



UNIwersytet  
PRZYRODNICZY  
WE WROCLAWIU

WYDZIAŁ PRZYRODNICZO-TECHNOLOGICZNY

**mgr inż. Magdalena Srebnik**

**Wpływ wybranych biopreparatów na plonowanie i skład chemiczny  
owsa nagiego (*Avena nuda* L.)**

Effect of selected biofertilizers on yield and chemical composition of naked  
oats (*Avena nuda* L.)

**Praca doktorska  
wykonana pod kierunkiem:  
Promotor: Prof. dr hab. inż. Zofia Spiak  
Promotor pomocniczy: dr inż. Krzysztof Gediga**

**Wrocław, rok 2023**

*Składam serdeczne podziękowania Pani Profesor Zofii Spiak oraz  
Panu Doktorowi Krzysztofowi Gedidze, za poświęcony czas  
i wielkie pokłady cierpliwości.*

## **Spis treści**

<b>1</b>	<b>Wstęp</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Przegląd Literatury</b> .....	<b>10</b>
2.1	Charakterystyka owsa i jego uprawa .....	10
2.1.1	Odmiany nieoplewione i oplewione .....	10
2.1.2	Wymagania pokarmowe i potrzeby nawozowe .....	11
2.1.3	Znaczenie gospodarcze .....	12
2.2	Preparaty zwiększające wykorzystanie składników pokarmowych z gleby .....	13
2.2.1	Preparaty na polskim rynku.....	14
2.2.2	Preparaty dolistne.....	15
2.2.3	Substancje biostymulujące.....	16
2.3	Uwarunkowania prawne obrotu biopreparatami .....	27
<b>3</b>	<b>Hipotezy badawcze i cel pracy</b> .....	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>Metodyka prowadzenia badań</b> .....	<b>29</b>
4.1	Materiały badawcze.....	29
4.1.1	Materiał siewny owsa .....	29
4.1.2	Biopreparaty.....	31
4.2	Doświadczenia wazonowe .....	33
4.3	Analizy chemiczne .....	35
4.4	Metody statystyczne.....	36
<b>5</b>	<b>Wyniki Badań</b> .....	<b>37</b>
5.1	Ocena biopreparatów do zaprawiania ziarna .....	37
5.1.1	Plonowanie i skład chemiczny owsa .....	37
5.2	Ocena biopreparatów do stosowania dolistnego .....	57
5.2.1	Plonowanie i skład chemiczny owsa .....	57
5.2.2	Zawartość mikroskładników .....	72
5.3	Ocena biopreparatów do stosowania dolistnego i zaprawiania ziarna .....	75
5.3.1	Plonowanie i skład chemiczny owsa .....	75
<b>6</b>	<b>Dyskusja wyników</b> .....	<b>94</b>
<b>7</b>	<b>Wnioski</b> .....	<b>98</b>
<b>8</b>	<b>Wykaz literatury</b> .....	<b>99</b>

## **STRESZCZENIE**

Podstawą przygotowania pracy doktorskiej były trzy doświadczenia wazonowe przeprowadzone w Hali Wegetacyjnej Katedry Żywienia Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

W badaniach wykorzystano owies nagi (*Avena nuda* L.) – 5 odmian oraz owies oplewiony (*Avena sativa* L.) 2 odmiany. Celem badań była ocena możliwości wykorzystania w uprawie owsa nagiego biopreparatów, które byłyby skuteczne w poprawie plonowania tej formy owsa oraz w kształtowaniu dobrych cech jakościowych ziarna, w porównaniu z tradycyjnym nawożeniem mineralnym. Badania miały również na celu ocenić wykorzystanie składników pokarmowych przez rośliny w warunkach stosowania tych biopreparatów

W pierwszym z doświadczeń wykorzystano preparat bakteryjny Akra N- Bakterien Azoarcus, którym zaprawiano ziarno owsa przed wysiewem. W schemacie doświadczenia uwzględniono także dodatek dawki startowej azotu, który zgodnie z charakterystyką preparatu powinien stymulować namnażanie się tych bakterii w glebie.

W doświadczeniu drugim wykorzystano biopreparaty przeznaczone do stosowania dolistnego – Bombardier i BioFol Plex, którymi zgodnie z instrukcją producenta opryskiwano rośliny trzykrotnie w okresie wegetacji – w fazie krzewienia, kłoszenia i kwitnienia. W schemacie doświadczenia uwzględniono także obiekt z kontrolowanym niedoborem wody, utrzymując na nim wilgotność gleby na poziomie 30 % połowej pojemności wodnej.

W doświadczeniu trzecim wykorzystano biopreparat do stosowania doglebowego – Akra Kombi, samodzielnie oraz z mieszaniną bakterii, którą jak w doświadczeniu pierwszym zaprawiano ziarno przed siewem. W tym schemacie również uwzględniono obiekt z niedoborem wody w podłożu.

We wszystkich doświadczeniach obiektami porównawczymi były – obiekt zerowy (bez nawożenia) oraz obiekt na którym stosowano nawożenie mineralne. Wszystkie doświadczenia prowadzono w czterech powtórzeniach, a przedstawione wyniki stanowią średnią z trzech lat badań.

W badaniach laboratoryjnych wykorzystano próbki ziarna i słomy. Określono plon ziarna i słomy, oznaczono zawartość azotu, fosforu, potasu i magnezu, a spośród mikroelementów żelaza, manganu, miedzi i cynku. Obliczono pobranie makroskładników wraz z ziarnem i słomą.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie według programu Statistica, wersja 13.1. Na podstawie wieloczynnikowej analizy wariancji, wyszczególniono grupy jednorodne za pomocą testu Tukeya.

Zastosowanie preparatów bez zasilenia roślin dawką startową azotu nie zwiększało plonów owsa. Po dodaniu dawki startowej, plony istotnie wzrosły, jednak nie osiągnęły wysokości porównywalnej do nawożenia mineralnego. Niedobór wody ograniczał plonowanie wszystkich odmian owsa. Odmiany oplewione osiągały nieznacznie wyższe plony niż odmiany nagie. Spośród pięciu odmian owsa nagiego jako najbardziej przydatną do uprawy w warunkach stosowania biopreparatów wskazano odmianę Amant a najmniej przydatne Polar i Maczo.

Stwierdzono że badane biopreparaty nie zdołają zastąpić nawożenia mineralnego w uprawie owsa nagiego na dużych powierzchniach, jednak mogą być wykorzystane w uprawach ekologicznych gdzie startowa dawka azotu może być wprowadzona do gleby w formie organicznej.

**Słowa kluczowe : owies nagi, biopreparaty, plony, jakość ziarna, wykorzystanie składników**

## **ABSTRACT**

The basis for the preparation of the doctoral thesis were three pot experiments carried out in the Vegetation Hall of the Department of Plant Nutrition of the Wrocław University of Environmental and Life Sciences.

In this research 5 varieties of Naked oats (*Avena nuda* L.) and two varieties of hulled oats (*Avena sativa* L.) were used.

The aim of the research was to assess the possibility of using biopreparations in the cultivation of naked oat, which would be effective in improving the yield of this form of oat and in shaping good quality characteristics of the grain, in comparison with traditional mineral fertilization. The research was also aimed at assessing the use of nutrients by plants under the conditions of using these biopreparations

In the first of the experiments, the bacterial preparation Akra N-Bakterien Azoarcus was used, which was treated with oat grain before sowing. The experiment scheme also included the addition of a starting dose of nitrogen, which, according to the product's characteristics, should stimulate the proliferation of these bacteria in the soil.

In the second experiment, biopreparations intended for foliar application - Bombardier and BioFol Plex - were used, which, according to the manufacturer's instructions, were sprayed three times during the vegetation period - at the stage of tillering, heading and flowering. The experiment scheme also included an object with controlled water deficiency, maintaining soil moisture at the level of 30% of field water capacity.

In the third experiment, a biopreparation for soil application was used - Akra Kombi, alone and with a mixture of bacteria, which, as in the first experiment, was treated with grain before sowing. This scheme also includes an object with a shortage of water in the substrate.

In all experiments, the comparison objects were the zero object (without fertilization) and the object on which mineral fertilization was applied. All experiments were carried out in four replicates, and the results presented are the average of three years of research. Samples of grain and straw were used in laboratory tests. The yield of grain and straw was determined, as well as the content of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium, and among the microelements, iron, manganese, copper and zinc. The uptake of macronutrients with grain and straw was calculated.

The obtained results were statistically processed using the Statistica program, version 13.1. Based on multivariate analysis of variance, homogeneous groups were specified using Tukey's test.

Application of the preparations without supplying the plants with the starting dose of nitrogen did not increase oat yields. After adding the starting dose, the yields increased significantly, but did not reach the level comparable to mineral fertilization. Water shortage limited the yield of all oat varieties. The hulled cultivars achieved slightly higher yields than the naked cultivars. Among the five varieties of naked oat, the Amant cultivar was indicated as the most useful for cultivation under the conditions of biopreparation application, while the Polar and Maczo cultivars were the least useful.

It was found that the tested biopreparations cannot replace mineral fertilization in the cultivation of naked oats on large areas, but they can be used in organic farming where the starting dose of nitrogen can be introduced to the soil in an organic form.

**Key words: naked oats, biopreparations, yields, grain quality, the efficiency of nutrients**

## **1 WSTĘP**

---

Wzrastająca od szeregu lat populacja ludności i konieczność zapewnienia jej dostatecznej ilości pożywienia oraz wzrost zapotrzebowania na paszę dla zwierząt skutkuje stosowaniem coraz większych ilości substancji zwiększających plon, co wywiera presję na środowisko, zagrażając równowadze w ekosystemach.

Jedną z propozycji dla rozwiązania negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko była promocja tzw. rolnictwa ekologicznego, które zakłada wykluczenie ze stosowania nawozów mineralnych, dzięki czemu ilość związków azotu i fosforu uwolnionych do środowiska powinna być znacznie niższa. Jednak wyżywienie ogółu ludności przy znacznie niższej wydolności produkcyjnej tych gospodarstw, wywołałoby konieczność pozyskiwania nowych terenów pod uprawy. Nowe tereny są najczęściej pozyskiwane poprzez wycinanie lasów, co nie tylko oznacza utratę siedlisk dla zwierząt, ale także poważne konsekwencje dla lokalnego klimatu. Z drugiej strony intensywne rolnictwo powoduje istotne problemy środowiskowe, takie jak zanieczyszczenie wód związkami azotu i fosforu, czego jedną z konsekwencji jest przyspieszona eutrofizacja naturalnych zbiorników wodnych.

