

Attractiveness of broad bean for *Sitona* spp. in conditions of soil pollution with heavy metals mixtures

Atrakcyjność bobu dla oprzędzików (*Sitona* spp.) w warunkach zanieczyszczenia gleby mieszaninami metali ciężkich

Janina Gospodarek

Summary

The aim of the work was to compare the effect of soil pollution with single heavy metals (Cd, Cu, Pb, Ni, Zn) and its mixtures with zinc and nickel on attractiveness of broad bean for *Sitona* beetles. Soil contamination with mixture of zinc with nickel and mixtures of these metals with cadmium, copper or lead on III level of soils pollution by these metals according to the Institute of Soil Science and Plant Cultivation classification led to a significant decline in attractiveness of broad bean for *Sitona* beetles. Inhibition of feeding in case of mixture of zinc with nickel was much stronger than when these metals were used separately. Mixture of zinc with nickel and periodically also zinc with lead, zinc with cadmium and nickel with copper on II level of pollution according to the Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa classification may reduce feeding of *Sitona* spp.

Key words: *Sitona* spp., *Vicia faba* L., heavy metals, mixtures, soil pollution

Streszczenie

Celem pracy było porównanie wpływu zanieczyszczenia gleby pojedynczymi metalami ciężkimi (Cd, Cu, Pb, Ni i Zn) oraz ich mieszaninami z cynkiem i niklem na atrakcyjność bobu dla chrząszczy oprzędzików (*Sitona* spp.). Zanieczyszczenie gleby mieszaniną cynku z niklem, jak również mieszaninami tych metali z kadmem, miedzią lub ołowiem na poziomie III stopnia zanieczyszczenia gleb tymi metalami, według klasyfikacji Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG) w Puławach, prowadziło do istotnego spadku atrakcyjności bobu dla chrząszczy *Sitona* spp. Efekt hamowania żerowania w przypadku mieszaniny cynku i niklu był o wiele silniejszy aniżeli wtedy, gdy te metale stosowano oddzielnie. Mieszanina Zn z Ni, a okresowo także Zn z Pb, Zn z Cd oraz Ni z Cu na poziomie II stopnia zanieczyszczenia według klasyfikacji IUNG również mogą ograniczać żerowanie oprzędzików.

Słowa kluczowe: *Sitona* spp., *Vicia faba* L., metale ciężkie, mieszaniny, zanieczyszczenie gleby

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
Katedra Ochrony Środowiska Rolniczego
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
rrjgospo@cyf-kr.edu.pl

Wstęp / Introduction

Gleby w Polsce są w niewielkim stopniu zanieczyszczone metalami ciężkimi. Obszary zdegradowane przemysłowo znajdują się głównie na południu kraju (Dudka i wsp. 1995). Pierwiastki te, ze względu na swoją trwałość oraz stabilność połączeń zwłaszcza ze związkami organicznymi, stanowią jeden z najgroźniejszych rodzajów zanieczyszczeń gleby. Oprócz przemysłu, czy motoryzacji poważnym ich źródłem w glebie może być stosowanie w celach nawozowych osadów ściekowych (MAFF 1993), kompostów z odpadów komunalnych lub też niektórych pestycydów. Obecne w zjadanym pokarmie metale ciężkie na ogół oddziałują negatywnie na większość parametrów życiowych fitofagów, obniżając ich przeżywalność, płodność lub rozmiary ciała (Cervera i wsp. 2004; Jhee i wsp. 2006; Mirčić i wsp. 2010). Mogą także modyfikować atrakcyjność roślin dla fitofagów, przy czym jest to uzależnione zarówno od rodzaju metalu, jak i poziomu zanieczyszczenia (Gospodarek 2004, 2006). Metale: Ni, Zn, Se mogą pełnić funkcje obronne w roślinach i przyczynić się do redukcji żerowania fitofagów (Boyd i Moar 1999; Jhee i wsp. 1999; Hanson i wsp. 2004). Na przykładzie tantsia krzyżowiaczka (*Plutella xylostella*) stwierdzono, że mieszaniny metali (Zn + Ni, Pb lub Cd) przyczyniają się w większym stopniu do ograniczenia przeżywalności i przepoczwarzania tego owada, niż wymienione metale stosowane oddzielnie (Jhee i wsp. 2006). We wcześniejszych badaniach odnotowano hamujący wpływ zanieczyszczenia gleby pojedynczymi metalami: cynkiem i niklem na poziomie odpowiadającym III klasie zanieczyszczenia gleb, według klasyfikacji opracowanej przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG) w Puławach (Kabata-Pendias i Piotrowska 1993), na żerowanie chrząszczy oprzędzików na bobie (Gospodarek 2006). Notowano także zróżnicowanie w oddziaływaniu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi stosowanymi oddzielnie i w mieszaninach na ich zawartość w poszczególnych częściach bobu (Gospodarek i Nadgórska-Socha 2010), jak również na plon uzyskanych nasion (Gospodarek 2011).

