

DZIAŁANIE TORFU I WERMIKOMPOSTU W PRZYWRACANIU PRODUKTYWNOŚCI GLEBY LEKKIEJ SKAŻONEJ CYNKIEM

Stanisław Wróbel, Karolina Nowak

Zakład Technik Uprawy Roli i Nawożenia w Jelczu-Laskowicach,
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Wstęp

Poprzez modyfikację i wzbogacenie kompleksu sorpcyjnego gleb lekkich skażonych metalami ciężkimi uzyskać można korzystny efekt ograniczenia ich fitotoksyczności. Uzyskuje się to zazwyczaj poprzez dostarczenie do gleby zasadowych kationów wymiennych na drodze wapnowania oraz wprowadzenie do gleby sorbentów w postaci substancji organicznej, minerałów ilastych (kaolinit, smektyt, illit) lub zeolitów, co ma znaczenie zwłaszcza na glebach lekkich. Zabiegi takie poprawiają parametry fizykochemiczne gleby, decydujące o zdolnościach immobilizujących metale ciężkie.

W badaniach własnych oceniano działanie torfu i wermikompostu stosowanych oddzielnie lub łącznie z wapnem węglanowym w remediacji gleby lekkiej skażonej cynkiem.

Materiał i metody badań

Badania przeprowadzono w doświadczeniach wazonowych założonych w 2004 roku w hali wegetacyjnej Zakładu Technik Uprawy Roli i Nawożenia w Jelczu-Laskowicach Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG) w wazonach o pojemności 6 kg gleby. Doświadczenie prowadzono w 4 powtórzeniach. Jako podłoża użyto gleby płowej wykazującej skład granulometryczny piasku gliniastego lekkiego, odczyn kwaśny, zasobnej w P i K, o niskiej zawartości boru i średniej Mg, Cu, Mn, Mo oraz Zn [ZALECENIA NAWOZOWE 1990].

Schemat doświadczenia dwuczynnikowego:

Czynnik I rzędu – poziomy skażenia gleby cynkiem, $n = 4$ (A1 – 0, A2 – 150, A3 – 300 i A4 – 450 mg Zn·kg⁻¹ suchej masy gleby).

Czynnik II rzędu – zabiegi remediacyjne, $n = 9$, dodatki torfu (T) lub wermikompostu (W) w ilości 3 lub 1,5% wagowych suchej masy gleby oraz CaCO₃ według 1 lub 2 kwasowości hydrolitycznych gleby (Hh). Warianty czynnika II: B1 – 0; B2 – T 3%; B3 – W 3%; B4 – CaCO₃ – wg 1 Hh; B5 – CaCO₃ – wg 2 Hh; B6 – CaCO₃ wg 1 Hh + T 3%; B7 – CaCO₃ wg 1 Hh + W 3%; B8 – CaCO₃ wg 2 Hh + T 1,5%; B9 – CaCO₃ wg 2 Hh + W 1,5%.

Torf ogrodniczy – pH_{KCl} 5,7; zawartość substancji organicznej 56%, wermikompost wyprodukowany na podłożu z obornika bydlęcego (21% substancji organicznej, pH_{KCl} 6,2).

Badania prezentowane w niniejszej pracy dotyczą gorczycy białej odmiany Salvo uprawianej na podłożu jako druga roślina (poplon) po zbiorze pszenżyta. Wprowadzenie cynku do podłoża w postaci roztworu $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ oraz zabiegi remediacyjne wykonano przed założeniem doświadczenia, tj. przed siewem pszenżyta wiosną. Skażenie gleby uzyskano poprzez dokładne jej wymieszanie z odpowiednią dla podbloków A2, A3 i A4 ilością roztworu $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, a następnie inkubację w okresie 14 dni w warunkach uwilgotnienia na poziomie 60% maksymalnej nasiąkliwości wodnej. Po tym okresie napełniano glebą wazon, ponownie dokładnie mieszając z CaCO_3 , T i W według schematu doświadczenia.