W celu rozwiązania tych oraz innych problemów jakie niesie ze sobą intensywne rolnictwo, od wielu dekad na całym świecie opracowywane są nowe metody i sposoby nawożenia, które pozwoliłyby nie tylko utrzymać wysokie plony niezbędne do wyżywienia ludzkości oraz dla zachowania odpowiedniej powierzchni lasów, ale także pozwalające na obniżenie strat i rozprzestrzeniania się związków azotu i fosforu do środowiska.

Wśród rozpatrywanych alternatyw dogłębowego stosowania nawozów mineralnych oraz naturalnych wskazuje się między innymi wykorzystanie mikroorganizmów wspierających rozwój roślin na przykład poprzez wiązanie azotu atmosferycznego, solubilizację fosforu, produkcję substancji odżywczych i fitohormonów oraz antybiotyków hamujących rozwój chorób. Z powodzeniem wykorzystywane są one w uprawie roślin strączkowych, jednak efektywność nowych preparatów mających wspierać rozwój roślin jednoliściennych, pomimo dobrych efektów w warunkach laboratoryjnych, jest często niewystarczająca w warunkach polowych i zmienna w latach.



Drugim sposobem ograniczania wcześniej wspomnianych zabiegów jest nawożenie dolistne, które stosowane jest interwencyjnie już od szeregu lat, głównie w przypadku wykrycia niedoborów składnika. W ostatnich latach testuje się w ten sposób nowe substancje takie jak kwasy huminowe, algi czy aminokwasy, które mają nie tylko wspierać rozwój roślin, ale także zwiększać ich tolerancję na stresy abiotyczne między innymi takie jak susza, czy wysokie temperatury, które w związku ze zmianami klimatu pojawiają się coraz częściej nie tylko w krajach o gorącym klimacie. Ponadto dzięki aplikacji dolistnej, do gleby i wód dostaje się znacznie mniej związków azotu i fosforu.

Istnieje więc potrzeba badania czy takie substancje, pojawiające się coraz częściej na rynku mogą, choć w części, spełnić rolę nawozową lub stymulować zawarte w glebie składniki w taki sposób, aby mogły być wykorzystywane przez rośliny i nie stanowiły zagrożenia dla środowiska.

## 2 PRZEGLĄD LITERATURY

---

### 2.1 CHARAKTERYSTYKA OWSA I JEGO UPRAWA

Rodzaj owies (*Avena* L.) należy do rodziny wiechlinowatych (Poaceae), która przynależy do rzędu wiechlinowców (Poales). Rodzaj ten zawiera 26 gatunków (Boczkowska i in. 2016), wśród których należy wyróżnić owies zwyczajny (*Avena sativa* L.), który jest gatunkiem powszechnie uprawianym, owies bizantyjski (*Avena byzantina*), owies szorstki (*Avena strigosa*) i owies etiopski (*Avena abyssinica*), które są uprawiane na niewielkich arealach w różnych krajach oraz owies głuchy (*Avena fatua*), który jest uważany za formę macierzystą owsa siewnego i stanowi uciążliwy chwast w jego uprawach (Gąsiorowski 1995). Większość odmian owsa zwyczajnego jest oplewiona, jednak część z nich jest naga (nieoplewiona). O przynależności do gatunku decyduje poliploidalność rośliny, jeśli jest ona heksaploidalna, należy do *Avena sativa* var. *nuda*, jednak jeśli jest diploidalna, to należy do *Avena nuda* L. (owsa nagiego) (Leggett 1992).

#### 2.1.1 ODMIANY NIEOPLEWIONE I OPLEWIONE

W 2020 roku w rejestrze COBORU były zarejestrowane 32 odmiany owsa zwyczajnego (jara, oplewiona odmiana) i 4 odmiany owsa nagiego (stan na dzień 26.07.2020 r.). W rejestrze owies nagi wpisany jest jako *Avena nuda* L. W 2016 roku rejestr obejmował 5 odmian owsa nagiego, jednak również wtedy widoczna była jego mniejsza popularność wśród hodowców odmian. Wynika to prawdopodobnie z mniejszego zainteresowania rolników, co może być spowodowane niższym jego plonowaniem w porównaniu z owsem oplewionym (Gąsiorowski 1995). Niższe plonowanie potwierdzają również badania przeprowadzone w 2016 roku, w których z odmian nagoziarnistych uzyskano plon niższy o 26,6-36,8% niż z owsa oplewionego (Pszczółkowski i Sawicka 2016). Jednak skład chemiczny jego ziarna jest korzystniejszy, z punktu widzenia żywienia zwierząt monogastrycznych i ludzi (Petkov i in. 1999). Owies nagi dostarcza więcej energii na jednostkę masy, zawiera więcej tłuszczów, kwasu linolowego, białka, skrobi oraz aminokwasów egzogennych niż owies zwyczajny (Givens i in. 2004), jest on także odporniejszy na rdzę wieńcową (Pszczółkowski i Sawicka 2016). Dodatkowo badania Zhao i in. (2011), dotyczące wpływu stresu wodnego oraz azotowego na owies oplewiony i nagi wskazały, że przynajmniej w przypadku badanej przez nich

nagoziarnistej odmiany „Shadow”, następowało lepsze przystosowanie do warunków suszy i niedoboru azotu w okresie kwitnienia w porównaniu do owsa oplewionego. Podobne tendencje zauważył polski zespół w 2009 (Pisulewska i in. 2009), w którego badaniach owies oplewiony plonował lepiej w latach deszczowych, a owies nagi w latach suchych. W tych samych badaniach owies nagi miał lepszy skład makro i mikroelementów niż owies oplewiony. Owies oplewiony poza wyższym plonowaniem ma lepszą zdolność kiełkowania, ponieważ łuska chroni zarodek (Valentine 1995), poza tym niższa wartość energetyczna może być pozytywnym parametrem, jeśli owies jest pokarmem dla przeżuwaczy.

### **2.1.2 WYMAGANIA POKARMOWE I POTRZEBY NAWOZOWE**

Owies ze względu na stosunkowo dużą tolerancję na niskie temperatury jest uprawiany głównie w krajach o chłodnym klimacie (Kowalczyk i Ratajczak 1995). Globalnie największymi producentami owsa są Unia Europejska (dane dla 27 krajów), Federacja Rosyjska, Kanada i Stany Zjednoczone (Strychar 2011). Ze względu na duże zapotrzebowanie na wodę, tolerancję gleb kwaśnych oraz mniejsze wymagania glebowe niż jęczmień czy pszenica (Gąsiorowski 1995a), jest często uprawiany w terenach podgórskich. W Polsce uprawa owsa zlokalizowana jest głównie w województwach: mazowieckim, lubelskim i podkarpackim (GUS 2011). W 2018 roku powierzchnia zasiewów owsa ogółem wyniosła 497 tys. ha, z czego uzyskano 1166,9 tys. ton ziemiopłodów. Plony w wymienionym roku były niższe niż w poprzednich latach, z jednego hektara uzyskano 2,35 t, gdy rok wcześniej było to 2,98 t, a dwa lata wcześniej 2,87 t (GUS 2019). Wynikało to prawdopodobnie z bardzo gorącego lata z małą ilością opadów w pierwszej połowie 2018 roku (GUS 2019a), ponieważ przebieg pogody wpływa istotnie na plon owsa co wykazano w wielu badaniach (Michalski i in. 1999, Kordulasińska i Bulińska-Radomska 2014).

Pod względem wymagań pokarmowych zapotrzebowanie na fosfor i potas jest niższe dla owsa, niż dla pozostałych zbóż, jednak nawożenie jest nadal pożądane, ponieważ pozwala podnieść jakość plonu głównego oraz uniknąć problemów, takich jak wyleganie zbóż (Gąsiorowski 1995a). Nawożenie azotem jest niezbędne dla uzyskania wysokich plonów owsa, ale jego dawka nie powinna przekraczać 90 kg N·ha<sup>-1</sup>. Dawka wyższa niż 100 kg·ha<sup>-1</sup> może spowodować spadek plonu, oraz większą podatność na

wyleganie (Mohr i in. 2007). Dodatkowo zaleca się podzielić dawkę azotu i 60% dostarczyć przedsięwzięciu (Gąsiorowski 1995a).

### **2.1.3 ZNACZENIE GOSPODARCZE**

Owies jest uprawiany głównie na cele paszowe ponieważ zarówno ziarno jak i słoma tej rośliny mają wysoką wartość paszową (Gąsiorowski 1995b, Valentine 1995, Strychar 2011). Tradycyjnie był wykorzystywany w żywieniu koni, jednak w związku ze spadkiem pogłowia tych zwierząt zmniejszyło się na niego zapotrzebowanie. Może jednak być z powodzeniem wykorzystywany w żywieniu drobiu, krów mlecznych oraz owiec (Kowalczyk i Ratajczak 1995, Valentine 1995). Owies nagi ma również odpowiednie parametry do wykorzystania na paszę dla trzody chlewnej (Petkov i in. 1999, Fabijańska i in. 2003).

W mniejszym stopniu natomiast jest wykorzystywany na produkcję żywności dla ludzi. Z owsa produkowane są płatki owsiane, mąka owsiana, kasze, otręby, mieszanki typu musli, mleko owsiane oraz dania typu instant. Ziarno owsa ma wysokie właściwości odżywcze i jest polecane przy wielu schorzeniach np. przy zbyt wysokim poziomie cholesterolu (Gąsiorowski 1995c, Kawka i Achremowicz 2014), dlatego powinno stanowić ważną część diety. Niestety pomimo dużej wartości biologicznej białka, którego odmiany nagie zawierają  $119-150\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , odmiany oplewione  $116\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Valentine 1995, Biel i in. 2009), wyższej niż u innych zbóż zawartości tłuszczów (owies nagi  $83-97\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , owies oplewiony  $43\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , pszenica  $19\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Valentine 1995) oraz znacznej zawartości błonnika (owies nagi  $28-45\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , owies oplewiony  $105\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Valentine 1995, Gąsiorowski 1995b, Petkov i in. 1999), wielu polskich konsumentów jest nieświadomych właściwości prozdrowotnych pełnego ziarna owsa.

