



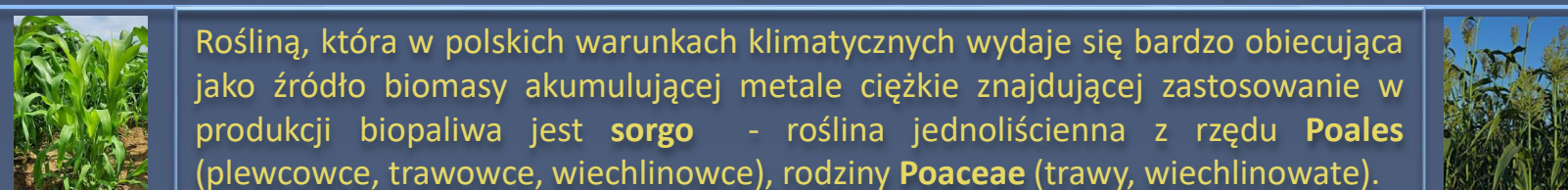
Wskaźniki ekofizjologiczne w glebie ryzosferowej sorgo (*Sorghum bicolor*) zanieczyszczonej metalami przy wykorzystaniu dwóch biostymulantów

Karolina Jaros¹, Karolina Jaros¹, Jolanta Jaroszuk-Ścisiel¹, Piotr Sugier¹,
Jaco Vangronsveld², Małgorzata Wójcik¹

¹Instytut Nauk Biologicznych, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie,
²Environmental Biology Centre for Sciences, Hasselt University, Belgium

Wstęp

Metale ciężkie nie ulegają biodegradacji, co skutkuje ich długotrwałą obecnością w środowisku, do którego dostają się głównie w wyniku działalności gospodarczej związanej z wydobyciem i przetwarzaniem rud metali. Toksyczność metali w glebie często wyklucza możliwość rolniczego wykorzystania gleb lub wpływa niekorzystnie na plon roślin pod względem ilościowym i jakościowym zaburzając procesy fizjologiczne i metaboliczne a w konsekwencji wzrost i rozwój roślin. Do najefektywniejszych meto remediacji gleb skażonych metalami ciężkimi należy fitoremediacja. **Fitoremediacja**, obejmująca szereg mechanizmów, wykorzystuje procesy fizjologiczne roślin do oczyszczania środowiska i zwiększenia bezpieczeństwa łańcucha żywnościowego. Dąży się do dobrania gatunków i odmian roślin, które w glebach skażonych uzyskują wielką biomasa a jednocześnie zwiążą w niej wysokie stężenia metali. **Biomasa roślinna** otrzymana w uprawie na glebach skażonych metalami ciężkimi nie może być wykorzystywana jako żywność natomiast powinna być użyta **do produkcji biopaliw** zgodnie z dyrektywą Komisji Europejskiej (RED II). **Celem badań** było wykazanie efektywności uzyskiwania biomasy sorgo w uprawie traktowanej dwoma biostymulantami na glebie skażonej metalami, określenie zdolności wiązania metali przez biomasę oraz stanu ekofizjologicznego gleby w zależności od zastosowanego biostymulanta i okresu wegetacji (lipiec, wrzesień).



Rośliną, która w polskich warunkach klimatycznych wydaje się bardzo obiecująca jako źródło biomasy akumulującej metale ciężkie znajdującej zastosowanie w produkcji biopaliwa jest **sorgo** - roślina jednoliścienna z rzędu **Poales** (plewcowce, trawowce, wiechlinowce), rodziny **Poaceae** (trawy, wiechlinowate).

Materiały i Metody

Uprawę poletkową *Sorghum bicolor* L. bicolor odmiany Bulldozer założono w maju 2023 r. przy hałdzie odpadów cynkowo-olowiowych w Piekarach Śląskich.

Na obszarze 0,2 ha założono poletka o wymiarach 8 x 8 m² w liczbie 9, z 11 rzędami co 50 cm, w 3 powtórzeniach.

Zawartość w glebie (wytworzonej z gliny pylastej 8.4% il, 60% pyl, 31% piasek) metali ciężkich Zn, Pb i Cd kilkadziesiąt razy przekraczała normy [Tab. 1].

Nasiona sorgo wysiano w ostatnim tygodniu maja, preparaty H-kwasu humusowego (Lonite) i M-grzyby endomykoryzowe (Symbivit) wprowadzono w maju i czerwcu, próby gleb ryzosferowych (R) i nieryzosferowych (NR) pobrano w lipcu i we wrześniu, czyli w 8. i 16. tygodniu. Określono parametry roślin i stężenie metali w biomasie.

