      | +112,9                                 |
| Pszenna ozima; Winter wheat    | -10,1                                | -23,0                      | +9,2                       | +78,1                                  |
| - Deficyt; Deficiency          | -10,1                                | -23,0                      | +9,2                       | +78,1                                  |
| + Nadwyżka; Surplus            | -10,1                                | -23,0                      | +9,2                       | +78,1                                  |

Objaśnienia jak w tab. 3; Explanations see Tab. 3

Tabela 5; Table 5

Zaopatrzenie roślin w mangan z nawozów organicznych ( $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ )  
 Plants supply with manganese from organic fertilizers ( $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

| Zmianowanie<br>Rotation        | Nawóz organiczny; Organic fertilizer |                            |                            |  |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
|                                | obornik<br>farmyard<br>manure        | (b)<br>gnojowica<br>slurry | (t)<br>gnojowica<br>slurry | pomiot kurzy<br>poultry drop-<br>pings |
| (A) Ziemniak; Potato           | +60,3                                | +669,5                     | +631,5                     | +715,7                                 |
| Pszennyto; Triticale           | -330,5                               | +278,7                     | +240,7                     | +324,9                                 |
| Rzepak ozimy; Winter rape      | —                                    | -1,3                       | -39,3                      | +44,9                                  |
| Pszenna ozima; Winter wheat    | —                                    | —                          | —                          | -300,9                                 |
| - Deficyt; Deficiency          | -955,7                               | -346,5                     | -384,5                     | -300,3                                 |
| (B) Burak cukrowy; Sugar beet  | -805,6                               | -0,4                       | -52,0                      | +54,4                                  |
| Jęczmień jary; Spring barley   | —                                    | —                          | —                          | -171,8                                 |
| Koniczyna czerwona; Red clover | —                                    | —                          | —                          | —                                      |
| Pszenna ozima; Winter wheat    | —                                    | —                          | —                          | —                                      |
| - Deficyt; Deficiency          | -1827,0                              | -1022,8                    | -1073,4                    | -965,0                                 |

Objaśnienia jak w tab. 3; Explanations see Tab. 3

Nawożenie buraka nawozami organicznymi nie równoważy ilości pobranego manganu przez plon wynoszący  $40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  korzeni wraz z liśćmi, za wyjątkiem pola nawożonego pomiotem kurzym. Najlepszym źródłem manganu okazał się obornik, bowiem po zastosowaniu dawki  $40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  pokrył zaledwie 21% ogólnego pobrania.

Stosowanie obornika i pomiotu kurzego zapewnia dodatni bilans molibdenu dla trzech kolejnych plonów, a gnojowica tylko dwóch roślin uprawianych w zmianowaniu (A), (tab. 6). Podobną zależność stwierdzono w zmianowaniu (B) z tym, że gnojowica trzody chlewnej zapewniła ilość molibdenu tylko dla buraka.

Tabela 6; Table 6

Zaopatrzenie roślin w molibden z nawozów organicznych (g·ha<sup>-1</sup>)  
Plant supply with molybdenum from organic fertilizers (g·ha<sup>-1</sup>)

| Zmianowanie<br>Rotation        | Nawóz organiczny; Organic fertilizer |                            |                            |                                   |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
|                                | obornik<br>farmyard<br>manure        | (b)<br>gnojowica<br>slurry | (t)<br>gnojowica<br>slurry | pomiot kurzy<br>poultry droppings |
| (A) ziemniak; Potato           | +7,5                                 | +4,6                       | +3,7                       | +6,0                              |
| pszenżyto; Triticale           | +4,7                                 | +1,8                       | +0,9                       | +3,2                              |
| rzepak ozimy; Winter rape      | +1,9                                 | -1,0                       | -1,9                       | +0,4                              |
| pszenica ozima; Winter wheat   | -1,0                                 | —                          | —                          | -2,5                              |
| - Deficyt; Deficiency          | -1,0                                 | -3,9                       | -4,8                       | -2,5                              |
| (B) burak cukrowy; Sugar beet  | +7,2                                 | +3,3                       | +2,0                       | +5,1                              |
| jęczmień jary; Spring barley   | +5,0                                 | +1,1                       | -0,2                       | +2,9                              |
| koniczyna czerwona; Red clover | +1,2                                 | -2,8                       | —                          | -0,9                              |
| pszenica ozima; Winter wheat   | -1,7                                 | —                          | —                          | —                                 |
| - Deficyt; Deficiency          | -1,7                                 | -5,6                       | -6,9                       | -3,8                              |