## 2.2 PREPARATY ZWIĘKSZAJĄCE WYKORZYSTANIE SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH Z GLEBY

Obecnie najbardziej popularne i na szeroką skalę stosowane substancje w żywieniu roślin, to nawozy mineralne, zawierające składniki pokarmowe w formie łatwo przyswajalnej dla roślin. Działają plonotwórczo jednak mogą wpływać na pogorszenie szeregu właściwości gleb jak m.in. zakwaszenie, uruchomienie toksycznych metali ciężkich czy migrację nadmiaru tych składników do wód i ich zanieczyszczenie. Z tego powodu od szeregu lat poszukuje się możliwości ograniczenia ich stosowania oraz zwiększenia efektywności wykorzystania glebowych zasobów składników pokarmowych. Szacuje się, że do 2050 roku zapotrzebowanie na zboża wrośnie 2,8 krotnie w porównaniu do roku 2015 (Van Ittersum – 4th Biostimulants World Congress 2019). Oznacza to, że konieczne będzie opracowanie rozwiązań, które jednocześnie staną się odpowiedzią na zagrożenia środowiskowe, jak również zapobiegną stratom plonu. Również obecnie obowiązujące dyrektywy i ustawy wymagają od producentów rolnych stosowania zrównoważonych metod produkcji i poszukiwania alternatywnych metod nawożenia i ochrony roślin. W monografii upowszechniającej wyniki projektu BLOOM (Boosting European Citizens Knowledge and Awareness of Bioeconomy), jako taką alternatywę wskazano tzw. bioprodukty. Są to preparaty, o zróżnicowanym działaniu, do których można zaliczyć zarówno biologiczne środki ochrony roślin, jak i bionawozy oraz biostymulatory (Du Jardin 2015, Pink i Wojnarowska 2020). Przyporządkowanie do każdej z tych kategorii nie zawsze jest łatwe, zarówno ze względów prawnych jak i praktycznych.

Bionawozy są preparatami zawierającymi wyselekcjonowane szczepy mikroorganizmów, wraz z dodatkami stabilizującymi, które dostarczają składniki pokarmowe do gleby poprzez rozkład substancji organicznej lub wspomagają przemiany związków nieorganicznych (Szykowska i Zwoździak 2010). Wykorzystuje się w tym celu bakterie (Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB)) lub inne mikroorganizmy takie jak grzyby, które definiuje się jako wspomagające wzrost i rozwój roślin (Plant Growth Promoting Microorganisms (PGPM)). Mechanizm działania tych preparatów można podzielić na bezpośredni i pośredni. Mechanizmy, które działają poprzez dostarczenie konkretnych składników pokarmowych, mikroelementów korzystnych czy też hormonów roślinnych, można określić jako bezpośrednie, ponieważ bezpośrednio

wpływają na procesy metaboliczne w roślinach. Natomiast preparaty, które chronią rośliny przed stresem abiotycznym oraz ograniczające infekcje chorób, można określić jako pośrednie, ponieważ najważniejszym czynnikiem jest w tym przypadku wywołanie odpowiedzi samej rośliny, czyli wykorzystanie jej naturalnego potencjału do obrony (Goswami i in. 2016).

Oczekiwania wobec bioproduktów różnią się w zależności od poziomu zaawansowania rolnictwa w regionie. Państwa rozwijające się oczekują od biostymulatorów przede wszystkim dostarczenia składników pokarmowych czyli funkcji nawozowej (Du Jardin - 4th Biostimulants World Congress 2019).

### **2.2.1 PREPARATY NA POLSKIM RYNKU**

Do bioproduktów na polskim rynku należy wiele preparatów występujących w różnej formie i o różnym zastosowaniu. Jest to związane z tym, że jak wnioskuje Serafin-Andrzejewska i in. (2016), stosowanie biostymulatorów staje się stałym elementem agrotechniki. Rolnicy oswoili się już z tymi produktami i producenci chcąc wyróżnić swój produkt wprowadzają nowe substancje np. aminokwasy, algi lub nowe szczepy bakterii. Jako przykłady preparatów o różnej formulacji i przeznaczeniu niech posłuży np. płynny preparat „Terra-Efekt” - zawierający bakterie *Azotobacter chroococum*, które wiążą azot atmosferyczny, oraz preparat zawierający liofilizowane (preparat w postaci sypkiej) bakterie „Terra-Wita” z rodzaju *Bacillus subtilis*, które rozkładają resztki poźniwne i pozostałości środków ochrony roślin, poprawiając właściwości gleby. W obrocie są również zaprawy do nasion np. preparat „SuperPower” firmy Bio-Gen, który wedle opisu producenta zawiera bakterie rozkładające materię organiczną oraz produkujące siderofory – czyli związki chelatujące metale (bio-gen.pl). Dostępne są także bioprodukty stosowane dolistnie np. preparat o nazwie „BioFol Bombardino” (dawniej Bombardier), który zawiera m.in. algi morskie i aminokwasy. Jest bionawozem oferowanym przez firmę Biostyma, a producent napisał o nim, że ogranicza wpływ czynników stresowych na roślinę oraz przyspiesza jej wzrost. Jako ograniczający wpływ stresów abiotycznych reklamowany jest również środek Akra Kombi, który jest sprzedawany jako granulát doglebowy.

### **2.2.2 PREPARATY DOLISTNE**

Zwiększenie efektywności nawożenia można uzyskać poprzez stosowanie preparatów dolistnych. Jak wspomniano przy omawianiu bioproduktów obecnych na rynku w Polsce, najbardziej popularne są preparaty o szerokim spektrum działania i bogatym składzie. Najczęściej zawierają one jednocześnie składniki pokarmowe, które dają gwarancję widocznych efektów zastosowania preparatów oraz składniki o charakterze biostymulatorów jak kwasy humusowe, aminokwasy, ekstrakty z wodorostów i inne związki. Ich łączne stosowanie utrudnia ocenę efektywności substancji o charakterze biostymulującym, dlatego oceniając ich efektywność konieczne jest wzięcie pod uwagę w pierwszej kolejności widocznych efektów zastosowania dolistnego substancji mineralnych. Łączne zastosowanie biostymulatorów i soli mineralnych w preparacie ułatwia ich producentom dotarcie do potencjalnych klientów. Dolistne nawożenie stosowane jest od dawna, a rolnicy chętniej kupują preparaty mające w składzie składniki już im znane. Są w stanie zaobserwować efekty działania soli mineralnych dostarczonych do gleby, a wielu z nich wykorzystuje nawożenie dolistne interwencyjnie.

Nawożenie dolistne stosuje się najczęściej w przypadku stwierdzenia niedoborów, na podstawie objawów lub analizy laboratoryjnej składu liści. Możliwe jest dostarczenie tą drogą również makroskładników, jednak wobec obecnie oczekiwanej wysokości plonów, spełnienie całości wymagań pokarmowych przez nawożenie dolistne, jest nie tyle niemożliwe, co wysoce niepraktyczne i nieekonomiczne. Dostarczanie całości lub większości zapotrzebowania na makroskładniki wymagałoby wielu aplikacji, co wiązało by się z wieloma przejazdami maszyn zwiększając negatywny wpływ na środowisko glebowe i atmosferę. Ponadto ta metoda wymaga dobrze rozwiniętej części nadziemnej roślin, z dużą powierzchnią liści. Zastosowany preparat może zostać zmyty przez ulewny deszcz, a także spowodować poparzenia liści w przypadku zbyt dużego jego stężenia (Fageria i in. 2009, Noack i in. 2010).

Pomimo tych wad, są warunki, w których aplikacja dolistna stanowi najbardziej racjonalny wybór zwiększający efektywność nawożenia np. nawożenie żelazem roślin uprawianych na glebach powstałych ze skał wapiennych (Fageria i in. 2009). Dolistne nawożenie pozwala także na dostarczenie składników pokarmowych w warunkach suszy agronomicznej lub zasolenia gleby. Stanowi to główną jego zaletę, ponieważ w wielu

badaniach, w których nawożenie dolistnie było stosowane na uprawy prowadzone na żyznych glebach, różnice w plonie nie były statystycznie istotne (Mederski i Volk 1956, Benson 1971, Sawyer i Barker 1994, Bushong i in. 2016). Nawożenie dolistne pozwala niezależnie od warunków glebowych na szybsze skorygowanie niedoborów niż aplikacja doglebowa, ponieważ reakcję roślin można zaobserwować po 3 do 4 dniach od aplikacji. W wielu pracach badawczych odnotowano także pozytywny wpływ nawożenia dolistnego na jakość plonu np. na wzrost zawartości tłuszczu w ziarnie rzepaku pod wpływem dolistnego nawożenia fosforem (Bindraban i in. 2020) oraz zmniejszone zużycie nawozów (Withers i in. 2014), co w przypadku fosforu, którego zasoby przy obecnym zużyciu wystarczą do 2030 roku (Cordell i in. 2009), jest bardzo istotną kwestią z punktu widzenia bezpieczeństwa żywnościowego.

Niestety efekt nawożenia może być nietrwały. Zależnie od rośliny i składnika pokarmowego transport wewnątrz rośliny może być ograniczony. Przykładowo w doświadczeniach Guzman i in. (1990), wysokie stężenie żelaza w liściach pomidora i ogórka skutkowało jego immobilizacją, jednak przy równie wysokim stężeniu żelaza w liściach melona piżmowego żelazo było mobilne (Guzman i in. 1990). W przypadku gdy składniki pokarmowe nie są transportowane w obrębie tkanek rośliny (większość mikroelementów, wapń), konieczne są aplikacje po każdym wzroście rośliny, co niewątpliwie jest wadą nawożenia dolistnego.

### **2.2.3 SUBSTANCJE BIOSTYMULUJĄCE**

Jak już wspomniano, poza składnikami o charakterze odżywczym, dostępne na rynku preparaty zawierają dodatkowo substancje biostymulujące, których zadaniem jest poprawa stanu fizjologicznego roślin (Du Jardin 2015). Du Jardin (2015) podzielił je na nieorganiczne substancje pożyteczne dla wzrostu (np. krzem, selen, sód), kwasy huminowe i fulwowe, aminokwasy oraz hydrolizaty białkowe, chitozan i inne biopolimery, wyciągi z alg i wodorostów oraz szerzej pojęte substancje pochodzenia roślinnego (botanicals), pożyteczne bakterie i pożyteczne grzyby.

- **Pierwiastki pożyteczne**

Nieorganiczne substancje pożyteczne dla wzrostu to tzw. pierwiastki pożyteczne, do których należą Al, Co, Na, Se oraz Si. Nie należą do mikroelementów



ponieważ nie są niezbędne dla wszystkich roślin. Nie oznacza to, że nie istnieją taksony, które obligatoryjnie wymagają obecności, któregoś z tych pierwiastków (Pilon-Smits 2009, Bojórquez-Quintal i in. 2017). Ich rola jako substancji biostymulującej wynika ze zwiększania odporności roślin na choroby oraz stresy abiotyczne, jeśli zostaną zastosowane w odpowiednich dawkach, co zostało potwierdzone w wielu pracach badawczych (Pilon-Smits i in. 2009).