Aktywność metaboliczną prób glebowych analizowano za pomocą testu EcoPlate wyznaczając wskaźniki ekofizjologiczne na podstawie zdolności do wykorzystania 30 substratów oraz wartości wyliczonych dla poszczególnych grup substratów.

MAJ → CZERWIEC → LIPIEC → SIERPIEŃ → WRZESIEŃ



Tab. 1. Zawartość metali w glebie poletkowej w porównaniu z normami

| Metal ciężki | Stężenie w glebie poletkowej (mg kg ⁻¹) | Norma stężenia dla gleby uprawnej (mg kg ⁻¹) |
|--------------|---|--|
| Zn | 8057,0 | 300 |
| Pb | 2340,0 | 100 |
| Cd | 94,1 | 4 |

Wyniki

Sorgo uprawiane na poletkach zlokalizowanych przy hałdzie odpadów cynkowo-olowiowych osiągnęło po 16. tygodniach wegetacji (we wrześniu) ogromną wysokość (ok. 3,5-4,0 m) i biomasa [Rys. 1].

W wersjach doświadczalnych traktowanych biostymulantami - kwasy humusowe (H) oraz jednocześnie H i preparatem endomykoryzowym (M) – HM, plon był znacząco (o ponad 20%) i statystycznie istotnie wyższy niż plon sorgo nie traktowanego biostymulantami - kontrola (K) [Rys. 1].

W biomasie części nadziemnej sorgo określono stężenie Zn, Pb i Cd [Tab. 2 i Rys. 1, Rys. 2] a najwyższe zawartości Pb i Cd stwierdzono w roślinach traktowanych dwoma biostymulantami (HM), chociaż różnice pomiędzy wersjami H i HM nie były statystycznie istotne.

Zdolność do wiązania przez biomasę sorgo tych metali ciężkich przekłada się na wielkość puli tych pierwiastków jaka może być usuwana ze skażonej gleby wraz z plonem, co zaprezentowano w przeliczeniu na ha [Tab. 2, Rys. 2].

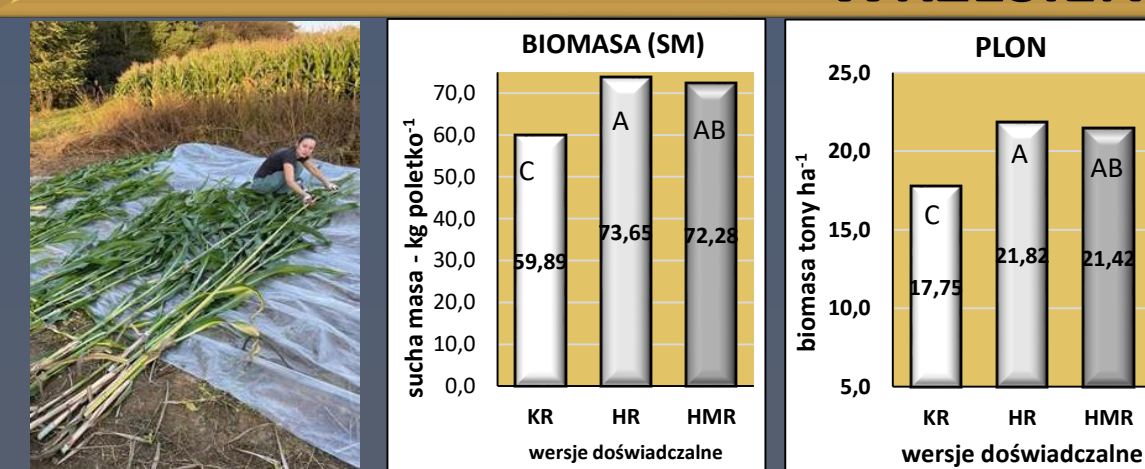
W próbach gleb pobranych we wrześniu [Rys. 3B] aktywność metaboliczna mierzona w testach EcoPlate zdolnością wykorzystania substratów przez mikroorganizmy glebowe i wyrażona wskaźnikiem AWCD była znacząco wyższa niż w lipcu [Rys. 3A].