Celem pracy było porównanie wpływu zanieczyszczenia gleby pojedynczymi metalami ciężkimi (Cd, Cu, Pb, Ni i Zn) oraz ich mieszaninami z cynkiem i niklem na atrakcyjność bobu dla chrząszczy oprzędzików (*Sitona* spp.).

Materiały i metody / Materials and methods

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2007–2008 w miejscowości Zagaje Stradowskie (województwo świętokrzyskie). Bób odmiany Windsor Biały uprawiano w glebie kontrolnej (nie zanieczyszczonej), nie nawożonej mineralnie (K) oraz z dodatkiem soli mineralnych (NPK), jak również nawożonej mineralnie i zanieczyszczonej metalami ciężkimi (kadm, miedzią, ołowiem, niklem i cynkiem) zastosowanymi oddzielnie lub w mieszaninach z cynkiem bądź niklem. Metale ciężkie dodano w formie wodnych roztworów następujących soli: $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$,

$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, CuSO_4 , $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Poziom zanieczyszczenia gleby odpowiadał II i III (obiekty oznaczone odpowiednio: „...II” lub „...III”) klasie zanieczyszczenia gleb według klasyfikacji opracowanej przez IUNG w Puławach (Kabata-Pendias i Piotrowska 1993), z tym, że metale użyte oddzielnie zastosowano wyłącznie w wyższej dawce. Sposób przeprowadzenia doświadczenia oraz informacje dotyczące charakterystyki użytej gleby opisano we wcześniejszych pracach (Gospodarek i Nadgórska-Socha 2010; Gospodarek 2011). Ocenę atrakcyjności bobu dla chrząszczy oprzędzików przeprowadzono licząc ilość wyżerek na liściach oraz mierząc ich powierzchnię. Analizę uszkodzeń przeprowadzono 2-krotnie w 2007 roku i 4-krotnie w 2008 roku, od momentu zauważenia pierwszych uszkodzeń, w odstępach tygodniowych. Istotność różnic pomiędzy średnimi badano, przeprowadzając analizę wariancji jednoczynnikowej z wykorzystaniem programu Statistica 9.0 PL. Średnie różnicowano za pomocą testu NIR Fishera na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

