

PRÓBA BILANSU OŁOWIU W UŻYTKOWANEJ ROLNICZO GLEBIE LEKKIEJ UŻYŹNIONEJ OSADĄ ŚCIEKOWĄ

A. Wójcikowska-Kapusta, S. Baran, E. Baranowska

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Akademia Rolnicza
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: akapusta@consus.ar.lublin.pl

Streszczenie. Przedstawione badania dotyczą sześcioletniego doświadczenia poletkowego, założonego na glebie bielicoziemnej wytworzonej z piasku słabogliniastego. W doświadczeniu tym stosowano do użyznienia gleb zróżnicowane dawki osadu ściekowego. Obiekt kontrolny stanowiła gleba bez nawożenia i nawożona obornikiem. W okresie badań uprawiano następujące rośliny: kukurydzę, jęczmień jary, rzepak ozimy, ziemniaki, mieszankę zbożową i pszenżyto. W pobranym materiale roślinnym i glebowym oznaczono całkowitą zawartość ołowiu. Zastosowany do użyznienia gleb lekkich osad ściekowy w najmniejszej dawce wprowadzał ponad czterokrotnie więcej ołowiu niż zastosowany w takiej samej ilości obornik. Wynoszenie tego pierwiastka z roślinami rosło, ale w mniejszym tempie niż wielkości dawki osadu.

Słowa kluczowe: osad ściekowy, rośliny, gleby lekkie, ołów, bilans.

WSTĘP

Ołów, chociaż nie jest pierwiastkiem niezbędnym dla wzrostu i rozwoju roślin, jest przez nie pobierany i gromadzony. Jego nadmiar w glebie, a w następnej kolejności w roślinie nie jest obojętny dla zdrowia ludzi i zwierząt.

Osady ściekowe od lat stosowane w rolnictwie stanowią źródło substancji organicznej i składników pokarmowych. Jednak duża grupa osadów ściekowych oprócz substancji pożytecznych, zawiera szereg związków zagrażających żywności gleb oraz pogarszających jakość uprawnych roślin. Szczególnie niebezpieczna jest wysoka koncentracja metali ciężkich, które degradują glebę i powodują zanieczyszczenie łańcucha pokarmowego oraz wód gruntowych [2,3,6,7].

Celem niniejszych badań jest przedstawienie elementów bilansu ołowiu w glebie lekkiej użyźnionej osadem ściekowym, pod uprawą różnych gatunków roślin.

MATERIAŁY I METODY

Przedstawione badania dotyczą sześcioletniego doświadczenia poletkowego, założonego na glebie lekkiej, bielicoziemnej wytworzonej z piasku słabogliniastego. Poletka o powierzchni 15 m² użyźniono jednorazowo przefermentowanym osadem ściekowym pochodzącym z oczyszczalni ścieków komunalnych (70%) i przemysłowych (30%). Osad zastosowano w następujących dawkach: 30 Mg·ha⁻¹ (1%), 75 Mg·ha⁻¹ (2,5%), 150 Mg·ha⁻¹ (5%), 300 Mg·ha⁻¹ (10%), 600 Mg·ha⁻¹ (20%). Został on wymieszany z glebą w poziomie próchnicznym do głębokości 20 cm. Obiekt kontrolny stanowiła gleba bez nawożenia oraz nawożona obornikiem, w ilości 30 Mg·ha⁻¹. W okresie badań uprawiano następujące rośliny: kukurydzę na ziarno, jęczmień jary, rzepak ozimy, ziemniaki, mieszankę zbożową (pszenica jara, jęczmień jary, owies), pszenżyto ozime. Nawożenie mineralne było dostosowane do wymagań pokarmowych uprawianych roślin.

Do analiz pobierano w fazie pełnej dojrzałości ziarno i słomę kukurydzy, jęczmienia, mieszanki zbożowej i pszenżyta, nasiona i słomę rzepaku oraz bulwy ziemniaka. Próbkę roślin po wysuszeniu mineralizowano na mokro w mieszaninie stężonych kwasów HNO₃ i HClO₄ (stosunek 1:1). W ekstrakcie oznaczono całkowitą zawartość ołowiu metodą ASA.

Po zbiorze roślin, co roku pobierano do analiz z poziomu próchnicznego glebę, w której oznaczono odczyn w 1 mol KCl·dm⁻³ – elektrometrycznie, a także całkowitą zawartość ołowiu. W tym celu wysuszoną glebę ekstrahowano mieszaniną stężonych kwasów HNO₃ i HClO₄, a następnie zawartość tego metalu oznaczano metodą ASA.