W glebie ryzosferowej (R) sorgo wartości wskaźnika AWCD były znacząco, w zakresie 114-147% w lipcu [Rys. 4A] i 120-179% [Rys. 4B] we wrześniu, wyższe niż w glebie nieryzosferowej (NR).

Wartości AWCD były w obu okresach wegetacji najwyższe w wersji z biostymulantem H-kwasami humusowymi a w 3. lokalizacji przy połączeniu aplikacji kwasów humusowych (H) z preparatem mykoryzowym (M) - (HM) [Rys. 3AB, 4AB].

Szczególnie intensywnie wykorzystywane były węglowodany i kwasy karboksylowe a najsilniej w lipcu [Rys. 5A] w wersji doświadczalnej H i HM w lokalizacji 1. i 2. oraz we wrześniu w lokalizacji 1. [Rys. 5B].

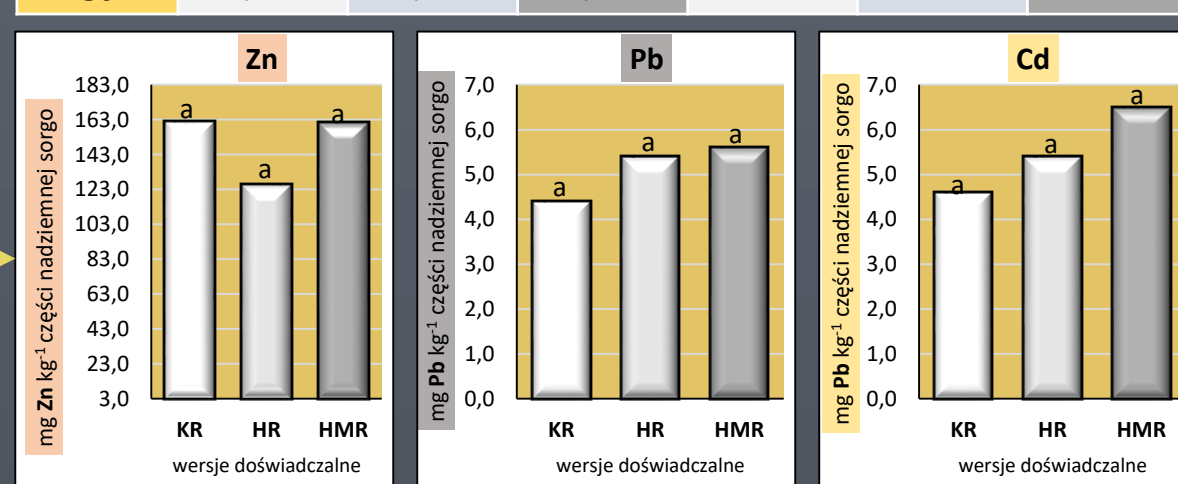
WRZESIEŃ



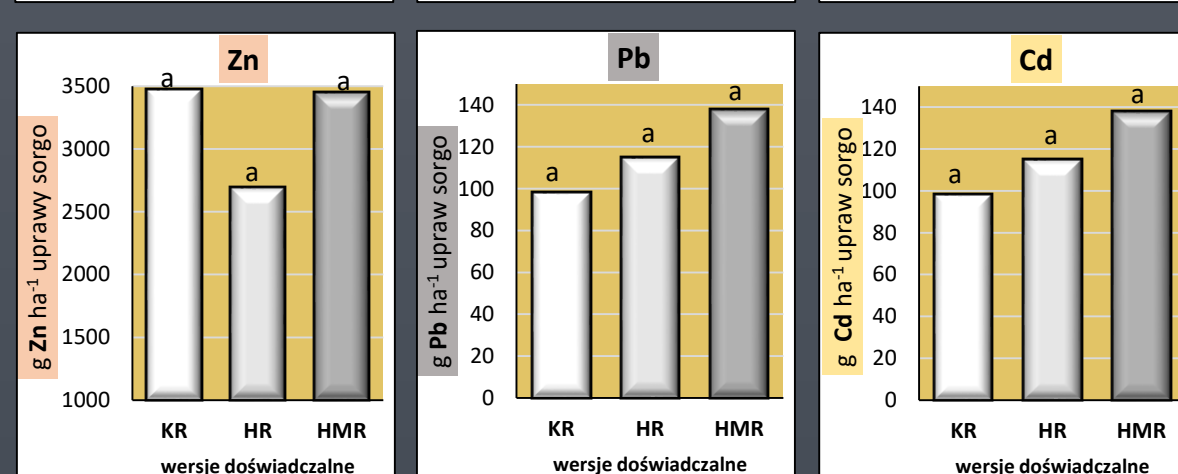
Rys. 1. Wysokość, biomasa i plon sorgo po 16. tygodniach wegetacji (wrzesień) w trzech wersjach doświadczalnych: KR, HR i HMR