**Glin (Al)** choć w wysokich dawkach jest toksyczny dla roślin i powoduje zahamowanie wzrostu korzeni, jest korzystny dla niektórych gatunków roślin, jeśli jest dostarczony w niskich dawkach (Osaki i in. 1997, Pilon-Smits i in. 2009, Wei i in. 2021). Glin wpływa pozytywnie na wzrost roślin, dla których najlepszym środowiskiem do wzrostu są gleby o niskim pH (Osaki i in. 1997). Do takich roślin należą np. Herbata Chińska (*Camellia sinensis*) (Xu i in. 2016) czy Kamelia Japońska (*Camellia japonica*) (Liu i in. 2020), które uzyskały większą masę korzeni w obecności glinu. Pilon-Smith i in. (2009) wskazują na trzy główne mechanizmy, przez które glin w określonych warunkach, może wspierać rozwój roślin, są to: zwiększenie zdolności obronnych przed roślinożercami, zapobieganie toksyczności żelaza oraz wsparcie pobierania fosforu. Wielu badaczy wskazuje, że pozytywny wpływ na wzrost roślin może wynikać także ze zmniejszenia toksyczności jonów wodoru, żelaza i manganu oraz aktywacji genów odpowiedzialnych za tolerancję na stresy abiotyczne (Muhammad i in. 2019). Prace Xu i in. 2016 nad reakcją herbaty na glin wskazywały także na aktywność innych szlaków metabolicznych aminokwasów, cukrów i kwasu szikimowego w obecności glinu.

**Kobalt (Co)** choć jest niezbędny dla zwierząt, nie udowodniono dotychczas żeby był niezbędny dla roślin. Większość prac badawczych jest skupiona wokół adaptacji roślin na stres wywołany wysoką zawartością kobaltu w środowisku (Pilon-Smits i in. 2009). Jednak w niskich dawkach kobalt może mieć pozytywny wpływ na rozwój niektórych gatunków z rodziny bobowatych. W doświadczeniach prowadzonych przez Gad (2006), dotyczących wpływu różnych dawek kobaltu na efektywność wykorzystania azotu przez groch siewny (*Pisum sativum* L.), wykazano, że dodatek kobaltu istotnie zwiększył efektywność wykorzystania nawozów. W doświadczeniu uzyskano większą świeżą i suchą masę korzeni i pędów, większą masę i liczbę brodawek, wyższą zawartość makro i mikroelementów oraz wyższe plony i jakość nasion (Gad 2006). Taką samą reakcją uzyskano w innych badaniach, w których rośliną testową był bób (*Vicia faba* L.), a dawki kobaltu były stosowane dolistnie. Przy najwyższej zastosowanej dawce 1 mg·L<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> osiągnięto najwyższy plon nasion, słomy i korzeni (Sherif i in. 2017). W badaniach nad wpływem aplikacji kobaltu na fasolę zwykłą (*Phaseolus vulgaris* L.), uzyskano większą masę i liczbę brodawek, co wiązało się z wyższą zawartością azotu (Reyes i in. 2016).

Większość badań nad **sodem (Na)** koncentruje się wokół zagadnienia zasolenia. Wykazano jednak, że jest on niezbędny dla niektórych roślin, które wykorzystują szlaki metaboliczne C4 (ułatwiając przemiany pirogronianu do fosfoenolopirogronianu (PEP) i CAM oraz, że jest pożyteczny w niższych stężeniach dla wielu innych roślin (Pilon-Smits i in. 2009, Kronzucker i in. 2013). Sód jest w stanie zastąpić także niektóre z funkcji potasu w roślinie (Subbaro i in. 1999, Subbaro i in. 2003) ograniczając skutki jego niedoboru. Dodatni wpływ sodu jest szczególnie dobrze widoczny w rodzinie komosowatych, która prawdopodobnie ze względu na liczne gatunki ruderalne, charakteryzujące się łatwym przystosowaniem do zmieniającego się środowiska, lepiej wykorzystują jony sodu gdy są dostępne (Kronzucker i in. 2013).

**Selen (Se)** nie jest niezbędny do wzrostu roślin, jednak pozytywnie wpływa na rozwój niektórych gatunków, w szczególności gatunków znanych jako hiperakumulatory selenu (Pilon-Smits i in. 2009, White 2016). Dodatkowo ze względu na to, że selen jest niezbędny dla zwierząt i ludzi, zdolność do jego akumulacji przez rośliny, podnosi wartość odżywczą roślin. Przykładowo, w badaniach dotyczących nawożenia selenem kukurydzy, zastosowanie oprysku  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  w ilości 10  $\mu\text{g}$ /wazon, pozwoliło uzyskać zawartość selenu wystarczającą do pokrycia zapotrzebowania zwierząt na ten pierwiastek (Płaczek 2012).

**Krzem (Si)** pobierany jest przez rośliny w postaci kwasu monokrzemowego  $\text{Si}(\text{OH})_4$ . Po wchłonięciu, ulega przemianom do amorficznej krzemionki i jest transportowany po całej roślinie. Głównie jednak w ścianach komórkowych zwiększając ich wytrzymałość i sztywność (Currie i Perry 2007). Zdolność do akumulacji krzemu znacznie się różni pomiędzy grupami roślin. Rośliny jednoliścienne z rodzin Poaceae, Equisetaceae i Cyperaceae, akumulują znaczącą ilość krzemu (>4% Si). Jak potwierdziło wielu autorów, krzem pozwala zmniejszyć skutki stresów abiotycznych dla roślin takich jak susza, promieniowanie UV, wysoka temperatura czy zasolenie oraz zwiększa odporność na ataki grzybów i szkodników upraw (Chérif i in. 1994, Richmond i Sussman 2003, Bélanger i in. 2003, Fauteux i in. 2005, Liang i in. 2007, Currie i Perry 2007, Pilon-Smits i in. 2009). Dlatego obecnie wykorzystuje się go w wielu preparatach np. w

preparacie doglebowym Akra Kombi. Krzem jest dodawany do gleby także w postaci glinokrzemianów – **zeolitów**. Zeolity są wykorzystywane w rolnictwie ze względu na dużą porowatość oraz zdolność do selektywnej wymiany kationów amonowych i potasowych (Sangeetha i Baskar 2016). Ze względu na znaczną porowatość zeolity zwiększają ilość wody dostępnej dla roślin i pozwalają im przetrwać okresy suszy (Xiubin i Zhanbin 2001, Shamili i in. 2020, Salehi i in. 2021). W badaniach nad efektem wykorzystania zeolitów w uprawie owsa przeprowadzonych przez Szatanik-Kloc i in. (2019), dodatek 4 do 8 t·ha<sup>-1</sup> zeolitów, zwiększał plony owsa na podobnym poziomie jak nawożenie potasem i fosforem. Podobne efekty uzyskali w późniejszych pracach nad pszenicą jarą (Szatanik-Kloc i in. 2021). Pozytywny efekt tych doświadczeń badacze przypisywali uwalnianiu przez kompleks zeolityczny składników pokarmowych – potasu, wapnia i magnezu. Jednym z preparatów obecnych na rynku zawierającym zeolity jest wymieniony wcześniej preparat Akra Kombi.

- **Kwasy humusowe**

Kwasy humusowe są naturalnymi składowymi materii organicznej gleby i powstają w procesach rozkładu żywych obumarłych organizmów roślinnych, zwierzęcych czy mikrobiologicznych. Tradycyjnie dzieli się je na huminy, kwasy huminowe i kwasy fulwowe. Związki te uczestniczą w dynamicznej wymianie jonów pomiędzy koloidami glebowymi a wydzielinami roślin i mikroorganizmów (Du Jardin 2015). Z uwagi na złożoność i zmienność tych układów często otrzymywane są niespójne wyniki, gdy badane są preparaty zawierające kwasy huminowe i fulwowe. Jako biostymulujący czynnik najczęściej wskazuje się poprawę odżywienia korzeni między innymi przez zwiększenie pojemności kationowymiennej gleby (Du Jardin 2015). Jako inną właściwość biostymulującą wskazuje się ochronę roślin przed stresem abiotycznym (Kłeczek i Anielak 2021) oraz jeśli substancje humusowe są aplikowane doglebowo, poprawę właściwości fizycznych i chemicznych gleby.

Pozytywne efekty zastosowania kwasów fulwowych uzyskali w badaniach Anjum i in. (2011). Badali oni w warunkach suszy i właściwego uwilgotnienia efekty dolistnego stosowania kwasów fulwowych w uprawie kukurydzy. Uzyskali znacząco wyższe plony kukurydzy po zastosowaniu kwasów oraz zaobserwowali lepszą odpowiedź rośliny na stres (Anjum i in. 2011).

Pomimo znacznego optymizmu badaczy odnośnie możliwości biostymulacyjnych kwasów humusowych, przeprowadzono wiele badań, w których wpływ preparatów był niezauważalny lub nawet negatywny. W doświadczeniach Delfine i in. (2005), dolistna aplikacja kwasów humusowych na pszenicę durum, nie spowodowała uzyskania istotnie wyższych plonów. Nie uzyskano także poprawy jakości ziarna. Wobec konieczności wykonywania dodatkowych zabiegów, oraz kosztów pozyskania i produkcji preparatów, wspomniany zespół badaczy określił stosowanie kwasów humusowych jako nieźrównoważone (w kontekście rozwiązań przyjaznych dla środowiska) (Delfine i in. 2005).

W badaniach nad wpływem kwasów huminowych na aktywność metaboliczną buraka cukrowego (Rombel-Bryzek i Pisarek 2017), zastosowana frakcja kwasów huminowych wpłynęła niekorzystnie na procesy fizjologiczne w warunkach stresu wywołanego niedoborem wody. W badaniach Matysiak (2020) nad wpływem dolistnej aplikacji substancji huminowej (preparat HumiPlant T1), na cechy jakościowe i ilościowe bulw ziemniaka, statystycznie istotne różnice w składzie chemicznym pojawiły się dopiero przy trzykrotnym oprysku po 5 L na hektar, przy braku istotnych różnic w wysokości plonu. To oznacza wysoki koszt przeprowadzenia zabiegu, który jest ekonomicznie i ekologicznie nieuzasadniony. Do preparatów zawierających w swoim składzie kwasy humusowe należy m.in. preparat Bombardier.

- **Aminokwasy oraz hydrolizaty białkowe**

Mieszaniny aminokwasów i peptydów są otrzymywane na drodze chemicznej i enzymatycznej hydrolizy białek z rolno przemysłowych produktów ubocznych (Du Jardin 2012). Do innych organicznych związków azotu należą poliamidy, betainy oraz „aminokwasy niebiałkowe” roślin wyższych, co do których fizjologiczna i ekologiczna funkcja jest nieznana (Vranova i in. 2011).

Wiele z wymienionych grup związków ma udowodnione działanie stymulujące lub przeciwstresowe. Dobrze udokumentowane działanie przeciwdziałające stresowi abiotycznemu ma np. betaina glicyny (Chen i Murata 2011). Betaina glicyny zwiększa tolerancję roślin na zasolenie, wysoką oraz niską temperaturę (Hayashi i in. 1998, Di Martino i in. 2003, Chen i Murata 2011, Giri 2012).