W trakcie prowadzonych badań nie notowano istotnego wpływu metali ciężkich stosowanych do gleby oddzielnie w wyższej dawce na intensywność żerowania oprzędzików w początkowej fazie rozwojowej roślin. Podczas kolejnych obserwacji, zarówno w sezonie 2007, jak i 2008, notowano obniżenie atrakcyjności liści bobu uprawianego na glebie zanieczyszczonej niklem lub cynkiem dla chrząszczy oprzędzików (tab. 1–3). W 2007 roku średnia powierzchnia wyżerek na liściach w tych obiektach była około 2–3-krotnie mniejsza, natomiast ilość wyżerek odpowiednio 1,5–2-krotnie niższa w porównaniu do liści roślin kontrolnych. W roku 2008 relacje te kształtowały się podobnie, chociaż w miarę kontynuacji żerowania oprzędzików na bobie rosnącym w glebie zanieczyszczonej niklem można było odnotować zmniejszanie się różnic w powierzchni wyżerek oraz ich ilości w porównaniu do roślin kontrolnych. Średnia powierzchnia wyżerek na liściu, podczas drugiej obserwacji, była w tym obiekcie około 3-krotnie niższa niż w kontroli, natomiast podczas czwartej obserwacji już tylko 1,5-krotnie niższa, odpowiednio liczba wyżerek na liściu wzrastała, tak, że podczas ostatniej obserwacji była już tylko o około 37% niższa niż w kontroli. Takiej „adaptacji” do ilości zjadanego pokarmu nie notowano natomiast w warunkach zanieczyszczenia gleby cynkiem. Powierzchnia wyżerek na liściach bobu z tego obiektu, w trakcie kolejnych obserwacji była za każdym razem ponad 3-krotnie, a ilość wyżerek ponad 2-krotnie mniejsza w porównaniu do kontroli. W badaniach innych autorów nad oddziaływaniem podwyższonej zawartości cynku w roślinach hyperakumulatora tego pierwiastka *Thlaspi caerulescens* na żerowanie gąsienic *Pieris napi oleracaea* stwierdzono brak istotnych różnic w preferencji roślin w przypadku młodych gąsienic, ale bardzo silne unikanie liści z wysoką zawartością cynku przez starsze gąsienice (Jhee i wsp. 1999).

Tabela 1. Atrakcyjność bobu uprawianego w warunkach gleby zanieczyszczonej metalami ciężkimi dla chrząszczy oprzędzików w 2007 roku

Table 1. Attractiveness of broad bean grown in heavy metal polluted soil for *Sitona* beetles in 2007

Sposoby traktowania gleby Ways of soil treatment	Powierzchnia wyżerek na liściu [mm ²] Area of damages per one leaf [mm ²]		Liczba wyżerek na liściu [szt.] Number of damages per one leaf [pcs]	
	termin – date			
	29.04.07	5.05.07	29.04.07	5.05.07
Cd III*	29,66 a**	56,74 cd	2,57 a	4,25 b
Cu III	45,03 a	69,13 d	4,11 a	4,40 b
Ni III	15,92 a	17,14 a	1,58 a	1,44 a
Pb III	30,29 a	52,33 bcd	2,40 a	2,80 ab
Zn III	39,54 a	26,74 ab	4,50 a	2,00 ab
K	33,03 a	47,13 bc	3,16 a	3,00 ab
NPK	36,02 a	57,96 cd	2,69 a	3,87 b

*III – wyższy poziom zanieczyszczenia (dawki odpowiednio: Cd – 4, Cu – 85, Ni – 110, Pb – 530, Zn – 1000 mg/kg s.m. gleby)

III – higher pollution level (doses respectively: Cd – 4, Cu – 85, Ni – 110, Pb – 530, Zn – 1000 mg/kg d.m. of soil)

**średnie w kolumnach oznaczone takimi samymi literami, nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$

Mean in columns followed by the same letters are not significantly different at $\alpha = 0.05$

Tabela 2. Średnia powierzchnia wyżerek na liściach bobu [mm²/liść] uprawianego w warunkach gleby zanieczyszczonej metalami ciężkimi spowodowana przez chrząszcze oprzędzików w 2008 rokuTable 2. Mean area of damages [mm²/one leaf] caused by *Sitona* beetles on leaves of broad bean grown in heavy metal polluted soil in 2008