| Metal ciężki | mg metalu kg ⁻¹ części nadziemnej sorgo | | | g metalu ha ⁻¹ uprawy sorgo | |
|--------------|--|---------|---------|--|------|
| | KR | HR | HMR | HR | HMR |
| Zn | 162,2 a | 125,7 a | 161,1 a | 3474 | 2692 |
| Pb | 4,4 a | 5,4 a | 5,6 a | 95 | 117 |
| Cd | 4,6 a | 5,4 a | 6,5 a | 98 | 115 |

Tab. 2. Zawartość metali w częściach nadziemnych sorgo po 16. tygodniach wegetacji (wrzesień) i przeliczenie na ha uprawy sorgo puli metali wynoszonych z plonem w trzech wersjach doświadczalnych



Rys. 1. Zawartość Zn, Pb i Cd w częściach nadziemnych sorgo po 16. tygodniach wegetacji (wrzesień) i przeliczenie na ha uprawy sorgo puli metali wynoszonych z plonem w trzech wersjach doświadczalnych: KR, HR i HMR



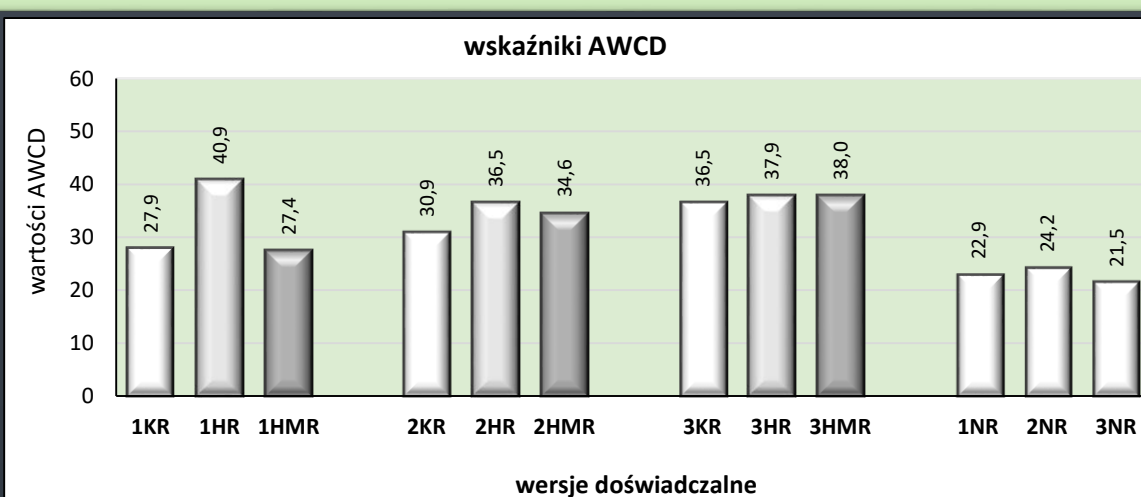
Rys. 2. Przeliczenie na ha uprawy sorgo puli Zn, Pb i Cd wynoszonych z plonem w biomasie częściach nadziemnych 16. tygodniowych roślin w trzech wersjach doświadczalnych: KR, HR i HMR

| Metal ciężki | mg metalu kg ⁻¹ części nadziemnej sorgo | | | g metalu ha ⁻¹ uprawy sorgo | |
|--------------|--|-------|-------|--|-------|
| | KR | HR | HMR | KR | HMR |
| Zn | 100 | 77,5 | 99,3 | 100 | 77,5 |
| Pb | 100 | 122,7 | 127,3 | 100 | 122,7 |
| Cd | 100 | 117,4 | 141,3 | 100 | 117,4 |