- **Wyciągi z alg i wodorostów**

Ekstrakty z *Ascophyllum nodosum* (ANE) były poddawane licznym badaniom pod kątem ich zdolności do poprawy wzrostu roślin (Begum i in. 2018, Shukla i in. 2019, Ali i in. 2021, Kapoore i in. 2021). Preparaty z alg oraz określone związki z nich otrzymane były badane pod kątem zwiększania tolerancji roślin na stresy abiotyczne/biotyczne, poprawy wykorzystania składników pokarmowych (Sharma i in. 2014; Van Oosten i in. 2017), wspierania rozwoju roślin przez regulację hormonów roślin (Wally i in. 2013), czy też wpływu na interakcje pomiędzy korzeniami a mikroorganizmami (Shukla i in. 2019). Van Oosten podaje, że w 2017 roku 47 firm na całym świecie produkowało biostymulatory z wykorzystaniem *A. nodosum* (Van Oosten i in. 2017). Wiele badań wskazuje na pozytywny wpływ ekstraktów z alg na plon i zdrowotność roślin (Sharma i in. 2014, Van Oosten i in. 2017).

Poza *A. nodosum* badano na zbożach efekty biostymulacyjne innych glonów, m.in.: *E. maxima*, *K. alvarezii*, *G. edulis*, *G. dura*, *Sargassum latifolium* czy *Ulva lactuca* (Ali i in. 2021). Pod względem wykorzystania składników pokarmowych przez rośliny, w badaniach nad zastosowaniem *A. nodosum* i *Laminaria spp.* na kukurydzy, stwierdzono, że liście zawierały istotnie więcej Fe, Zn, Cu, B, Mo, S, Mg i Ca (Ertani i in. 2018), a zastosowanie ekstraktów z *A. nodosum* zwiększyło pobranie potasu przez liście kukurydzy (Ali i in. 2021). Nasiroleslami i in. (2021) w swoich badaniach nad wpływem stosowania ekstraktów z alg i związków humusowych, z różnymi dawkami azotu, na jakość i wysokość plonu pszenicy, stwierdzili wyższą zawartość potasu w ziarnie. Podobnie Szczepanek i in. 2018, którzy badali wpływ dolistnego biostymulatora z ekstraktami z alg na plon i skład chemiczny pszenicy jarej, wskazują na wyższą zawartość potasu i fosforu w ziarnie po zastosowaniu preparatu. Do preparatów dostępnych na rynku, zawierających w składzie algi należy BioFol Plex (dane z materiałów marketingowych producenta).

- **Inne wyciągi z roślin „Botanicals”**

Podczas Czwartego Światowego Kongresu Biostymulatorów (2019) Du Jardin podkreślał, że przyszłość biostymulatorów leży nie w mieszaninach rozmaitych związków alg, aminokwasów i kwasów humusowych, które są obecne teraz na rynku, a raczej w wyspecjalizowanych jednorodnych preparatach, odpowiedzialnych za

określone zadanie. Nad takimi rozwiązaniami pracuje obecnie projekt „Plants for Plants” (4th Biostimulants World Congress 2019), w którym opracowano fitokompleksy mające być odpowiedzią na konkretny problem pojawiający się w uprawie. Ma je wyróżniać jednorodność i wywoływanie określonych reakcji metabolicznych u rośliny tak by była np. mniej podatna na suszę. Jak opisano w podrozdziale dotyczącym kwasów humusowych, jednym z problemów w ich wykorzystaniu jest znaczna zmienność zarówno jeśli chodzi o kwasy jak i reakcje roślin na nie. Wytworzenie konkretnych fitokompleksów naśladujących te naturalnie występujące w uprawianej roślinie rozwiązuje ten problem. Dokonywana jest ekstrakcja konkretnych związków z roślin, które aktywują określone reakcje metaboliczne. W ramach „Plants for Plants” uzyskano ekstrakty zwiększające efektywność wykorzystania wody (LL002 – kwasy organiczne i flawonoidy, podawane dolistnie), zwiększające efektywność wykorzystania składników pokarmowych, redukując potrzebę nawożenia fosforem o 30% (LL004 – kwasy organiczne i glikozydy, podawane doglebowo) oraz ekstrakty przeciwgrzybicze redukujące konieczność użycia chemicznych środków ochrony roślin (LL017 – terpentyny i flawonoidy, aplikowane dolistnie) (4th Biostimulants World Congress 2019, 2020, NewAGInternational, Editor: Luke Huston, March/April).

- **Pożyteczne bakterie**

Bakterie znajdujące się w bioproduktach można podzielić wedle wielu czynników takich jak liczba i rodzaj gatunków w preparacie, główne deklarowane efekty działania oraz innych istotnych dla działania preparatu czynników.

Bakterie promujące wzrost roślin można podzielić na kilka grup w zależności od miejsca ich występowania:

- 1) gatunki symbiotyczne – funkcjonujące w brodawkach roślin,
- 2) gatunki endofityczne – żyjące w/lub pomiędzy tkankami roślin,
- 3) mikrobiologiczne inokulanty żyjące w ryzosferze.

Korzenie roślin są w stanie dostarczyć do otaczającej je gleby znaczne ilości związków węgla i innych substancji w różnorodnych procesach określanych wspólnym mianem jako ryzodepozycja (Dennis i in. 2010, Glick 2015). Tworzy to ryzosferę, czyli

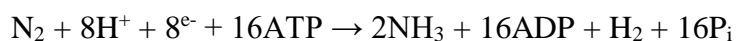
sferę przykorzeniową roślin o szerokości od 2 do 8 mm, w której warunki do rozwoju są inne, niż poza nią (Semenov i in. 1999, Glick 2015). Znaczna ilość wydzielonego przez korzenie roślin związków węgla jest wykorzystywana przez mikroorganizmy glebowe. Dzięki tym zasobom liczebność bakterii występująca w ryzosferze jest znacznie większa niż poza nią (Semenov i in. 1999). Niekoniecznie przekłada się to na różnorodność gatunkową, ponieważ jest ona mniej zróżnicowana niż w sferze pozaryzosferowej (Marilley i in 1998, Robinson i in. 2003). Do podstawowych funkcji mikroorganizmów zakwalifikowanych jako wspierające rozwój roślin należy dostarczanie składników pokarmowych niezbędnych do prawidłowego rozwoju roślin. Taką zdolność mają np. bakterie wiążące azot atmosferyczny zarówno żyjące w symbiozie z roślinami motylkowymi z rodzaju *Rhizobium* oraz wolnożyjące z rodzaju *Azotobacter*. Inne gatunki są w stanie doprowadzić do solubizacji fosforu jak np. *Penicillium* spp (Wakelin 2004), czy też uwalniania żelaza (Zhuo i Zhang 2011). Ponadto znaczna część bakterii jest w stanie produkować substancje odżywcze i fitohormony oraz antybiotyki hamujące rozwój chorób. Jednak jak podkreślają Buée i in. (2009) mikroorganizmy żyjące w glebie to znacznie więcej niż suma ich funkcji i zdolności, tylko złożona społeczność powiązana ze sobą niezliczonymi zależnościami i poprzez zrozumienie działających mechanizmów i grup drobnoustrojów, możemy znaleźć nowe, dobrze funkcjonujące rozwiązania dla praktyki rolniczej.

W dotychczasowych badaniach dużo uwagi poświęcono gatunkom zdolnym do wiązania azotu atmosferycznego z uwagi na jego znaczące działanie plonotwórcze i wpływ na cechy jakościowe roślin. Przy dużym zapotrzebowaniu roślin na azot i niewystarczających zasobach glebowych, pełne wykorzystanie potencjału biologicznego roślin nie jest możliwe. Pomoc w tym zakresie mogą stanowić bakterie wiążące azot. Pomimo, że atmosfera ziemską w typowych warunkach ciśnienia i temperatury składa się w 78% z azotu, to jest to nieprzystawalna dla roślin forma  $N_2$ , a bakterie mogą wprowadzić do gleby zredukowaną, dostępną dla roślin formę tego pierwiastka.

Biologiczne wiązanie azotu polega na przemianie azotu cząsteczkowego  $N_2$  o stabilnym potrójnym i trudnym do rozerwania wiązaniu do amoniaku  $NH_3$ . Sam proces, nie jest identyczny u wszystkich gatunków bakterii posiadających tę zdolność, niemniej wszystkie znane gatunki wykorzystują enzym nitrogenazę, która jest białkiem złożonym. Składa się z dwóch komponentów białkowych z których jeden jest heterotetramerem (białkiem zbudowanym z czterech niekonwalencyjnie powiązanych jednostek, które nie

są identyczne), a drugi homodimerem. W celu redukcji azotu cząsteczkowego białko homodimeryczne, reduktaza nitrogenazy tymczasowo łączy się heterotetramerem, następnie z białka należącego do łańcucha transportu elektronów (ferrodoksyna, flawodoksyna) przenoszone są elektrony do reduktazy azotanowej, gdzie po połączeniu się homodimeru z Mg-ATP elektrony zostają przekazane do heterotetrameru, gdzie następuje wiązanie atomów wodoru i redukcja cząsteczki azotu (Rees i in. 2005). Bardzo istotne dla przebiegu tego procesu są warunki beztlenowe, ponieważ nitrogenaza jest bardzo wrażliwa na obecność tlenu. Niemniej większość gatunków bakterii jest tlenowcami w związku z czym musiały wytworzyć mechanizmy chroniące nitrogenazę przed działaniem tlenu.

Sumaryczny zapis reakcji katalizowanej przy udziale nitrogenazy przedstawia się następująco:



Szacuje się, że dzięki temu procesowi co roku do globalnego obiegu azotu jest włączanych około  $2,5 \cdot 10^{11}$  kg  $\text{NH}_3$  (Cheng 2008) i to jego przebieg był jednym z kluczowych elementów niezbędnych dla rozwinięcia się złożonych form życia na Ziemi.