Sposoby traktowania gleby Ways of soil treatment	Termin – Date			
	3.05.08	10.05.08	15.05.08	24.05.08
Cd III*	0,00 a**	8,31 e–h	14,27 def	25,19 ghi
Cu III	0,58 a	7,36 d–g	9,72 cde	24,88 ghi
Ni III	0,24 a	3,63 a–d	8,15 a–d	13,99 c–f
Pb III	0,00 a	12,88 h	23,05 g	28,35 i
Zn III	0,00 a	2,87 a–d	6,48 abc	8,56 abc
Ni II + Cd II	0,00 a	6,35 c–f	17,77 fg	22,39 f–i
Ni II + Cu II	0,59 a	5,04 b–f	9,69 cde	16,85 d–g
Ni II + Pb II	0,00 a	6,80 c–f	17,81 fg	28,76 i
Ni II + Zn II	0,34 a	3,17 a–d	6,60 abc	12,13 b–e
Ni III + Cd III	2,80 a	3,82 a–e	10,34 cde	23,99 ghi
Ni III + Cu III	0,00 a	1,22 ab	3,01 ab	5,00 ab
Ni III + Pb III	0,00 a	4,44 a–e	8,60 bcd	14,03 c–f
Ni III + Zn III	0,00 a	0,05 a	2,02 a	2,90 a
Zn II + Cd II	0,00 a	4,33 a–e	15,64 ef	19,42 e–h
Zn II + Cu II	2,33 a	9,60 fgh	16,82 fg	28,48 i
Zn II + Pb II	1,26 a	4,73 a–f	8,14 a–d	11,62 b–e
Zn III + Cd III	0,00 a	2,67 abc	7,30 abc	11,74 b–e
Zn III + Cu III	2,25 a	4,90 b–f	5,18 abc	7,49 abc
Zn III + Pb III	0,00 a	2,57 abc	4,75 abc	10,24 bcd
K	0,21 a	11,67 gh	19,77 fg	32,68 i
NPK	0,12 a	7,83 efg	17,52 fg	27,02 hi

*III – wyższy poziom zanieczyszczenia (dawki jak w tabeli 1); II – niższy poziom zanieczyszczenia (dawki odpowiednio: Cd – 2,25, Cu – 65, Ni – 62,5, Pb – 175, Zn – 350 mg/kg s.m. gleby)

III – higher pollution level (doses as in table 1), II – lower pollution level (doses respectively: Cd – 2.25, Cu – 65, Ni – 62.5, Pb – 175, Zn – 350 mg/kg d.m. of soil)

**średnie w kolumnach oznaczone takimi samymi literami, nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$

Mean in columns followed by the same letters are not significantly different at $\alpha = 0.05$

Podobnie jak w przypadku metali ciężkich zastosowanych oddzielnie, także w przypadku mieszanin, efekt ich działania na żerowanie chrząszczy oprzędzików nie był widoczny w najwcześniejszej fazie rozwojowej roślin (tab. 1, 2). Spośród badanych mieszanin najbardziej negatywnie na żerowanie oprzędzików oddziaływała mieszanina Zn i Ni w wyższej dawce. Spadek atrakcyjności liści bobu z tego obiektu dla chrząszczy *Sitona* spp. był znacznie większy niż w przypadku, gdy bób uprawiany był w glebie zanieczyszczonej tymi metalami oddzielnie. Także w badaniach nad wpływem metali stosowanych oddzielnie lub w mieszaninach na przeżywalność i procent larw tantnisia krzyżowiaczka ulegających przepoczwarczeniu mieszanina cynku z niklem (zwłaszcza przy wyższych dawkach) oddziaływała bardziej toksycznie niż oba te metale stosowane oddzielnie (Jhee i wsp. 2006). W obrębie metali stosowanych oddzielnie, cynk działał bardziej negatywnie niż nikiel (podobnie, jak w przeprowadzonych badaniach). Wymienieni autorzy podobny addytywny efekt mieszanin stwierdzili w przypadku Zn i Pb oraz Zn i Cd. Wyniki badań uzyskane w prezentowanej pracy wskazują