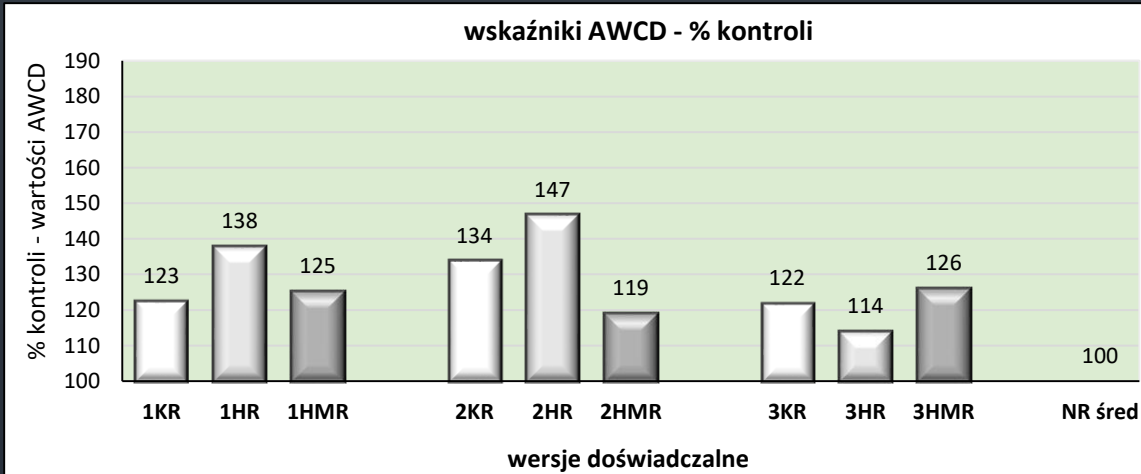
Tab. 2. Procent (%) zawartości metali w częściach nadziemnych sorgo po 16. tygodniach wegetacji (wrzesień) w wersjach traktowanych biostymulantami H i HM w stosunku do kontroli bez biostymulanta.

LIPIEC

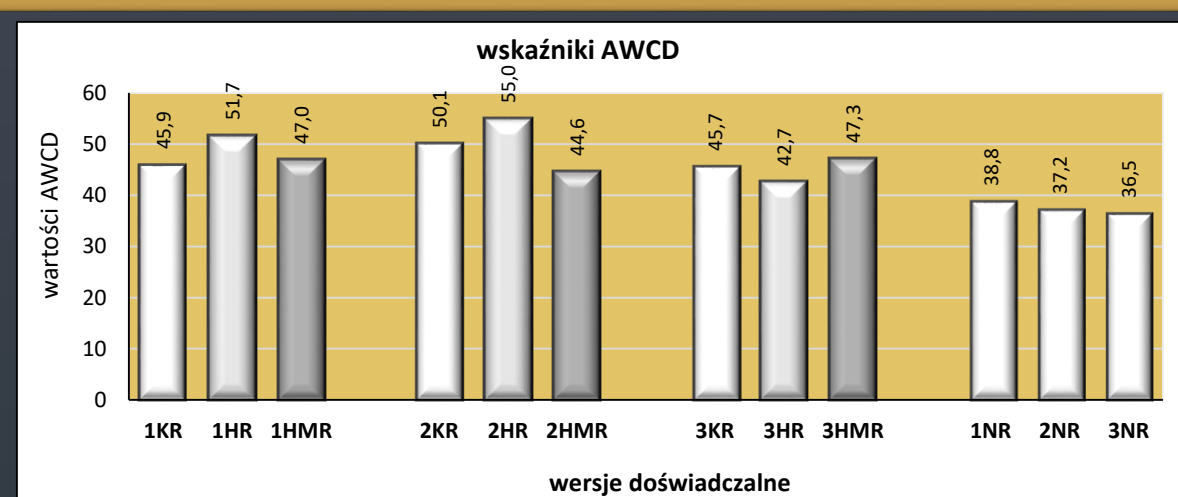
Rys. 3A. Wskaźniki AWCD w próbach gleb ryzosferowych (R) i nieryzosferowych (NR) pobranych po 8. tygodniach wegetacji sorgo (lipiec) w trzech wersjach doświadczalnych: K, H i HM i trzech lokalizacjach/powtórzeniach