W przypadku roślin bobowatych, możliwość dostarczenia dodatkowej ilości azotu do gleby w związku z symbiozą z bakteriami brodawkowymi jest wykorzystywana od bardzo dawna i w zależności od gatunku rośliny, szczepu bakterii oraz warunków środowiskowych ilość dostarczanego azotu wynosi średnio od 50 do 250  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Niewiadomska i Sawicka 2005). Od kilkadziesiąt lat obserwujemy także zainteresowanie bakteriami endofitycznymi, które nie należą do rodziny bobowatych, zasiedlających m.in. bawełnę, bulwy ziemniaka, pomidora czy pszenicy (Pisarska i Pietr 2014). Badania prowadzone nad symbiozą bakterii z różnymi gatunkami zbóż oraz roślin przemysłowych również dają obiecujące rezultaty. Wiele z nich wskazuje, że zastosowanie bakterii wspierających rozwój roślin wraz z odpowiednią dawką mineralnych nawozów azotowych pozwala uzyskać plony znacznie wyższe niż w przypadku stosowania wyłącznie nawozów mineralnych. Naseri i in. (2013) otrzymali o 15,8% wyższe plony rzepaku po zaprawieniu nasion bakteriami *Azotobacter* sp. i 13,7% wyższe plony tej samej rośliny po zaprawieniu nasion bakteriami *Pseudomonas* sp. (w porównaniu do obiektu kontrolnego). Z przeprowadzonego doświadczenia wynikało, iż nie było istotnych różnic statystycznych pomiędzy wysokością plonu przy dawce 150 kg



N·ha<sup>-1</sup> z bakteriami *Pseudomonas* sp., a wysokością plonu przy dawce 200 kg N·ha<sup>-1</sup>, co oznacza, że można bez obniżenia plonowania zmniejszyć wysokość dawki nawozów azotowych i w związku z tym zredukować ilość uwalnianych do środowiska zanieczyszczeń (Naseri i in. 2013). Do podobnych wniosków doszedł zespół badaczy Baris i in. 2014.

Pozytywne wyniki tych eksperymentów pozwalają mieć nadzieję, że preparaty bakteryjne będą mogły być wykorzystane na dużą skalę dla osiągnięcia zrównoważonego rozwoju w rolnictwie. Waga postępu w badaniach nad wykorzystaniem pełnego potencjału jaki kryje się w PGPB jest nie do przecenienia. Pomimo ciągłych prac i znacznych postępów w dziedzinie biologii molekularnej, wskazywane kierunki i problemy w wykorzystaniu tych preparatów omówione przez Graham i Vance (2000) roku, pozostają aktualne. Do takich problemów należy m.in. brak odporności bakterii na niskie pH, suszę czy stosunkowo duże zapotrzebowanie na fosfor. Szczególne znaczenie ma to w przypadku rolnictwa ekologicznego, w którym nawozy mineralne nie mogą być stosowane, przez co uzyskiwane plony są o około 30% niższe niż w rolnictwie konwencjonalnym (Kuś i in. 2010, Murawska i in. 2015). Ze względu na to, że rolnicy gospodarujący w sposób ekologiczny są zobowiązani do uwzględnienia w płodozmianie roślin strączkowych, większość z nich korzysta ze szczepionek mikrobiologicznych odpowiednich dla uprawianych gatunków roślin. Szczepionki nie mogą być uniwersalne ponieważ poszczególne gatunki bakterii tworzą układy symbiotyczne jedynie z określonymi gatunkami roślin np. *Sinorhizobium meliloti* tworzy układ symbiotyczny jedynie z korzeniami lucerny (Martyniuk 2010). Zaufanie do preparatów opracowanych dla roślin strączkowych wynika z faktu, że sam proces jest znany od bardzo dawna, a korzyści są łatwe do zauważenia przez praktyków.

W przypadku preparatów mikrobiologicznych ze szczepami bakterii żyjącymi w strefie przykorzeniowej takich jak *Azotobacter* sp. brakuje takiego zaufania wśród konsumentów. Dzieje się tak pomimo, iż wybrane szczepy są badane od dziesięcioleci oraz pomimo dowodów na to, że istotnie wiążą one azot atmosferyczny. Nieufność konsumentów nie wynika jednak z niczym nieopartych uprzedzeń, ponieważ ilość azotu związanego przez wolno żyjące bakterie jest niższa niż bakterii wchodzących w układy symbiotyczne z roślinami motylkowymi. W przeciwieństwie do bakterii symbiotycznych, które produkują azot również na potrzeby swojego gospodarza, wolnożyjące bakterie wiążą azot na potrzeby własnego funkcjonowania i jest on

uwalniany do środowiska dopiero po śmierci mikroorganizmu (Martyniuk 2008). Wolnożyjące organizmy zaprzestają również wiązać azot jeśli w środowisku jest on łatwo dostępny, ponieważ jest to proces wymagający znacznych nakładów energii. Ponadto efektywność dostępnych na polskim rynku preparatów mikrobiologicznych może budzić wątpliwości z wielu względów. Mogą to być kwestie niskiej przeżywalności pożytecznych szczepów bakterii na kwaśnych glebach, których udział w powierzchni gruntów ornych w Polsce jest bardzo wysoki i wynosi około 58% (GUS 2019a). Zastosowanie wrażliwych na zakwaszenie szczepów bez wcześniejszego uregulowania odczynu może skutkować brakiem jakiegokolwiek pozytywnego efektu nawet w przypadku najlepiej opracowanego preparatu. Jednak wątpliwości odnośnie jakości technicznej preparatów i ogólnego sensu ich stosowania pojawiły się również ze strony badaczy. W pracy Martyniuka i Księżaka (2011) zostały omówione główne problemy związane zarówno z wprowadzeniem samych bakterii do środowiska glebowego jak i problemów technicznych związanych z produkcją tego typu preparatów. Autorzy zwracają uwagę na to, że często skład preparatów tak jak np. w przypadku tych, które zawierają tzw. Efektywne Mikroorganizmy, nie jest znany. W przypadku tych preparatów zarówno Sulewska i Ptaszyńska (2005), które badały wpływ EM-ów i innych preparatów na wysokość plonów kukurydzy, jak i Kocoń i Jadszczyn (2015), badając wpływ tych preparatów na wysokość plonów na wybrane wskaźniki chemiczne i żyzność gleby, nie uzyskali istotnych efektów ich stosowania. Co więcej w przypadku niektórych preparatów takich jak Humobak (Tyburski i Łachacz 2009) i Bactofil (Sulewska i Ptaszyńska 2005) odnotowano negatywny wpływ ich zastosowania na wysokość plonu. Częściowo brak zadowalających efektów został wyjaśniony dzięki pracy Van Vliet in. (2006), w której naukowcy przebadali preparaty EM i stwierdzili niską liczebność i dużą zmienność gatunkową w różnych seriach preparatu, co świadczy o niskiej jakości tych produktów, niespełniających stawianych wymogów (Martyniuk 2011).

Na rynku są jednak preparaty o znanym składzie przygotowane w oparciu o wymagane standardy, niemniej nawet rzetelnie przygotowany preparat, w warunkach polowych niekoniecznie wpłynie na przyrost plonu lub poprawę warunków glebowych. Wyselekcjonowane szczepy bakterii trafiają do środowiska glebowego pełnego konkurencyjnych mikroorganizmów świetnie przystosowanych do panujących tam warunków. Zalecane przez producentów dawki mogą się okazać niewystarczające, by skutecznie konkurować z już obecnymi w glebie mikroorganizmami (Martyniuk i

Książak 2011), natomiast ich zwiększenie obniży opłacalność ekonomiczną zabiegu. Część tych problemów może być wyeliminowana poprzez wykorzystanie gatunków endofitycznych czyli wnikających do wnętrza korzeni – takich jak np. *Azoarcus* spp., *Herbaspirillum seropedicae*, czy *Gluconacetobacter diazotrophicus*. Te mikroorganizmy różnią się od gatunków takich jak *Azotobacter* spp. swoim ścisłym związkiem z rośliną gospodarzem i nie są w stanie długo przeżyć poza nim (Hurek i Reinhold-Hurek 1994). *Azoarcus* sp. wnika do egzodermy korzeni trawy Kallar (w której ten gatunek został znaleziony po raz pierwszy (Reinhold i Hurek 1988, Reinhold i Hurek 1989), w bardzo podobny sposób w jaki robią to patogeny, czyli korzystając z enzymów celulolitycznych, jednak nie powodując przy tym u rośliny żadnych objawów chorobowych (Hurek i in. 1994, Hurek i Reinhold-Hurek 2003). Bakterie po wniknięciu do wnętrza korzeni, nie muszą konkurować z innymi mikroorganizmami oraz są chronione przed warunkami środowiska, co zwiększa ich szansę na przetrwanie. Z doświadczeń Hurek i in. (2002), zespół oszacował, że szczep *Azoarcus* BH72 może dostarczyć około 34 kgN·ha<sup>-1</sup>.

### 2.3 UWARUNKOWANIA PRAWNE OBROTU BIOPREPARATAMI

Podczas analizy uwarunkowań prawnych w Polsce Matyjaszczyk (2015) zwróciła uwagę na brak prawnej definicji „biostymulatora”. Pomimo obecnych na rynku preparatów, które nie zawierają substancji odżywczych ani nie chronią bezpośrednio roślin przed chorobami i szkodnikami, brakuje procedury rejestracji biostymulatorów. Możliwe jest zarejestrowanie ich jako nawozu, środka ochrony roślin lub w kategorii „pozostałe”. Dodatkowo sytuację komplikują preparaty trafiające do obrotu bez rejestracji, ze względu na luki prawne, zarejestrowanie preparatu w innym kraju Unii lub w Turcji, a także nieuczciwość producentów i importerów (Matyjaszczyk 2015). Niezależnie od sytuacji na rynku biopreparatów, wielu rolników gospodarujących w sposób ekologiczny samodzielnie przygotowuje odwary z roślin, które działają jak biostymulatory (Pink i Wojnarowska 2020). Ważną cechą zarejestrowanych produktów jest bezpieczeństwo ich stosowania, ponieważ poza wysoce selektywnym zwalczaniem określonych szkodników upraw, są to środki nieszkodliwe dla ludzi i zwierząt.

### **3 HIPOTEZY BADAWCZE I CEL PRACY**

---

Przed przystąpieniem do badań postawiono następujące hipotezy badawcze :

- zastosowanie w uprawie owsa nagiego biopreparatów przeznaczonych do zaprawiania ziarna, dolistnego i dogłębowego stosowania wpłynie na ilość plonu oraz poprawi wykorzystanie składników pokarmowych z gleby.
- zastosowanie biopreparatów w uprawie owsa nagiego donasiennie, dolistnie i dogłębowo zastąpi tradycyjne nawożenie mineralne i zmniejszy zanieczyszczenie środowiska składnikami biogennymi.
- wybrane do badań, zarejestrowane w Polsce odmiany owsa nagiego mogą plonować tak jak odmiany oplewione i powinny być wprowadzone do uprawy, szczególnie w gospodarstwach ekologicznych.

**Celem badań** była ocena wybranych biopreparatów pod kątem ich wpływu na plonowanie, zawartość składników pokarmowych w ziarnie kilku odmian owsa nagiego, a także ocena możliwości wykorzystania tych składników z gleby. Celem była też ocena możliwości rozszerzenia uprawy owsa nagiego i wykorzystanie dobrego składu jakościowego ziarna tych odmian do celów żywieniowych ludzi i zwierząt.