Po zbiorze pszenżyta w sierpniu posiano gorczycę białą. Gorczycę zebrano w fazie przed kwitnieniem i określono wielkość plonów zielonej masy części nadziemnych. Niezależnie od pełnego nawożenia podstawowego pszenżyta w ilościach standardowych dla doświadczeń wazonowych (z wyjątkiem cynku), pod gorczycę zastosowano dodatkowo 0,6 g N na wazon. W okresie wegetacji gorczycy wilgotność gleby w wazonach utrzymywano na poziomie 60% maksymalnej nasiąkliwości wodnej. Po zakończeniu doświadczenia oznaczono zawartość cynku w próbkach roślin z obiektów doświadczenia (średnia z 4 powtórzeń), a w glebie zawartość cynku przyswajalnego (ekstrakcja w 1 mol $\text{HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$), próchnicy oraz odczyn (pH w 1 mol $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$). Analizy wykonano w Głównym Laboratorium Analiz Chemicznych IUNG (certyfikat akredytacji nr AB 339 wydany przez PCA w Warszawie), stosując metodykę przyjętą przez stacje chemiczno-rolnicze [METODY BADAŃ 1980a, b; METODY OZNACZANIA 1986]. W kontroli wewnętrznej Głównego Laboratorium Analiz Chemicznych IUNG-PIB stosuje wskaźnik Z-score $|Z|$, wyliczany na podstawie międzylaboratoryjnych i własnych oznaczeń kontrolnych (wyniki analiz uznaje się za poprawne, gdy $|Z| \leq 2$). W odniesieniu do dwóch serii analiz na zawartość Zn w gorczycy wykonywanych w ramach niniejszej pracy $|Z|$ wynosiło: (+ 0,91) oraz (+ 0,73). W opracowaniu wyników stosowano metody statystyczne.

Wyniki i dyskusja

Gorczyca należy do roślin o większej wrażliwości na nadmiary cynku w glebie niż rośliny zbożowe [SPIAK i in. 2000]. W obiektach doświadczenia, gdzie nie stosowano remediacji, wschody roślin były mocno opóźnione w stosunku do obiektu kontrolnego na glebie naturalnej, przy wszystkich trzech poziomach skażenia cynkiem. W ciągu kilku następnych dni obserwowano w tych wazonach żółknięcie, a następnie zamieranie roślin. Dodatki torfu i wermikompostu oraz wapnowanie skutecznie łagodziły toksyczność nadmiarów metalu w glebie, poprawiając warunki rozwoju gorczycy. Najlepszą skuteczność stosowanych zabiegów stwierdzono, gdy badane sorbenty organiczne oraz wapnowanie stosowano łącznie. W warunkach gleby najslabiej skażonej ($150 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$) działanie detoksykacyjne torfu było przy tym wyraźnie lepsze niż wermikompostu. Przy średnim poziomie skażenia ($300 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) działanie obu badanych substancji organicznych było zbliżone. Jednak w warunkach największego stężenia metalu w glebie (dodatek $450 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) widoczna była przewaga wermikompostu w łagodzeniu skutków jego fitotoksyczności.

Plonotwórczy wpływ wermikompostu wyrażony indeksem tolerancji rośliny (T_i) w tym obiekcie wynosił 0,56 i 0,58 w zależności od ilości dodawanego wapna węglanowego (wg 1 Hh lub 2 Hh), wobec T_i dla torfu – 0,24 i 0,33 odpowiednio (tab. 1). Indeks tolerancji rośliny (T_i) = stosunek masy plonu uzyskanego na glebie skażonej do uzyskanego na glebie naturalnej [BECKETT, DAVIS 1977].

Tabela 1; Table 1

Średnie plony zielonej masy gorczycy (g-wazon⁻¹) i indeksy tolerancji rośliny (T_i)
Mean yield of the mustard green matter (g-pot⁻¹) and plant tolerance indices (T_i)

| Remediacja (czynnik II) Remediation (factor II) | Poziomy skażenia cynkiem (czynnik I rzędu) Zinc contamination level (I order factor) | | | | | | |
|--|---|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|
| | A1 gleba naturalna natural soil | A2 150 mg Zn·kg ⁻¹ | | A3 300 mg Zn·kg ⁻¹ | | A4 450 mg Zn·kg ⁻¹ | |
| | | g | T_i | g | T_i | g | T_i |
| B1 | 114,9 | 2,6 | 0,02 | 0,0 | – | 0,0 | – |
| B2 | 197,2 | 96,6 | 0,49 | 16,0 | 0,08 | 0,0 | – |
| B3 | 144,9 | 54,5 | 0,38 | 59,0 | 0,41 | 16,3 | 0,11 |
| B4 | 158,4 | 76,5 | 0,48 | 54,8 | 0,35 | 18,2 | 0,12 |
| B5 | 173,8 | 61,8 | 0,36 | 68,6 | 0,39 | 83,1 | 0,48 |
| B6 | 203,6 | 127,4 | 0,63 | 114,5 | 0,56 | 48,5 | 0,24 |
| B7 | 188,2 | 94,0 | 0,50 | 130,0 | 0,69 | 106,4 | 0,56 |
| B8 | 194,8 | 108,9 | 0,56 | 127,2 | 0,65 | 65,4 | 0,33 |
| B9 | 147,6 | 91,5 | 0,62 | 109,8 | 0,74 | 86,3 | 0,58 |