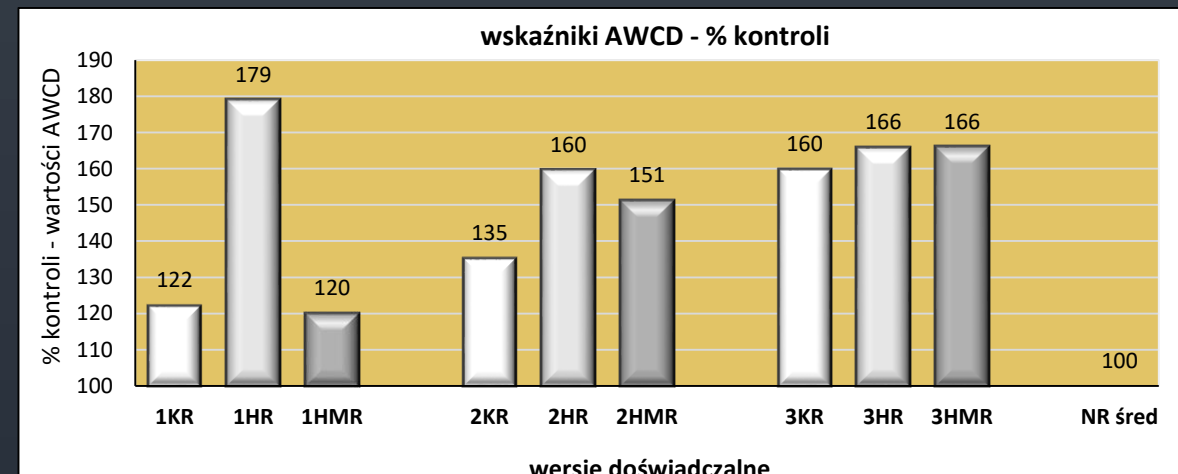
Rys. 4A. Procentowa wartość wskaźników AWCD w próbach gleb ryzosferowych (R) w stosunku do średniego wskaźnika dla gleby nieryzosferowej (NR) pobranych po 8. tygodniach wegetacji sorgo (wrzesień) w trzech wersjach doświadczalnych: K, H i HM i trzech lokalizacjach/powtórzeniach



WRZESIEŃ

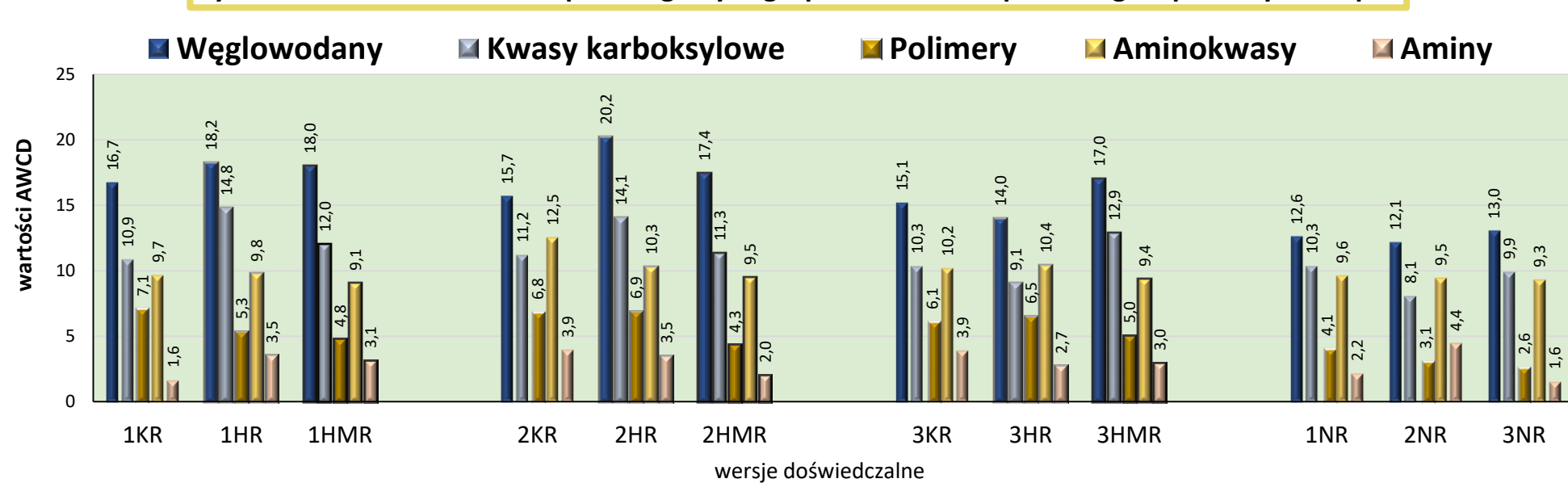


Rys. 3B. Wskaźniki AWCD w próbach gleb ryzosferowych (R) i nieryzosferowych (NR) pobranych po 16. tygodniach wegetacji sorgo (wrzesień) w trzech wersjach doświadczalnych: K, H i HM i trzech lokalizacjach/powtórzeniach