## 4 METODYKA PROWADZENIA BADAŃ

---

Przedstawiony w poprzednim rozdziale cel pracy realizowano prowadząc w latach 2016 – 2018 wazonowe doświadczenia wegetacyjne w hali wegetacyjnej Katedry Żywności i Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

### 4.1 MATERIAŁY BADAWCZE

Materiał do badań stanowiły odmiany owsa: 5 odmian nagonasiennych i dwie odmiany oplewione oraz biopreparaty o zróżnicowanym składzie i różnym sposobie aplikacji. Gleba na której uprawiano owies to piasek słabogliniasty o odczynie pH=5,7, o niskiej zawartości fosforu oraz średniej zasobności w potas i magnez.

#### 4.1.1 MATERIAŁ SIEWNY OWSA

Spośród odmian nagonasiennych uprawiano odmiany Polar, Siwek, Nagus, Amant i Maczo, a więc wszystkie te, które zostały zamieszczone w Krajowym Rejestrze do roku 2016. Odmiany oplewione to powszechnie uprawiane na terenie całego kraju odmiany Komfort i Bingo.

##### Odmiany nieoplewione

**Polar:** zarejestrowana w Krajowym Rejestrze w 2002 roku. Słabo plonuje, przeciętnie toleruje zakwaszenie gleby, ale jest bardzo odporna na rdzę żdźbłową i mączniaka prawdziwego, jest też odporna na rdzę wieńcową i helmintosporiozę i septoriozę liści. Rośliny osiągają średnią wysokość, ale są odporne na wyleganie. Wiechuje i dojrzewa dość późno. Ziarno jest słabo wyrównane, ale posiada dużą MTZ oraz dużo białka i bardzo dużo tłuszczu.

**Siwek:** wyhodowana przez MHR-HBT, zarejestrowana w Krajowym Rejestrze w 2010 roku. Dobrze plonuje, jest średnio tolerancyjna na zakwaszenie gleby, ale odporna na mączniaka prawdziwego i septoriozę liści. Posiada słabą odporność na rdzę żdźbłową i wieńcową. Rośliny jej są dość niskie, o przeciętnej odporności na wyleganie. Późno wiechuje i dojrzewa. Ziarno jest słabo wyrównane o przeciętnej MTZ. Zawiera dużo białka i tłuszczu.

**Nagus:** wyhodowana przez Hodowlę Roślin – Danko i wpisana do Krajowego Rejestru w 2011 roku. Plonuje średnio, jest tolerancyjna na zakwaszenie gleby. Posiada słabą odporność na rdzę wieńcową i żdźbłową, natomiast jest odporna na mączniaka prawdziwego i septoriozę liści. Rośliny jej są niskie, o przeciętnej odporności na wyleganie. Charakteryzuje się średnim terminem wiechowania i dojrzewania oraz słabym wyrównaniem ziarna o średniej MTZ, ale o wysokiej zawartości białka i tłuszczu.

**Amant:** wyhodowana przez HR Strzelce (grupa IHAR) zarejestrowana w Krajowym Rejestrze w 2014 roku. Daje dobry plon, posiada dużą tolerancję na zakwaszenie gleb oraz rdzę wieńcową i żdźbłową. Jest odporna na mączniaka prawdziwego, helmintosporiozę i septoriozę liści. Charakteryzują ją wczesny termin wiechowania i przeciętny termin dojrzewania. Ziarno jest dobrze wyrównane o średniej masie tysiąca ziaren. Zawiera dużą ilość tłuszczu i średnią ilość białka.

**Maczo:** wyhodowana przez HR Strzelce (grupa IHAR), zarejestrowana w Krajowym Rejestrze w 2010 roku. Jest średnio tolerancyjna na zakwaszenie gleby, natomiast bardzo odporna na rdzę wieńcową oraz mączniaka prawdziwego i rdzę żdźbłową. Posiada słabą odporność na helmintosporiozę i septoriozę liści. Rośliny są niskie, a mimo to skłonne do wylegania. Wcześnie wiechuje, ale dojrzewa dość późno. Ziarno jest średnio wyrównane o średniej MTZ. Zawiera dużo białka i tłuszczu.

#### **Odmiany oplewione:**

**Komfort:** wyhodowana przez HR Danko, zarejestrowana w Krajowym Rejestrze w 2013 roku. Jest odmianą żółtoziarnistą. Plonuje wysoko, ale jest średnio tolerancyjna na zakwaszenie gleby. Jest średnio odporna na rdzę wieńcową i żdźbłową oraz septoriozę liści, natomiast odporna na mączniaka prawdziwego. Rośliny tej odmiany są średniej wysokości o dużej odporności na wyleganie. Wcześnie wiechuje i dojrzewa. Udział łuski w ziarnach posiada niewielki, masę tysiąca ziaren (MTZ) średnią o niewielkiej zawartości białka, ale dużej zawartości tłuszczu.

**Bingo:** wyhodowana przez HR Strzelce (grupa IHAR). Jest odmianą żółtoziarnistą, dającą duży plon ziarna. Jest średnio odporna na zakwaszenie gleby, ale odporna na mączniaka prawdziwego i rdzę wieńcową. Rośnie dość wysoko, jest przeciętnie odporna na wyleganie. Wcześnie wiechuje i dojrzewa. Ziarno zawiera średnią ilość białka i dużą ilość tłuszczu.

#### 4.1.2 BIOPREPARATY

Biopreparaty, które w założeniu miały wspomagać wykorzystanie przez rośliny składników pokarmowych to:

- 1) **AKRA N-Bakterien-Azoarcus** - preparat zawierający symbiotyczną bakterię azotową, która współistniejąc z roślinami wiąże azot, dlatego bardzo ważne jest aby materiał siewny wprowadzać do gleby z żyjącymi bakteriami *Azoarcus spp.*, gdyż tylko wtedy możliwe jest szybkie rozmnożenie bakterii w roślinie. Według producenta dzięki stosowaniu tego preparatu możliwe jest zredukowanie nakładów na nawożenie azotem 40-80%. Służy do zaprawiania materiału siewnego, znacząco wpływa na rozwój systemu korzeniowego w glebie, dzięki czemu zwiększa zawartość substancji organicznej w glebie.
- 2) **Bombardier** – biostymulator i bionawóz do stosowania dolistnego. Jak zapewnia producent, dzięki jego elastyczności może być stosowany niemal przez cały sezon, chociaż najlepsze efekty przynosi po użyciu w określonej fazie wzrostu rośliny. Produkowany jest przez hiszpańską spółkę Kimatec Group. Jest oparty na materii organicznej pochodzenia roślinnego. W skład środka wchodzi azot organiczny, polisacharydy, kwasy fulwowe czy aminokwasy. Preparat działa zarówno na glebę jak i na samą roślinę. Poprawia dostępność wody z gleby dla roślin, zwiększa odporność roślin na stres i łagodzi skutki stresu który już wystąpił. Powoduje rozbudowę systemu korzeniowego poprzez rozwój masy włókników oraz poprawia ilość i jakość plonu.
- 3) **BioFol Plex** – preparat przeznaczony do stosowania dolistnego, przyspieszający rozwój i zwiększający odporność traktowanych roślin na czynniki stresowe. Dzięki swojej formulacji oraz unikatowemu składowi zapewnia roślinom idealne warunki do wykorzystania ich naturalnie wysokich możliwości plonowania. Zawiera 5% wyciągu z alg morskich uzyskiwanych w procesie zimnej ekstrakcji, dzięki czemu żadne składniki nie ulegają denaturacji. Zawiera N, S, mikroelementy, śladowe ilości hormonów roślinnych, betainy, aminokwasów i witaminę B1. Jest kompleksowany kwasami humusowymi. Może być stosowany na wszystkie rośliny, a na zboża jare – najczęściej od ruszenia wegetacji do fazy strzelania w źdźbło, ale ostatnie badania wskazały, że można go stosować od liścia flagowego do momentu kwitnienia w celu

uzyskania lepiej wypełnionego i lepszej jakości ziarna. Stosowanie powinno być dostosowane do aktualnego zapotrzebowania traktowanych roślin, kiedy wyrównanie deficytu poszczególnych składników przynosi największe efekty.

- 4) **Akra Kombi** – jak podaje producent firma Agro-Kombi, jest bezazotowym doglebowym nawozem wspomagającym z licznymi istotnymi dla fizjologii roślin makro i mikroskładnikami odżywczymi, który składa się z 16 różnych komponentów. Stosuje się go od stycznia do grudnia jako nawóz doglebowy. Ma postać granulatu, dlatego można go rozproszyc każdym rozsiewaczem. Według producenta Akra Kombi mobilizuje zawarte w glebie rezerwy składników pokarmowych (np. P, K, mikroskładników), dzięki czemu utrzymuje ważne dla rośliny makro i mikroelementy w formie przyswajalnej. Dzięki dużej zawartości krzemionki, wzmacnia tkankę roślinną. Producenci twierdzą, że poprawia też strukturę gleby i wspomaga aktywność mikroorganizmów glebowych. Pomimo niskiej zawartości fosforu i potasu, mobilizuje składniki występujące w postaci nieprzyswajalnej dla roślin. W okresie stresu wywołanego suszą mobilizuje wodę i wspomaga ukorzenianie, co pozwala roślinie lepiej przetrwać ten czas.

5) **Mieszanka 3 preparatów:**

- **Akra N-Bakterien-Azoarcus** (opisany wyżej),
- **Akra N-Bakterien-Azotobacter**- *Azotobacter* spp. to wolno żyjące bakterie azotowe (niesymbiotyczne) wiążące azot. Wiązanie następuje tylko wówczas gdy w bakteriach występuje zapotrzebowanie na azot. Bakterie te mogą występować na górnej i dolnej stronie liści, zasiedlają również gleby. Dla lepszego wykorzystania nitrogenazy podczas stosowania *Akra N-Bakterien-Azotobacter*, zaleca się tworzenie mieszanki z dodatkiem *Akra N-Bakterien-Azoarcus* i *Akra MSB* i stosować jako preparat do zaprawiania materiału siewnego.
- **Akra MSB** – naturalny preparat wspomagający uprawę roślin i ich jakość. Wyprodukowany na bazie melasy cukrowej z dodatkiem wysoko aktywnych szczepów bakterii kwasu mlekowego. Stosuje się w połączeniu z *Akra N-Bakterien-Azoarcus* i *Akra N-Bakterien-Azotobacter*.



## 4.2 DOŚWIADCZENIA WAZONOWE

Rośliny uprawiano w wazonach Wagnera o pojemności 5 kg gleby. Wszystkie obiekty prowadzono według ustalonych, przedstawionych niżej schematów, w czterech powtórzeniach.

W ramach realizacji zaplanowanych badań przeprowadzono trzy doświadczenia generowane sposobem aplikacji preparatów (doglebowo, dolistnie i donasiennie). Wszystkie preparaty niezależnie od sposobu ich aplikacji stosowano zgodnie z instrukcjami opracowanymi przez producentów.