NIR_{0,001}; LSD_{0,001} II/I = 44,5; I/II = 36,6

B1 0

B2 torf 3%; peat 3%

B3 wermikompost 3%; vermicompost 3%

B4 CaCO₃ – wg 1 Hh; CaCO₃ – according to 1 Hh

B5 CaCO₃ – wg 2 Hh; CaCO₃ – according to 2 Hh

B6 CaCO₃ wg 1 Hh + torf 3%; CaCO₃ according to 1 Hh + peat 3%

B7 CaCO₃ wg 1 Hh + wermikompost 3%; CaCO₃ according to 1 Hh + vermicompost 3%

B8 CaCO₃ wg 2 Hh + torf 1,5%; CaCO₃ according to 2 Hh + peat 1,5%

B9 CaCO₃ wg 2 Hh + wermikompost 1,5%; CaCO₃ according to 2 Hh + vermicompost 1,5%

Negatywne oddziaływanie nadmiaru cynku na plonowanie gorczycy oraz dodatni wpływ poprawy odczynu udało się ująć w zależność funkcyjną określoną równaniem regresji wielokrotnej o stosunkowo wysokim współczynniku determinacji:

$$y = 33,972 + 19,773 \text{ pH} - 0,302 \text{ Zn} \quad R^2 = 0,677; \quad \alpha = 0,001,$$

gdzie: y – plon gorczycy g-wazon⁻¹; pH – odczyn gleby (pH_{KCl}); Zn – zawartość cynku przyswajalnego w glebie w mg Zn·kg⁻¹. Uzyskane równanie potwierdza znaczenie wapnowania w remediacji gleby lekkiej skażonej cynkiem.

Zawartość cynku w roślinach zwiększała się proporcjonalnie do zastosowanych dawek tego metalu znacznie przekraczając dopuszczalną wartość graniczną określoną dla roślin pastewnych na poziomie 100 mg Zn·kg⁻¹ [KABATA-PENDIAS i in. 1993] i osiągała poziom ponad 3000 mg Zn w kg suchej masy roślin (tab. 2). Przy tej koncentracji cynku w gorczycy uzyskiwano jeszcze mocno zredukowane plony ($T_i = 0,08-0,24$), tab. 1. Graniczna wartość toksycznej zawartości cynku

w glebach lekkich jest niska i w warunkach kwaśnego odczynu może kształtować się już na poziomie około 40 mg Zn·kg⁻¹, oznaczonego w roztworze 1 mol HCl·dm⁻³ [STANISŁAWSKA-GLUBIAK i in. 2001]. Z drugiej strony, wysoki poziom koncentracji Zn w roślinach znacznie łatwiej uzyskuje się na glebach lekkich skażonych tym metalem niż na glebach bardziej zwięzłych, co wykazała SPIAK i in. [2000].

Tabela 2; Table 2

Zawartość w roślinie (z) i pobranie (p) cynku z plonem gorczycy
Zinc content (z) in plants and uptake (p) of the element by mustard yield

| Czynnik II Factor II | Czynnik I rzędu; I order factor | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| | A1 | | A2 | | A3 | | A4 | |
| | z | p | z | p | z | p | z | p |
| B1 | 230 | 2,6 | b.m. | – | b.m. | – | b.m. | – |
| B2 | 175 | 3,2 | 1932 | 18,7 | 3085 | 4,9 | b.m. | – |
| B3 | 122 | 1,7 | 1018 | 5,6 | 2795 | 16,5 | 2230 | 3,6 |
| B4 | 70,4 | 1,0 | 627 | 4,8 | 1914 | 10,5 | 2082 | 3,8 |
| B5 | 38,9 | 0,6 | 344 | 2,1 | 791 | 5,5 | 1237 | 10,3 |
| B6 | 92,4 | 1,9 | 573 | 7,3 | 1567 | 18,0 | 3026 | 14,5 |
| B7 | 61,9 | 1,1 | 217 | 2,0 | 597 | 7,8 | 1401 | 14,8 |
| B8 | 53,8 | 1,0 | 188 | 2,1 | 640 | 8,1 | 1709 | 11,1 |
| B9 | 44,5 | 0,6 | 166 | 1,5 | 448 | 4,9 | 1249 | 10,7 |

z mg Zn·kg⁻¹ powietrznie suchej masy roślin; mg Zn·kg⁻¹ air dried matter

p mg Zn·wazon⁻¹; mg Zn·pot⁻¹

b.m. brak materiału; no material available

A1 – 0, A2 – 150, A3 – 300 i A4 – 450 mg Zn·kg⁻¹ s.m. gleby; DM soil

B1–B9 – objaśnienia jak w tab. 1; explanations see Tab. 1

Tabela 3; Table 3

Odczyn (pH_{KCl}) oraz zawartość cynku rozpuszczalnego (mg Zn·kg⁻¹)
i substancji organicznej (SO – %) w glebie