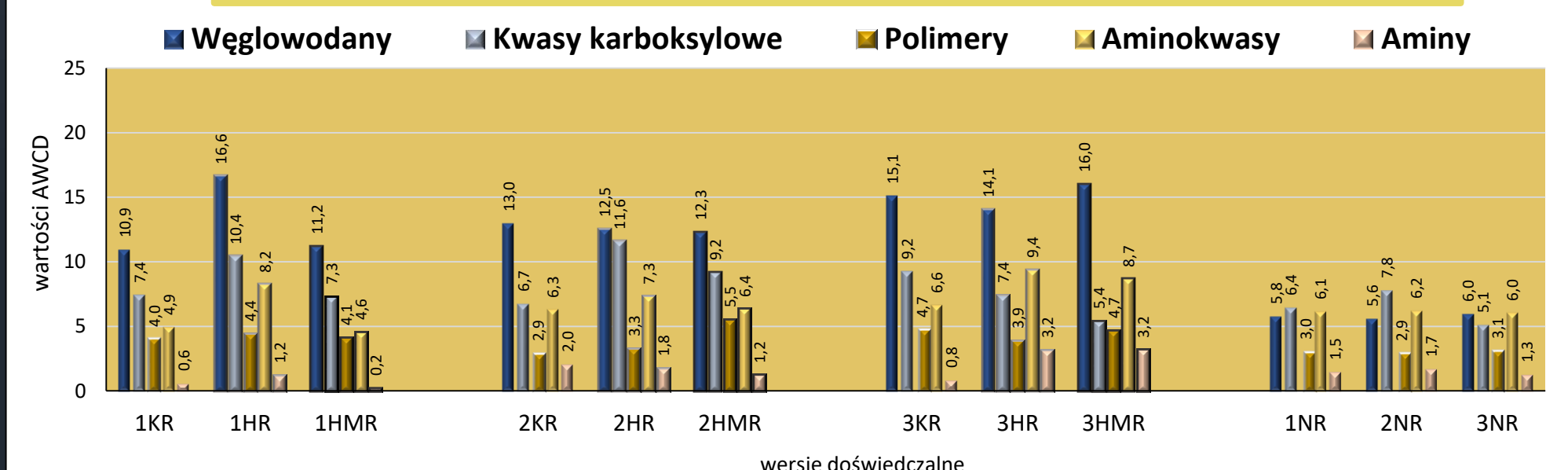


Rys. 4B. Procentowa wartość wskaźników AWCD w próbach gleb ryzosferowych (R) w stosunku do średniego wskaźnika dla gleby nieryzosferowej (NR) pobranych po 16. tygodniach wegetacji sorgo (wrzesień) w trzech wersjach doświadczalnych: K, H i HM i trzech lokalizacjach/powtórzeniach

Rys. 5A. Wskaźniki AWCD dla poszczególnych grup substratów w próbach gleb pobranych w lipcu



Rys. 5B. Wskaźniki AWCD dla poszczególnych grup substratów w próbach gleb pobranych we wrześniu



Wnioski

- Wybrana do badań roślina - sorgo (*Sorghum sudanense* var. *bicolor*) odmiany Bulldozer dawała bardzo wysokie plony w uprawie na glebie silnie zanieczyszczonej metalami ciężkimi, przy czym na plon roślin pozytywnie wpływało traktowanie dwoma zastosowanymi biostymulantami - preparatem kwasów humusowych Lonite (H) stosowanym samodzielnie jak również w połączeniu z preparatem endomykoryzowym Symbivit (M),
- Sorgo poddane działaniu biostymulantów efektywniej wiązało ołów i kadm, co może przekładać się na silne usuwanie tych pierwiastków z gleby wraz z plonem sorgo,
- Oddziaływanie wydzielin korzeniowych sorgo w glebie ryzosferowej jak i biostymulantów na wzrost roślin i zdolność wiązania metali może być związane z mechanizmem stymulacji aktywności metabolicznej mikroorganizmów glebowych określanej w testach EcoPlate na podstawie efektywności wykorzystania substratów i wyrażana wskaźnikiem (AWCD). Aktywność metaboliczna była szczególnie intensywnie wykorzystywana w próbach traktowanych kwasami humusowymi (H) i głównie związana z metabolizmem węglowodanów.