na to, że istotne zmniejszenie powierzchni wyżerek powodowanych przez oprzędziki, jak również ich liczby w odniesieniu do roślin kontrolnych odnotowano także podczas większości obserwacji, na roślinach rosnących w glebie zanieczyszczonej wszystkimi pozostałymi mieszaninami metali zastosowanymi w wyższej dawce. Spośród mieszanin użytych w niższej dawce, najmniej atrakcyjne dla chrząszczy *Sitona* spp. były liście bobu uprawianego na glebie zanieczyszczonej Ni i Zn. Podobnie jak w przypadku roślin rosnących w glebie zanieczyszczonej wyłącznie Ni w wyższej dawce, można było zauważyć wzrost atrakcyjności roślin z tego obiektu w miarę kontynuacji żerowania oprzędzików. Powierzchnia wyżerek podczas drugiej obserwacji była około 3,5-krotnie mniejsza niż na roślinach kontrolnych, a podczas czwartej obserwacji już tylko około 2,5-krotnie mniejsza. Podczas niektórych obserwacji odnotowano także mniejszą ilość i powierzchnię wyżerek na liściach bobu rosnącego w glebie zanieczyszczonej mieszaninami Zn z Pb, Zn z Cd oraz Ni z Cu w niższej dawce.

Tabela 3. Średnia liczba wyżerek na liściach [szt./liść] bobu uprawianego w warunkach gleby zanieczyszczonej metalami ciężkimi spowodowana przez chrząszcze oprzędzików w 2008 roku

Table 3. Mean number of damages [pcs/one leaf] caused by *Sitona* beetles on leaves of broad bean grown in heavy metal polluted soil in 2008

Sposoby traktowania gleby Ways of soil treatment	Termin – Date			
	3.05.08	10.05.08	15.05.08	24.05.08
Cd III*	0,00 a*	1,93 fg	2,52 fgh	3,44 de
Cu III	0,18 a	1,50 c–f	2,37 e–h	3,15 cd
Ni III	0,14 a	1,26 cd	1,86 b–f	2,55 bc
Pb III	0,00 a	2,32 g	3,00 hij	3,83 efg
Zn III	0,00 a	0,83 bc	1,48 a–d	1,80 ab
Ni II + Cd II	0,00 a	1,69 def	2,94 ghi	3,64 def
Ni II + Cu II	0,30 a	1,83 d–g	1,90 b–f	2,58 bc
Ni II + Pb II	0,00 a	1,67 def	2,33 efg	3,51 de
Ni II + Zn II	0,14 a	0,96 bc	1,88 b–f	2,35 b
Ni III + Cd III	0,71 a	1,17 bcd	2,17 def	3,80 efg
Ni III + Cu III	0,00 a	0,56 ab	1,34 abc	2,11 ab
Ni III + Pb III	0,00 a	1,31 cde	2,09 c–f	2,61 bc
Ni III + Zn III	0,00 a	0,05 a	0,77 a	1,10 a
Zn II + Cd II	0,00 a	1,38 c–f	2,41 e–h	3,75 d–g
Zn II + Cu II	0,64 a	2,13 fg	3,00 hij	3,71 def
Zn II + Pb II	0,27 a	1,48 c–f	1,94 b–f	2,53 bc
Zn III + Cd III	0,00 a	1,29 cde	1,77 b–e	2,56 bc
Zn III + Cu III	0,57 a	1,38 c–f	1,54 a–d	1,91 ab
Zn III + Pb III	0,00 a	1,17 bcd	1,22 ab	2,01 ab
K	0,10 a	2,34 g	3,20 ij	4,07 fg
NPK	0,10 a	1,86 efg	3,51 j	4,26 g

*III – wyższy poziom zanieczyszczenia (dawki jak w tabeli 1); II – niższy poziom zanieczyszczenia (dawki odpowiednio: Cd – 2,25, Cu – 65, Ni – 62,5, Pb – 175, Zn – 350 mg/kg s.m. gleby)

III – higher pollution level (doses as in table 1), II – lower pollution level (doses respectively: Cd – 2.25, Cu – 65, Ni – 62.5, Pb – 175, Zn – 350 mg/kg d.m. of soil)

**średnie w kolumnach oznaczone takimi samymi literami, nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$

Mean in columns followed by the same letters are not significantly different at $\alpha = 0.05$