Objaśnienia jak w tab. 3; Explanations see Tab. 3

Gnojowica i pomiot kurzy są bogatym źródłem cynku i ich stosowanie w dawkach odpowiadających 160 t·ha<sup>-1</sup> zapewnia jego dodatni bilans (tab. 7). Jedynie gnojowica bydłęca nie w pełni pokrywa ilość cynku wynoszonego z plonem pszenicy uprawianej na czwartym polu zmianowania (B). Duże braki cynku występują po zastosowaniu obornika.

W zmianowaniu (A) już w drugim roku po oborniku, zaś w zmianowaniu (B) w pierwszym, tj. w uprawie buraka cukrowego, brak wynosi 62% ogólnego pobrania.

Tabela 7; Table 7

Zaopatrzenie roślin w cynk z nawozów organicznych (g·ha<sup>-1</sup>)  
Plant supply with zinc from organic fertilizers (g·ha<sup>-1</sup>)

| Zmianowanie<br>Rotation        | Nawóz organiczny; Organic fertilizer |                            |                            |                                   |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
|                                | obornik<br>farmyard<br>manure        | (b)<br>gnojowica<br>slurry | (t)<br>gnojowica<br>slurry | pomiot kurzy<br>poultry droppings |
| (A) ziemniak; Potato           | +8,0                                 | +821,7                     | +895,7                     | +1133,9                           |
| pszenżyto; Triticale           | -266,4                               | +547,3                     | +621,3                     | +859,5                            |
| rzepak ozimy; Winter rape      | —                                    | +367,5                     | +441,5                     | +679,7                            |
| pszenica ozima; Winter wheat   | —                                    | +118,0                     | +193,0                     | +430,2                            |
| - Deficyt; Deficiency          | -695,7                               | +118,0                     | +192,0                     | +430,2                            |
| + Nadwyżka; Surplus            |                                      |                            |                            |                                   |
| (B) burak cukrowy; Sugar beet  | -351,6                               | +725,2                     | +821,5                     | +1132,4                           |
| jęczmień jary; Spring barley   | —                                    | +522,6                     | +618,9                     | +929,8                            |
| koniczyna czerwona; Red clover | —                                    | +199,6                     | +295,9                     | +606,8                            |
| pszenica ozima; Winter wheat   | —                                    | -44,9                      | +46,4                      | +357,3                            |
| - Deficyt; Deficiency          | -1126,6                              | -44,9                      | +46,4                      | +357,3                            |
| + Nadwyżka; Surplus            |                                      |                            |                            |                                   |

Objaśnienia jak w tab. 3; Explanations see Tab. 3

## Uwagi końcowe i wnioski

Przedstawione dane o zaopatrzeniu roślin uprawnych w mikroelementy pochodzące z nawozów organicznych mogą być wykorzystane do określenia zrównoważonego nawożenia, obowiązującego w rolnictwie zintegrowanym. Przyjmując za podstawę zawartość mikroelementów w danym nawozie i ich pobranie przez oczekiwany plon roślin, prostym staje się dokonanie obliczenia o potrzebie lub zaniechaniu uzupełniającego stosowania każdego z badanych mikroelementów. Rozważania te są przydatne nie tylko do nawozów organicznych pochodzenia zwierzęcego, ale także mają podstawowe znaczenie w stosowaniu nawozów niekonwencjonalnych, nabierających coraz większego znaczenia. Różnorodność otrzymanych kompostów z odpadów organicznych oraz osadów ściekowych wyznacza konieczność takiej analizy ze względów ekologiczno-produkcyjnych. W stosunku do obornika, gnojowicy i pomiotu kurzego można przedstawić następujące wnioski:

1. Organiczne nawozy gospodarskie stosowane w 4-półowym zmianowaniu w pełni pokrywają potrzeby pokarmowe roślin na miedź, a gnojowica i pomiot kurzy również na cynk.
2. Deficyt boru, manganu i molibdenu zależy głównie od konstrukcji zmianowania. W zmianowaniu (B) z uprawą buraka cukrowego i koniczyny cukrowej deficyt był większy niż w zmianowaniu (A) z uprawą ziemniaka i rzepaku ozimego: boru o 3,0 razy, manganu 2,5 razy i molibdenu 1,3 razy.
3. Wielkość deficytu zależy również od rodzaju nawozu organicznego. Z pomiotem kurzym i obornikiem wprowadza się do gleby więcej boru i molibdenu niż z gnojowicą, a manganu z gnojowicą i pomiotem kurzym w porównaniu do obornika.