WYNIKI I DYSKUSJA

Gleba bielicoziemna użyźniona osadem ściekowym były wytworzone z piasku słabogliniastego. Odczyn tej gleby był kwaśny (Tab. 1). Zastosowany obornik zawierał 27 mg·kg⁻¹ ołowiu natomiast osad ściekowy 126 mg·kg⁻¹. Zawartość tego pierwiastka w osadach ściekowych była zbliżona do podawanej przez innych autorów [4,6], oraz znacznie niższa od dopuszczalnej granicznej zawartości kwalifikującej osady do stosowania w rolnictwie [4].

Zawartość ołowiu w glebie kontrolnej wynosiła 22,4 mg·kg⁻¹ do 26,4 mg·kg⁻¹ (Tab. 1). Są to zawartości charakterystyczne dla gleb naturalnych [5]. Użyźnienie tej gleby osadem ściekowym, szczególnie powyżej dawki 5%, spowodowało wzrost zawartości omawianego pierwiastka.

Tabela 1. Odczyn i zawartość ołowiu w glebie z doświadczenia poletkowego

Table 1. Reaction and content of lead in soil from plot experiment

| Obiekt | pH w 1 mol KCl·dm ⁻³ | | Zawartość ołowiu (mg·kg ⁻¹) | |
|--------------------|---------------------------------|------|---|------|
| | 1993 | 1998 | 1993 | 1998 |
| Gleba kontrolna | 4,42 | 5,00 | 22,4 | 26,4 |
| Gleba + obornik | 4,77 | 5,30 | 19,2 | 18,4 |
| Gleba + 1% osadu | 4,41 | 5,50 | 20,7 | 24,9 |
| Gleba + 2,5% osadu | 4,50 | 5,80 | 24,7 | 21,9 |
| Gleba + 5% osadu | 5,06 | 6,00 | 37,1 | 32,0 |
| Gleba + 10% osadu | 5,94 | 6,30 | 53,8 | 48,3 |
| Gleba + 20% osadu | 5,98 | 5,70 | 62,1 | 61,0 |

W badanych roślinach stwierdzono zróżnicowaną zawartość ołowiu, uzależnioną od gatunku rośliny, badanego organu, a także od wielkości dawki osadu. Nasiona kukurydzy zawierały od 0,5 do 1,3 mg·kg⁻¹, słoma 1,0 - 2,9 mg·kg⁻¹, ziarno jęczmienia jarego 0,07 - 0,45 mg·kg⁻¹, słoma 1,0 - 12,1 mg·kg⁻¹, nasiona rzepaku 0,12 - 0,20 mg·kg⁻¹, słoma 4,27 - 8,0 mg·kg⁻¹, bulwy ziemniaczane 0,25 - 4,74 mg·kg⁻¹, ziarna mieszanki zbożowej 0,1 - 2,8 mg·kg⁻¹, słoma 1,8 - 10,3 mg·kg⁻¹, ziarno pszenżyta 0,6 - 5,4 mg·kg⁻¹, słoma 1,0 - 8,3 mg·kg⁻¹ (Tab. 2). Ziarno zbóż, kukurydzy i nasiona rzepaku charakteryzowały się zawartością ołowiu znacznie niższą niż słoma tych roślin. Wartości te były charakterystyczne dla roślin pochodzących z gleb nie zanieczyszczonych [8,5]. W słomie omawianych roślin, a także w bulwach ziemniaczanych zawartość ołowiu wzrosła dopiero w materiale pochodzącym z gleb o 5, 10 i 20% dodatku osadu ściekowego. Zwiększającą się ilość ołowiu pobieranego przez rośliny w miarę wzrastających dawek osadu stwierdził też Gorlach i Gambuś [3]. Według Kabaty-Pendias i in. [5] nasiona i słoma w większości prób kwalifikują się do wykorzystania ich na paszę.

Biorąc pod uwagę wysokość plonu jak również zawartość ołowiu w słomie należy stwierdzić znacznie większe wyniesienie tego pierwiastka ze słomą niż z ziarnem (Tab. 3).

