

Reakcja enzymów glebowych i *Festuca rubra* na metale ciężkie

Edyta Boros-Lajszner, Jadwiga Wyszowska, Jan Kucharski

Katedra Gleboznawstwa i Mikrobiologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

WSTĘP

Istotną rolę w stabilizacji funkcji gleby zakłócanych przez metale ciężkie odgrywa właściwy dobór roślin do fitoremediacji i jej wspomaganie nawożeniem organicznym. Natomiast w ocenie jakości środowiska glebowego enzymy stanowią ważny czynnik, który odgrywa kluczową rolę w rozkładzie materii organicznej, reakcjach redoks i obiegu składników odżywczych. Ich działania wskazują na dynamikę zachodzących w glebie procesów biochemicznych.

Celem badań było określenie wpływu Ni^{2+} , Co^{2+} i Cd^{2+} na aktywność enzymów glebowych oraz biomasę *Festuca rubra* i jej wartość opałową, zawartość metali ciężkich w roślinie i glebie.

METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono w czterech powtórzeniach w hali wegetacyjnej w wazonach o pojemności 3.5 dm³. Czynniki zmiennymi były: 1) zanieczyszczenie gleby metalami ciężkimi: Ni^{2+} , Co^{2+} i Cd^{2+} ; 2) dodatek kompostu, w g kg⁻¹: 0 i 10; 3) sposób użytkowania gleby: nieobsiana i obsiana *Festuca rubra*. Poziomy zanieczyszczeń były następujące: kontrola - gleba niezanieczyszczona i 400 mg Ni^{2+} kg⁻¹ gleby, 80 mg Co^{2+} kg⁻¹ gleby i 8 mg Cd^{2+} kg⁻¹ gleby. W dniu zbioru *Festuca rubra* w jej częściach nadziemnych określono wartość opałową biomasy oraz zawartość Ni^{2+} , Co^{2+} i Cd^{2+} , natomiast w korzeniach tylko zawartość wymienionych pierwiastków. Ponadto w glebie oznaczono aktywność dehydrogenazy, katalazy, ureazy, fosfatasy kwaśnej, fosfatasy alkalicznej, β -glukozydazy i arylosulfatazy.

WYNIKI

Aktywność enzymów glebowych została przedstawiona w tabeli 1, natomiast plon części nadziemnych i korzeni *Festuca rubra* i indeks tolerancji (TI) na rysunku 1, zawartość Ni^{2+} , Co^{2+} i Cd^{2+} w częściach nadziemnych i korzeniach *Festuca rubra*, a także w glebie oraz ciepło spalania i wartość opałową *Festuca rubra* w tabeli 2 i 3.