## Literatura

- BORATYŃSKI K. (red.). 1981. *Chemia rolnicza*. W-wa PWRiL: 406 ss.
- CZUBA R., MAZUR T. 1988. *Wpływ nawożenia na jakość plonów*. W-wa PWN: 360 ss.
- FOTYMA M., MERCIK ST. 1995. *Chemia Rolna*. W-wa, Wyd. Nauk. PWN: 353 ss.
- GORLACH E., MAZUR T. *Chemia rolna*. W-wa Wyd. Nauk. PWN (w druku).
- MAZUR T. 1995. *Stan i perspektywa bilansu substancji organicznej w glebach uprawnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 421a: 267–276.
- MAZUR T. 1996. *Problemy zrównoważonego nawożenia*. Mat. konf. „Czynniki agrotechniczne w rolnictwie zrównoważonym”. ART Olsztyn, 27–28 VI 1996: 19–33.
- MAZUR T. 1997. *Gospodarka składnikami pokarmowymi w układzie gleba-roślina*. Arch. Ochrony Środ. 23(3–4): 137–147.

**Słowa kluczowe:** nawozy organiczne, mikroelementy, zmianowanie roślin

### Streszczenie

W rozważaniach o znaczeniu nawożenia organicznego w zaopatrzeniu roślin w mikroelementy zastosowano metodę polegającą na różnicy między ilością wniesionego mikroelementu a jego pobraniem przez plony roślin. Przyjęto dawki nawozów organicznych zrównoważone azotem, stosowane pod roślinę okopową rozpoczynającą zmianowanie. Okazało się, że ilość wprowadzonej do gleby miedzi i cynku jest wystarczająca dla pokrycia potrzeb pokarmowych roślin uprawianych w 4-półowym zmianowaniu. Deficyt boru, manganu i molibdenu był uzależniony od zmianowania i rodzaju nawozu organicznego.

W zmianowaniu (B – burak cukrowy, jęczmień jary, koniczyna czerwona, pszenica ozima) w uprawie buraka cukrowego i koniczyny był on większy niż w zmianowaniu (A – ziemniak, pszenżyto, rzepak ozimy, pszenica ozima) w uprawie ziemniaka i rzepaku. Obornik i pomiot kurzy są najlepszym źródłem boru i molibdenu, a gnojowica i pomiot kurzy manganu i cynku.

### MICROELEMENTS FROM ORGANIC FERTILIZERS IN SUSTAINABLE FERTILIZATION

*Teofil Mazur*

Department of Environmental Chemistry  
University of Warmia and Mazury, Olsztyn

Key words: organic fertilizers, microelements, plants rotation

### Summary

In considerations on importance of organic fertilization in aspects of plant supplies with the microelements, the method was used consisting in differences between applied microelement quantity and its consumption by plant yield. Balanced with nitrogen doses of organic fertilizers were accepted and applied under root plant at the beginning of rotation. It was showed that the copper and zinc contents applied to soil were sufficient to covering nutritive requirements of the plants cultivated in four fields' rotation. Boron, manganese and molybdenum deficiencies depended on rotation and kind of used organic fertilizers. In the B rotation (sugar beet, spring barley, red clover, winter wheat) at sugar beet and clover cultivation it was higher than in the A rotation (potato, triticale, winter rape, winter wheat) at potato and rape. The farmyard manure and poultry droppings were best source of boron and molybdenum, whereas the slurry and poultry droppings of manganese and zinc.

Prof. dr hab. Teofil Mazur  
Katedra Chemii Środowiska  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
pl. Łódzki 4  
10-718 OLSZTYN