Tabela 2. Zawartość ołowiu w materiale roślinnym uzyskanym z doświadczenia poletkowego
Table 2. Content of lead in plant material from plot experiment

| Roślina (odmiana) | Badany organ | Zakres zawartości (mg·kg ⁻¹) | Plon (kg/m ²) |
|---------------------|--------------|--|---------------------------|
| Kukurydza (PIONIER) | Ziarno | 0,5-1,3 | 0,89-1,38 |
| | Słoma | 1,0-2,9 | 1,89-2,93 |
| Jęczmień jary (LOT) | Ziarno | 0,07-0,45 | 0,17-0,36 |
| | Słoma | 1,0-12,1 | 0,38-0,82 |
| Rzepak ozimy (POLO) | Nasiona | 0,12-0,20 | 0,10-0,20 |
| | Słoma | 4,27-8,0 | 0,63-0,77 |
| Ziemiaki (IRGA) | Bulwy | 0,68-4,74 | 2,92-4,36 |
| Mieszanka zbożowa | Ziarno | 0,1-2,8 | 0,41-0,50 |
| | Słoma | 1,8-10,3 | 1,27-1,47 |
| Pszennyto (PRESTO) | Ziarno | 0,6-5,4 | 0,33-0,47 |
| | Słoma | 1,0-8,3 | 0,93-1,33 |

W przypadku jęczmienia i rzepaku jest to ponad 130 krotnie więcej ołowiu wyniesionego ze słomą niż z ziarnem i nasionami. Wynoszenie tego pierwiastka z roślinami rosło w miarę zwiększenia udziału osadu, ale w mniejszym tempie niż wielkość dawki osadu. Potwierdzają to zależności procentowe (7,7 - 0,5%) w stosunku do wniesionego depozytu tego metalu (Tab. 4).

Analizując wprowadzenie ołowiu do gleb z obornikiem i osadami ściekowymi oraz jego wyniesienie z plonami roślin należy stwierdzić dodatnią różnicę bilansową, zwiększającą się w miarę wzrastających dawek osadu (Tab.4). Na podstawie literatury można sądzić, że wymycie ołowiu z tych gleb może obniżyć tak wysoką różnicę bilansową. W badaniach Turskiego i Wójcikowskiej-Kapusty [8] wymycie ołowiu z lizymetrów, szczególnie na glebach lekkich było znaczące w stosunku do pobrania przez rośliny. Również Chłopecka i Dudka [1] potwierdzili wymywanie metali ciężkich do wód gruntowych z gleb nawożonych osadami ściekowymi. Natomiast Górlach i Gambuś [3] nie stwierdzili w dwu-letnim doświadczeniu przemieszczania się metali z gleb użyźnionych osadem do warstw głębszych.

Tabela 3. Wyniesienie ołowiu przez rośliny z gleby użyźnionej osadem ściekowym**Table 3.** Plant related lead loss from soil fertilized with sewage sludge

| Obiekt | Kukurydza | | Jęczmień jary | | Rzepak ozimy | | Ziemniaki | Mieszanka zbożowa | | Pszennyto | |
|-------------------|-----------|-------|---------------|-------|--------------|-------|-----------|-------------------|-------|-----------|-------|
| | ziarno | słoma | ziarno | słoma | ziarno | słoma | bulwy | ziarno | słoma | ziarno | słoma |
| mg/m ² | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,57 | 1,89 | 0,01 | 0,38 | 0,01 | 2,69 | 1,99 | 0,04 | 2,60 | 0,69 | 1,95 |
| 2 | 1,24 | 3,08 | 0,01 | 0,39 | 0,02 | 5,54 | 8,08 | 0,40 | 2,34 | 1,89 | 1,0 |
| 3 | 1,35 | 2,45 | 0,02 | 0,69 | 0,02 | 4,69 | 15,55 | 1,24 | 3,06 | 0,79 | 2,99 |
| 4 | 1,26 | 2,81 | 0,03 | 0,88 | 0,03 | 4,27 | 4,46 | 1,31 | 2,80 | 1,68 | 1,71 |
| 5 | 1,20 | 3,03 | 0,05 | 2,66 | 0,04 | 4,82 | 17,05 | 0,75 | 6,17 | 0,94 | 1,13 |
| 6 | 1,31 | 5,02 | 0,13 | 5,40 | 0,03 | 5,31 | 5,74 | 1,01 | 5,71 | 0,27 | 9,96 |
| 7 | 1,16 | 6,32 | 0,14 | 9,68 | 0,04 | 5,60 | 1,09 | 0,53 | 13,08 | 1,08 | 1,99 |
| 8 | 1,16 | 3,51 | 0,06 | 8,38 | 0,03 | 4,70 | 7,71 | 0,75 | 5,11 | 1,05 | 2,96 |

Objaśnienia: 1 – gleba kontrolna, 2 – gleba + obornik, 3 – gleba + 1% osadu, 4 – gleba + 2,5% osadu, 5 – gleba + 5% osadu, 6 – gleba + 10% osadu, 7 – gleba + 20% osadu, 8 – średnio