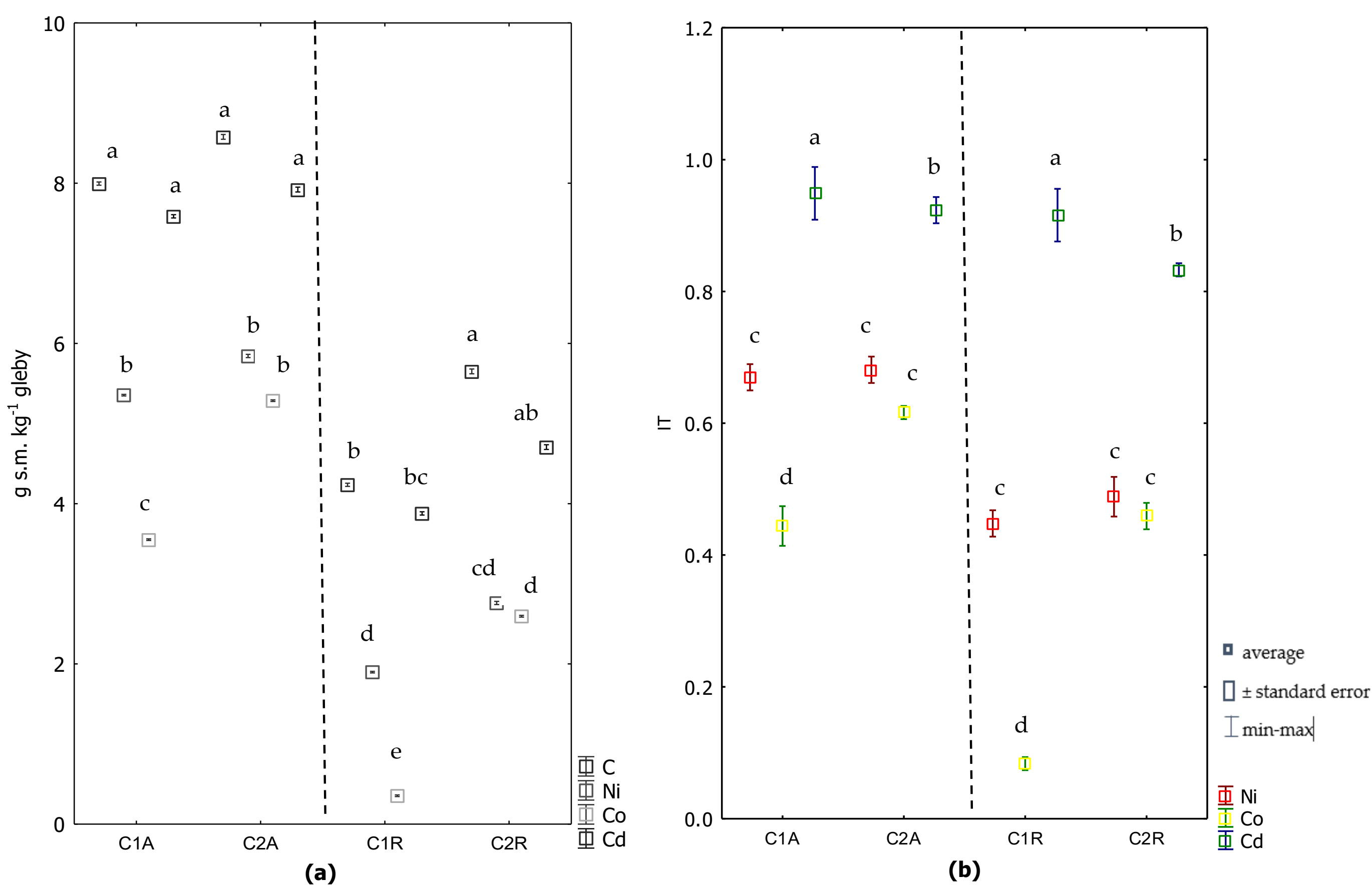
WNIOSKI

- Metale ciężkie wpływały negatywnie na aktywność dehydrogenazy, katalazy, ureazy, fosfatasy kwaśnej, fosfatasy alkalicznej, β -glukozydazy i arylosulfatazy. Największe zakłócenia w aktywności enzymów glebowych powodował Ni^{2+} , a najmniejsze Cd^{2+} . Najbardziej wrażliwym enzymem na wszystkie testowane metale były dehydrogenazy, a najmniej ureaza. Nawożenie kompostem poprawiało właściwości biochemiczne gleby.
- Reakcja *Festuca rubra* na występujące w nadmiarze w glebie metale ciężkie była zróżnicowana. W największym stopniu wzrost i rozwój tej rośliny hamował Co^{2+} , w istotnie mniejszym stopniu - Ni^{2+} i nie wywarł istotnego działania Cd^{2+} . Nawożenie kompostem zwiększało jedynie tolerancję *Festuca rubra* na Co^{2+} .
- Festuca rubra* uprawiana na glebie zanieczyszczonej Ni^{2+} , Co^{2+} i Cd^{2+} posiadała istotnie większą zawartość testowanych metali ciężkich w korzeniach niż w częściach nadziemnych, a nawożenie kompostem zwiększało ich zawartość w obydwu organach.
- Wartość opałowa *Festuca rubra* pozostała stabilna i nie była modyfikowana przez nadmierne zawartości Ni^{2+} , Co^{2+} i Cd^{2+} w glebie. Właściwość ta promuje tę roślinę w implementacji na glebach zanieczyszczonych metalami ciężkimi i wykorzystaniu nadziemnej biomasy w ekoenergetyce.

Tabela 1. Aktywność enzymów w 1 kg s.m. gleby zanieczyszczonej metalami ciężkimi w czasie 1 h.

Metal ciężki	Dehydrogenazy $\mu\text{mol TFF kg}^{-1}$		Katalaza mol O_2		Ureaza mmol N-NH_4		Fosfatasa kwaśna		Fosfatasa alkaliczna		β -glukozydaza		Arylosulfataza	
	O	NO	O	NO	O	NO	O	NO	O	NO	O	NO	O	NO
Gleba nienawożona kompostem														
C	4.15 ^c	1.98 ^{fg}	0.23 ^{bc}	0.20 ^{bc}	0.73 ^e	0.54 ^g	1.39 ^{de}	1.20 ^{fg}	0.44 ^{fg}	0.29 ^{gh}	1.18 ^b	1.12 ^{ef}	0.19 ^b	0.09 ^{ef}
Ni^{2+}	1.41 ^{gh}	0.61 ⁱ	0.22 ^{bc}	0.18 ^{bc}	0.82 ^d	0.50 ^g	1.03 ^{hi}	1.00 ⁱ	0.78 ^{bc}	0.21 ^h	1.13 ^e	1.095 ^h	0.16 ^{cd}	0.08 ^{fg}
Co^{2+}	2.91 ^e	1.45 ^{gh}	0.21 ^{bc}	0.20 ^{bc}	0.69 ^{ef}	0.69 ^{ef}	1.44 ^{de}	1.42 ^{de}	0.79 ^{bc}	0.30 ^{gh}	1.13 ^e	1.072 ⁱ	0.17 ^{bc}	0.07 ^g
Cd^{2+}	3.95 ^{cd}	1.76 ^{fg}	0.21 ^{bc}	0.17 ^c	0.69 ^{ef}	0.65 ^f	1.07 ^{ghi}	1.04 ^{hi}	0.61 ^{de}	0.58 ^{def}	1.11 ^{fgh}	1.099 ^h	0.18 ^b	0.07 ^g
Gleba nawożona kompostem														
C	7.02 ^a	2.05 ^f	0.30 ^a	0.23 ^{bc}	1.03 ^a	0.69 ^{ef}	2.20 ^a	1.50 ^d	0.79 ^{bc}	0.41 ^g	1.32 ^a	1.128 ^e	0.22 ^a	0.15 ^d
Ni^{2+}	2.05 ^f	0.94 ^{hi}	0.25 ^{ab}	0.21 ^{bc}	0.84 ^d	0.50 ^g	1.14 ^{gh}	1.12 ^{ghi}	1.41 ^a	0.45 ^{efg}	1.13 ^{de}	1.104 ^{gh}	0.18 ^b	0.09 ^{ef}
Co^{2+}	3.52 ^d	1.63 ^{fg}	0.22 ^{bc}	0.23 ^{bc}	0.91 ^c	0.69 ^{ef}	1.74 ^c	1.72 ^c	0.80 ^{bc}	0.65 ^{cd}	1.14 ^{cd}	1.120 ^{ef}	0.21 ^a	0.10 ^e
Cd^{2+}	5.45 ^b	2.10 ^f	0.25 ^{ab}	0.22 ^{bc}	1.00 ^{ab}	0.95 ^{bc}	2.02 ^b	1.31 ^{ef}	0.89 ^b	0.71 ^{cd}	1.15 ^c	1.116 ^{efg}	0.21 ^a	0.10 ^{ef}