Soil reaction (pH_{KCl}) and contents of soluble zinc (mg Zn·kg⁻¹)
and organic matter (SO – %) in soil

| Czynnik II Factor II | Czynnik I rzędu; I order factor | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|
| | A1 | | | A2 | | | A3 | | | A4 | | |
| | pH | Zn | SO | pH | Zn | SO | pH | Zn | SO | pH | Zn | SO |
| B1 | 4,6 | 9,68 | 1,32 | 4,5 | 151 | 1,26 | 4,4 | 382 | 1,36 | 4,6 | 484 | 1,10 |
| B2 | 4,6 | 15,3 | 2,89 | 4,7 | 113 | 1,99 | 4,5 | 223 | 2,64 | 4,7 | 346 | 2,56 |
| B3 | 4,9 | 10,0 | 1,59 | 4,7 | 110 | 1,33 | 4,9 | 206 | 1,45 | 4,9 | 306 | 1,45 |
| B4 | 6,2 | 9,23 | 1,26 | 5,9 | 118 | 1,26 | 5,7 | 233 | 1,25 | 5,6 | 395 | 1,25 |
| B5 | 7,1 | 9,00 | 1,27 | 7,0 | 122 | 1,15 | 6,6 | 204 | 1,21 | 6,6 | 349 | 1,09 |
| B6 | 5,7 | 14,2 | 2,62 | 5,6 | 139 | 2,29 | 5,8 | 249 | 3,09 | 5,7 | 391 | 2,61 |
| B7 | 6,3 | 9,61 | 1,52 | 6,1 | 97 | 1,75 | 6,0 | 176 | 1,46 | 6,2 | 309 | 1,29 |
| B8 | 7,1 | 8,88 | 1,81 | 6,9 | 117 | 1,70 | 6,8 | 218 | 1,64 | 6,5 | 344 | 1,76 |
| B9 | 7,0 | 12,4 | 1,36 | 7,0 | 103 | 1,31 | 6,7 | 218 | 1,28 | 6,6 | 351 | 1,38 |

A1–A4, B1–B9 – objaśnienia jak w tab. 1; explanations see Tab. 1

Efektem łącznego stosowania badanych sorbentów i wapna było zmniejszenie koncentracji cynku w biomacie gorczycy oraz pobranie tego metalu z plonem (tab. 2). W ramach poszczególnych podbloków (poziomów zanieczyszczenia cynkiem) najniższą zawartość badanego metalu w gorczycy stwierdzano w obiektach, gdzie zastosowano wermikompost łącznie z CaCO_3 (tab. 2).

Oznaczenie zawartości cynku przyswajalnego (ekstrakcja 1 mol $\text{HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$) w glebie po zakończeniu doświadczenia wykazało, że najbardziej skuteczną kombinacją w ograniczaniu fitodostępności metalu było stosowanie wapnowania wg 1 Hh łącznie z 3% dodatkiem sorbentu, przy czym w warunkach silniejszego skażenia cynkiem przewagę w tym względzie wykazywał dodatek wermikompostu. Najwyższe zawartości próchnicy glebowej stwierdzano w obiektach, gdzie stosowano torf, jednak jego zakwaszające działanie zwiększało mobilność, a zatem i przyswajalność cynku (tab. 2, 3). Było to powodem słabszego działania ochronnego torfu w porównaniu z wermikompostem. Na glebie najsilniej skażonej ($450 \text{ mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1}$) dodatek torfu bez wapna nie wykazał żadnego korzystnego wpływu na rozwój roślin, skutkiem czego był brak plonu (obiekt A4B2). Tego typu efekt działania torfu w odniesieniu do nadmiarów miedzi odnotował we wcześniejszych badaniach KAROŃ [1996].