Uzyskane rezultaty można częściowo wyjaśniać oddziaływaniem badanych metali na kondycję rośliny żywicielskiej. Spośród wymienionych mieszanin, na wzrost roślin najbardziej negatywnie oddziaływały Zn w kombinacji z Ni oraz z Cd na wyższym poziomie zanieczyszczenia, prowadząc do nie wykształcenia nasion. Pozostałe mieszaniny metali w wyższej dawce również przyczyniały się do znacznego ograniczenia wzrostu roślin (Gospodarek 2011).

miedzią lub ołowiem na poziomie III stopnia zanieczyszczenia według klasyfikacji IUNG prowadziło do istotnego spadku atrakcyjności bobu dla chrząszczy *Sitona* spp. Efekt hamowania żerowania w przypadku mieszaniny cynku i niklu był o wiele silniejszy niż, gdy te metale stosowano oddzielnie.

2. Mieszanina Zn z Ni, a okresowo także Zn z Pb, Zn z Cd oraz Ni z Cu na poziomie II stopnia zanieczyszczenia gleb według klasyfikacji IUNG również może ograniczać żerowanie oprzędzików.

Wnioski / Conclusions

1. Zanieczyszczenie gleby mieszaniną cynku z niklem, jak również mieszaninami tych metali z kadmem,

Literatura / References

- Boyd R.S., Moar W.J. 1999. The defensive function of Ni in plants: Response of the polyphagous herbivore *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) to hyperaccumulator and accumulator species of *Streptanthus* (*Brassicaceae*). *Oecologia* 118: 218–224.
- Cervera A., Maymo A.C., Martínez-Pardo R., Garcera M.D. 2004. Cadmium effects on development and reproduction of *Oncopeltus fasciatus* (Heteroptera: Lygaeidae). *J. Insect Physiol.* 50: 737–749.
- Dudka S., Piotrowska M., Chłopecka A., Witek T. 1995. Trace metal contamination of soils and crop plants by mining and smelting industry in Upper Silesia, South-West Poland. *J. Geochem. Explor.* 52: 237–250.
- Gospodarek J. 2004. Wpływ pokarmu skażonego różnymi metalami ciężkimi na żerowanie chrząszczy z rodzaju *Sitona* sp. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 501: 135–140.
- Gospodarek J. 2006. Dynamics of *Sitona* sp. beetles feeding on broad beans (*Vicia faba* L. ssp. *maior*) in soil contaminated with heavy metals. *Ecol. Chem. Eng.* 13 (6): 491–496.
- Gospodarek J. 2011. Effect of soil contamination with a mixture of heavy metals on broad bean (*Vicia faba* L.) seed quality. *Ecol. Chem. Eng.* 18 (12): 1651–1658.
- Gospodarek J., Nadgórska-Socha A. 2010. Effect of soil contamination with heavy metals in a mixture with zinc and nickel on their content in broad bean (*Vicia faba* L.) roots and shoots. *Ecol. Chem. Eng.* 17 (12): 1571–1578.
- Hanson B.R., Lindblom S.D., Loeffler M.L., Pilon-Smits E.A.H. 2004. Selenium protects plants from phloem-feeding aphids due to both deterrence and toxicity. *New Phytol.* 162: 655–662.
- Jhee E., Dandridge K., Christy A., Pollard J. 1999. Selective herbivory on low-zinc phenotypes of the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* (*Brassicaceae*). *Chemoecology* 9: 93–95.
- Jhee E., Boyd R., Eubanks M. 2006. Effectiveness of metal-metal and metal-organic compound combinations against *Plutella xylostella*: implications for plant elemental defense. *J. Chem. Ecol.* 32: 239–259.
- Kabata-Pendias A., Piotrowska M. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Wydaw. IUNG Puławy, Seria P, 53 ss.
- MAFF 1993. Review of the rules for sewage sludge application to agricultural land. In: Soil fertility aspects of potentially toxic elements. Report of the Independent Scientific Committee. MAFF Publications. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London, HMSO.
- Mircić D., Janković-Tomanić M., Nenadović V., Franeta F., Lazarević J. 2010. The effects of cadmium on the life history traits of *Lymantria dispar* L. *Arch. Biol. Sci., Belgrade* 62 (4): 1013–1020.