Dawka metali ciężkich w 1 kg s.m. gleby: C – kontrola; Ni^{2+} – 400 mg; Co^{2+} – 80 mg; Cd^{2+} – 8 mg; O – gleba obsiana; NO – gleba nieobsiana. Te same litery (a–i) w kolumnach są przypisane do tych samych grup jednorodnych.



Rys. 1. Plon części nadziemnych i korzeni *Festuca rubra* uprawianej na glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi (g s.m. kg⁻¹ gleby) (a) i indeks tolerancji tej rośliny na metale ciężkie (b). C0 – nienawożone kompostem; C1 – nawożone kompostem; A – części nadziemne; R – korzenie.

Tabela 2. Zawartość Ni^{2+} , Co^{2+} i Cd^{2+} w częściach nadziemnych i korzeniach *Festuca rubra* oraz w glebie w mg kg⁻¹ s.m. rośliny/gleby.

Rodzaj metalu	Części nadziemne	Korzenie	Gleba
Gleba niezanieczyszczona metalami, nienawożona kompostem			
Ni^{2+}	3.34 ^g	8.59 ^f	7.55 ^f
Co^{2+}	5.00 ^e	5.00 ^h	9.75 ^e
Cd^{2+}	0.17 ^k	0.82 ^j	0.60 ⁱ
Gleba zanieczyszczona metalami, nienawożona kompostem			
Ni^{2+}	17.34 ^b	73.53 ^d	320.03 ^b
Co^{2+}	7.45 ^d	99.04 ^b	51.49 ^d
Cd^{2+}	1.68 ^j	2.07 ⁱ	1.53 ^j
Gleba niezanieczyszczona metalami, nawożona kompostem			
Ni^{2+}	2.00 ^h	13.30 ^e	5.39 ^h
Co^{2+}	5.00 ^e	6.81 ^g	9.50 ^e
Cd^{2+}	0.97 ^j	0.84 ^f	0.60 ⁱ
Gleba zanieczyszczona metalami, nawożona kompostem			
Ni^{2+}	27.39 ^a	82.55 ^c	328.04 ^a
Co^{2+}	14.45 ^c	101.07 ^a	58.53 ^c
Cd^{2+}	3.73 ^f	5.12 ^h	6.55 ^g

Objaśnienia podano po tabelę 1. Te same litery (a–j) w kolumnach są przypisane do tych samych grup jednorodnych.

Tabela 3. Ciepło spalania i wartość opałowa *Festuca rubra*.

Metal ciężki	Ciepło spalania (Q)	Wartość opałowa (Hv)	Energia biomasy uzyskana z 1 kg gleby (Y_{EP}) MJ
	MJ kg ⁻¹ powietrznie suchej masy roślin		
Gleba nienawożona kompostem			
C	18.21 ^{bc}	16.31 ^{ab}	0.13 ^{ab}
Ni^{2+}	18.21 ^{bc}	16.31 ^{ab}	0.09 ^{bc}
Co^{2+}	18.45 ^{ab}	16.65 ^a	0.06 ^c
Cd^{2+}	18.50 ^{ab}	16.45 ^{ab}	0.13 ^{ab}
Gleba nawożona kompostem			
C	18.14 ^{bc}	16.31 ^{ab}	0.14 ^a
Ni^{2+}	17.70 ^c	15.92 ^b	0.09 ^{bc}
Co^{2+}	18.58 ^a	16.79 ^a	0.09 ^{bc}
Cd^{2+}	18.40 ^{ab}	16.56 ^{ab}	0.13 ^{ab}

Objaśnienia podano po tabelę 1. Te same litery (a–c) w kolumnach są przypisane do tych samych grup jednorodnych.