Wnioski

1. Nadmiary cynku w badanej glebie lekko oddziaływały toksycznie na kiełkujące rośliny gorczycy, powodując ich zamieranie w okresie kilku dni po wschodach.
2. Stosowane dodatki torfu i wermikompostu wykazywały największą skuteczność w przywracaniu zdolności produkcyjnej badanej gleby, gdy stosowano je w połączeniu z wapnowaniem.
3. Najlepszy efekt ochronny ($T_i = 0,58-0,74$), wskazujący na dużą rolę wapnowania, uzyskano stosując dodatek do gleby wermikompostu w ilości 1,5% wagowych łącznie z wapnowaniem wg 2 Hh.
4. Przyczynę słabszego działania torfu jako absorbenta cynku w badanej glebie lekko należy wiązać z jego zakwaszającym wpływem na środowisko glebowe, zwiększającym mobilność Zn.

Literatura

- BECKETT P.H.T., DAVIS R.D. 1977. *Upper critical levels of toxic elements in plants*. New. Phytol. 79: 95–106.
- KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITEK T. 1993. *Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką*. Wyd. IUNG, Puławy P(53): 20 ss.
- KAROŃ B. 1996. *Wpływ odczynu oraz dodatków węgla brunatnego i torfu na fitotoksyczność miedzi*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 1006–1009.
- METODY BADAŃ 1980a. *Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych*. Cz. I. *Badanie gleb*. IUNG, Puławy: 76 ss.

METODY BADAŃ 1980b. *Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. Cz. II. Badanie materiału roślinnego.* IUNG, Puławy: 126 ss.

METODY OZNACZANIA 1986. *Metody oznaczania ruchomych form mikroelementów w glebie do rutynowych oznaczeń w Stacjach Chemiczno-Rolniczych (wspólna ekstrakcja 1 M HCl).* IUNG, Wrocław: 11 ss.

SPIAK Z., ROMANOWSKA M., RADOŁA J. 2000. *Toksyczna zawartość cynku w glebach dla różnych gatunków roślin uprawnych.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 1125–1134.

STANISŁAWSKA-GLUBIAK E., WRÓBEL S., GEMBARZEWSKI H. 2001. *Wyznaczenie liczb granicznych toksycznej dla roślin zawartości w glebie cynku rozpuszczalnego w 1 mol HCl-dm⁻³.* Roczn. Gleb. LII(3/4): 53–60.

ZALECENIA NAWOZOWE. 1990. Cz. I. *Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów.* Praca zbiorowa, Wyd. IUNG, Puławy P(44): 34 ss.

Słowa kluczowe: nadmiary cynku w glebie, remediacja, gorczyca biała

Streszczenie

W badaniach określano działanie dodatków do gleby lekkiej skażonej cynkiem – torfu i wermikompostu oraz wapnowania, w przywracaniu jej produktywności. W tym celu w 2004 roku przeprowadzono doświadczenie wazonowe dwuczynnikowe w wazonach zawierających 6 kg gleby lekkiej. Czynniki I rzędu – poziomy skażenia cynkiem – 0, 150, 300 i 450 mg Zn·kg⁻¹ gleby. Czynniki II rzędu – dodatki sorbentów i wapnowanie. W warunkach badanej gleby lekkiej zastosowane skażenie cynkiem powodowało prawie całkowite zamieranie roślin doświadczalnych. Stosowana remediacja pozwalała na odzyskanie plonów gorczycy do 74% w przypadku zastosowania wermikompostu w ilości 1,5% wagowych łącznie z wapnowaniem wg 2 Hh. Słabsze działanie ochronne torfu wynikało z jego właściwości obniżających pH gleby.

EFFECT OF PEAT AND VERMICOMPOST ADDITIVES AT RESTORING THE PRODUCTIVITY OF ZINC-CONTAMINATED LIGHT SOIL

Stanisław Wróbel, Karolina Nowak

Department of Soil Tillage and Fertilization Techniques in Jelcz-Laskowice,
Institute of Soil Science and Plant Cultivation, Puławy

Key words: zinc excess in soil, soil remediation, white mustard

Summary

The influence of peat and vermicompost addition on productivity of light soil contaminated with zinc was determined in the study. Two-factorial pot experiment was carried out in 2004 using pots containing 6 kg of soil. First order factor included various levels of soil contamination with zinc: 0, 150, 300 and 450 mg Zn·kg⁻¹. Application of organic sorbents and liming was the factor of second

order. Under conditions of light soil used in the study, contamination with zinc caused almost entire perishing of the test mustard plants. Applied remediation treatments enabled to recover up to 74% yields. This was obtained at combined application of vermicompost in rate of 1.5% by weight and liming according to 2 Hh. Less impact of peat application resulted from its properties acidifying the soil.

Doc. dr hab. Stanisław **Wróbel**
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
Zakład Techniki Uprawy Roli i Nawożenia
ul. Łąkowa 2
55-230 JELCZ-LASKOWICE
e-mail: s.wrobel@iungwr.edu.pl