Tabela 4. Elementy bilansu ołowiu w glebie lekkiej użyźnionej osadem ściekowym**Table 4.** Elements of lead balance in light soil fertilized with sewage sludge

| Wyszczególnienie | Wprowadzenie | | Wyniesienie Pb z plonami roślin | Różnica bilansowa |
|--------------------|----------------------|-------|---------------------------------|-------------------|
| | Pb do gleb z osadami | | | |
| | mg/m ² | | % | mg/m ² |
| Gleba + obornik | 81 | 24,01 | 29,6 | +56,99 |
| Gleba + 1% osadu | 378 | 29,07 | 7,7 | +348,93 |
| Gleba + 2,5% osadu | 945 | 21,25 | 2,2 | +927,75 |
| Gleba + 5% osadu | 1890 | 37,84 | 2,0 | +1852,16 |
| Gleba + 10% osadu | 3780 | 39,89 | 1,0 | +3740,11 |
| Gleba + 20% osadu | 7560 | 40,72 | 0,5 | +7519,28 |

WNIOSKI

1. Zastosowany do użyźnienia gleb lekkich osad ściekowy w najmniejszej dawce wprowadzał ponad czterokrotnie więcej ołowiu niż zastosowany w takiej samej ilości obornik.
2. Na pobranie ołowiu przez rośliny uprawne miał wpływ gatunek rośliny, jej organ (ziarno zbóż, kukurydzy i nasiona rzepaku charakteryzowały się znacznie mniejszą zawartością badanego pierwiastka niż słoma tych roślin), a także dawka osadu zastosowana do użyźnienia gleby.
3. Wynoszenie tego pierwiastka z roślinami rosło, ale w mniejszym tempie niż wielkość dawki osadu.
4. Analiza bilansowa wykazała ponad 130 krotny przyrost ołowiu w glebie z dawką 20% osadu, w porównaniu do gleby nawożonej obornikiem.

PIŚMIENNICTWO

1. **Chłopecka A., Dudka S.:** Wpływ osadów ściekowych na zawartość metali śladowych w glebie i roślinach oraz wymywanie tych pierwiastków z gleby. Zesz. Nauk. AGH w Krakowie, 1367, Sozol. i Sozotech., 31, 79-86, 1991.
2. **Gorlach E.:** Poziom zawartości metali ciężkich w glebie jako wskaźnik możliwości użycia odpadów w produkcji roślinnej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 409, 20-30, 1993.
3. **Gorlach E., Gambuś F.:** Wpływ osadów ściekowych na zawartość metali ciężkich w glebie i roślinach oraz ich przemieszczanie się w profilu glebowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 467, 505-511, 1999.
4. **Kabata-Pendias A., Piotrowska M.:** Pierwiastki śladowe jako kryterium rolniczej przydatności odpadów. IUNG, seria P. (33), Puławy, 1987.
5. **Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., Terelak H., Witek T.:** Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Wytyczne dla rolnictwa. IUNG seria P. (53), Puławy, 1993.
6. **Kalembasa S., Zych Z., Szymaniuk J., Zalewski W.:** Skład chemiczny osadów ściekowych z oczyszczalni w Sokołowie Podlaskim i w Siedlcach w aspekcie ich rolniczego wykorzystania. Archiwum Ochrony Środowiska, 1-2, 73-82, 1987.
7. **Siuta J.:** Przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych. IKŚ, Warszawa, 1988.
8. **Turski R., Wójcikowska-Kapusta A.:** Bilans ołowiu w glebach różnie nawożonych i nawadnianych w doświadczeniu lizymetrycznym. Pamiętniki Puł., 89, 173-183, 1987.

ATTEMPT TO BALANCE LEAD CONTENT IN AGRICULTURALLY CULTIVATED LIGHT SOIL FERTILIZED WITH SEWAGE SLUDGE

A. Wójcikowska-Kapusta, S. Baran, E. Baranowska

Institute of Soil Science and Environmental Management, University of Agriculture
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: akapusta@consus.ar.lublin.pl

Summary. Presented studies concern a six year plot experiment established on podzolic soil developed from sand. Unfertilized and fertilized with manure soils have been used as a control object. Following plants have been grown during the experiment: maize, winter rape, spring, barley, potatoes, cereals mixture and triticale. Total lead content in collected plant and soil samples have been determined. Sewage sludge used at a minimal dose to fertilize light soils introduced four times as much lead as manure used at a some dose. Take out of this element with plants was increasing, but at a slower rate than dose of sludge.

Key words: sewage sludge, plants, light soils, lead, balance.