Schemat doświadczenia, w którym oceniano wpływ stosowania preparatu bakteryjnego **AKRA N-Bakterien-Azoarcus** zawierał następujące obiekty:

- Bez nawożenia (obiekt kontrolny)
- AKRA N-Bakterien-Azoarcus
- AKRA N-Bakterien-Azoarcus + 0,1 g N
- AKRA N-Bakterien-Azoarcus + 0,2 g N
- Nawożenie mineralne NPK.

Ziarno wszystkich odmian owsa zaprawiano kilka dni przed ich wysiewem, umieszczając przeznaczone do wysiewu w plastikowym pojemniku i traktowano je odmierzoną ilością preparatu dokładnie wstrząsając pojemnikiem.

Azot w tych badaniach powinien stymulować namnażanie się tych bakterii w glebie a jego źródłem w doświadczeniu była saletra amonowa ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), którą dodawano doglebowo przed wysiewem ziarna.

Obiekt NPK to mineralne nawożenie doglebowe stosowane w metodyce doświadczeń wazonowych w ilości 1,0 g N w formie  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (0,5 g N przedsiewnie i 0,5 g N pogłównie) oraz 0,7g K i 0,2g P w formie  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .

W schemacie doświadczenia oceniającym skuteczność preparatów **Bombardier**

i **BioFol Plex** uwzględniono następujące obiekty:

- Obiekt kontrolny
- Preparat Bombardier + 0,5 g N
- Preparat Bombardier + 0,5 g N przy ograniczeniu podlewania do 30% połowej pojemności wodnej
- Preparat BioFol Plex + 0,5 g N
- Mineralne doglebowe nawożenie NPK

W doświadczeniu tym preparaty stosowano dolistnie opryskując rośliny trzykrotnie w ciągu okresu wegetacji w określonych fazach rozwoju roślin (krzewienie, kłoszenie, kwitnienie).

Nawożenie mineralne stosowano tak jak w doświadczeniu przedstawionym wyżej.

Doświadczenie, w którym stosowano doglebowy preparat **Akra Kombi** zaplanowano według następującego schematu:

- Bez nawożenia (obiekt kontrolny)
- Mieszanina 3 preparatów (AKRA N-Bakterien-Azoarcus, AKRA N-Bakterien-Azotobacter oraz AKRA MSB)
- Mieszanina preparatów + preparat AKRA Kombi
- Mieszanina preparatów + preparat AKRA Kombi przy ograniczeniu podlewania do 30% połowej pojemności wodnej
- Preparat AKRA Kombi + 0,5 g N
- Mineralne nawożenie NPK.

Nawożenie mineralne stosowano tak jak w wyżej opisanych doświadczeniach.

We wszystkich doświadczeniach do każdego wazonu wysiewano po 25 sztuk ziaren owsa, a po wschodach dokonywano przerywki pozostawiając do dalszej wegetacji 12 roślin. W okresie wegetacji roślin wilgotność gleby utrzymywano na poziomie 65% połowej pojemności wodnej gleby z wyjątkiem obiektu z niedoborem wody na którym wilgotność utrzymywano na poziomie 30% pojemności wodnej. Prowadzono także

obserwacje wzrostu i rozwoju roślin, a w przypadku pojawienia się chorób lub szkodników stosowano środki ochrony roślin. Rośliny owsa uprawiano do pełnej dojrzałości.

W każdym roku badań po zbiorze roślin określono plon ziarna i słomy, w trzech powtórzeniach ze wszystkich obiektów doświadczalnych przygotowano próbki średnie, które rozdrobiono i przygotowano do analiz chemicznych. Przedstawione wyniki stanowią średnią z 3 lat badań. W zebranych próbkach, zarówno w ziarnie jak i w słomie oznaczono zawartość makro- i mikrośkładników oraz obliczono wielkość pobrania makroskładników.

### **4.3 ANALIZY CHEMICZNE**

W zebranych próbkach ziarna i słomy owsa oznaczono:

- Zawartość azotu metodą kolorymetryczną po zmineralizowaniu próbek na mokro kwasem siarkowym i perhydrolem.
- Zawartość fosforu metodą kolorymetryczną, po zmineralizowaniu próbek w temperaturze 450<sup>0</sup>C.
- Zawartość potasu przy wykorzystaniu metody emisyjnej spektrometrii atomowej, dokonując pomiaru na aparacie Spectra AA 220 Fast Sequential firmy „Varian” , po zmineralizowaniu próbek w temperaturze 450<sup>0</sup>C.
- Zawartość magnezu, manganu, żelaza i miedzi - metodą absorbcyjnej spektrometrii atomowej, dokonując pomiaru na aparacie Spectra AA 220 Fast Sequential firmy „Varian”, po zmineralizowaniu próbek w temperaturze 450<sup>0</sup>C.
- Zawartość cynku metodą absorbcyjnej spektrometrii atomowej, dokonując pomiaru na aparacie AAS 30 firmy C. Zeiss Jena, po zmineralizowaniu próbek w temperaturze 450<sup>0</sup>C.

Dokonując pomiarów zachowano właściwe parametry długości fal i szerokości szczelin dla poszczególnych pierwiastków.

#### **4.4 METODY STATYSTYCZNE**

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie w programie Statistica, wersja 13.1. Na podstawie wieloczynnikowej analizy wariancji (ANOVA), po weryfikacji rozkładu normalnego testem W Shapiro-Wilka i w przypadku jego braku poddano analizie po transformacji danych metodą Boxa-Coxa, wyszczególniono grupy jednorodne za pomocą testu Tukeya.

Na wykresach, na których zaprezentowano dane dotyczące zawartości danego pierwiastka w ziarnie lub słomie owsa, oznaczono grupy jednorodne. Ze względu na ilość czynników uzyskano grupy o długich oznaczeniach. Z tego względu zdecydowano zastąpić oznaczenia wieloliterowe wpisując jedynie pierwszą i ostatnią literę grupy. Przykład: dla grupy ABCDE, widoczna na wykresie etykieta to A:E.

## 5 WYNIKI BADAŃ

---

### 5.1 OCENA BIOPREPARATÓW DO ZAPRAWIANIA ZIARNA

Przy omawianiu wyników tego doświadczenia, zarówno w tekście jak i w tabelach oraz rysunkach, gdy mowa jest o preparacie „AKRA N-Bakterien Azoarcus”, używana jest nazwa gatunkowa bakterii „Azoarcus”.

#### 5.1.1 PLONOWANIE I SKŁAD CHEMICZNY OWSA

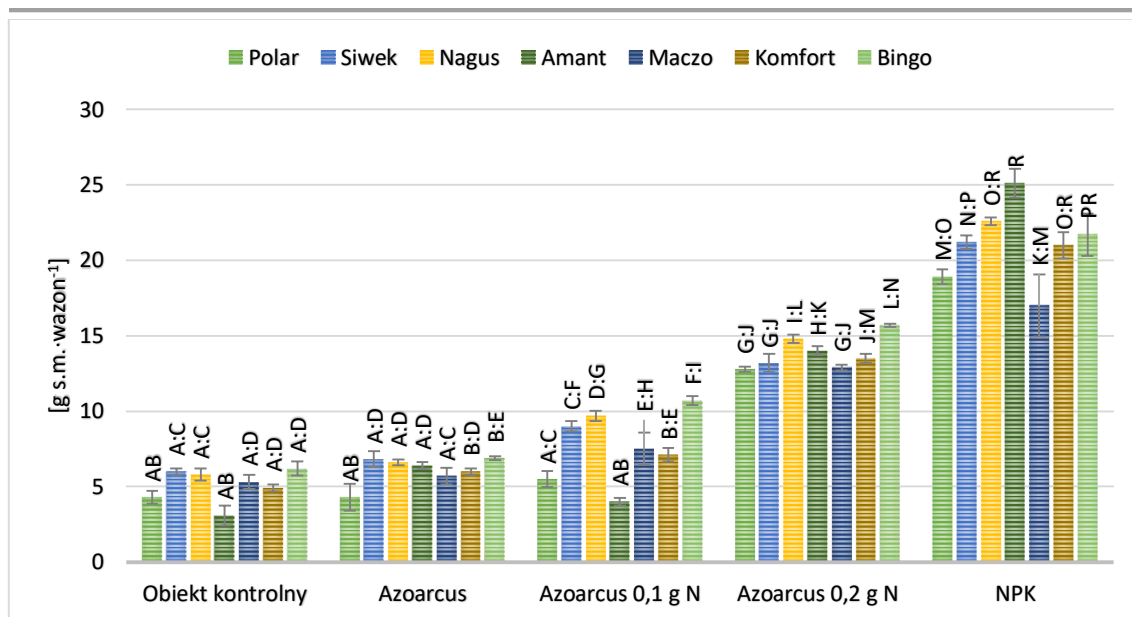
- **Plonowanie owsa**

Na najsłabszym pod względem zasobności w składniki pokarmowe stanowisku, czyli na obiekcie kontrolnym, nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w plonie ziarna poszczególnych odmian. Na tych obiektach najlepiej plonowała odmiana oplewiona Bingo, a wśród odmian nagonasiennych odmiana Siwek, najsłabiej natomiast odmiana Amant.

Również na obiektach na których zaprawiano ziarno, a także na tych na których zaprawiane ziarno wspomagano dawką startową azotu  $0,1\text{g N}\cdot\text{wazon}^{-1}$ , najlepszy plon ziarna spośród odmian nagonasiennych wydała odmiana Siwek, a wśród odmian oplewionych odmiana Bingo. Po zaprawieniu ziarna oraz zastosowaniu dawki startowej azotu wystąpiły istotne różnice w wysokości plonu ziarna.

Po zwiększeniu dawki startowej azotu do  $0,2\text{ g N}\cdot\text{wazon}^{-1}$ , uzyskano istotnie wyższe i bardziej wyrównane plony ziarna poszczególnych odmian (rys. 1). Najwyższy plon ziarna ( $15,7\text{ g}$ ) dała odmiana oplewiona Bingo i spośród odmian nagoziarnistych jedynie odmiana Nagus, nie różniła się istotnie i plonowała na zbliżonym poziomie ( $14,8\text{ g}$ ).

Mineralne nawożenie NPK działało bardziej plonotwórczo, a uzyskany plon ziarna i słomy był istotnie wyższy. Najwyższy średni plon ziarna uzyskano u odmiany Amant ( $25,1\text{ g s.m.}$ ) i był on istotnie wyższy niż uzyskany dla odmian Polar ( $18,9\text{ g s.m.}\cdot\text{wazon}^{-1}$ ), Siwek ( $21,2\text{ g s.m.}\cdot\text{wazon}^{-1}$ ) i Maczo ( $17\text{ g s.m.}\cdot\text{wazon}^{-1}$ ) (rys. 1).



**Rysunek 1** Plon ziarna owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

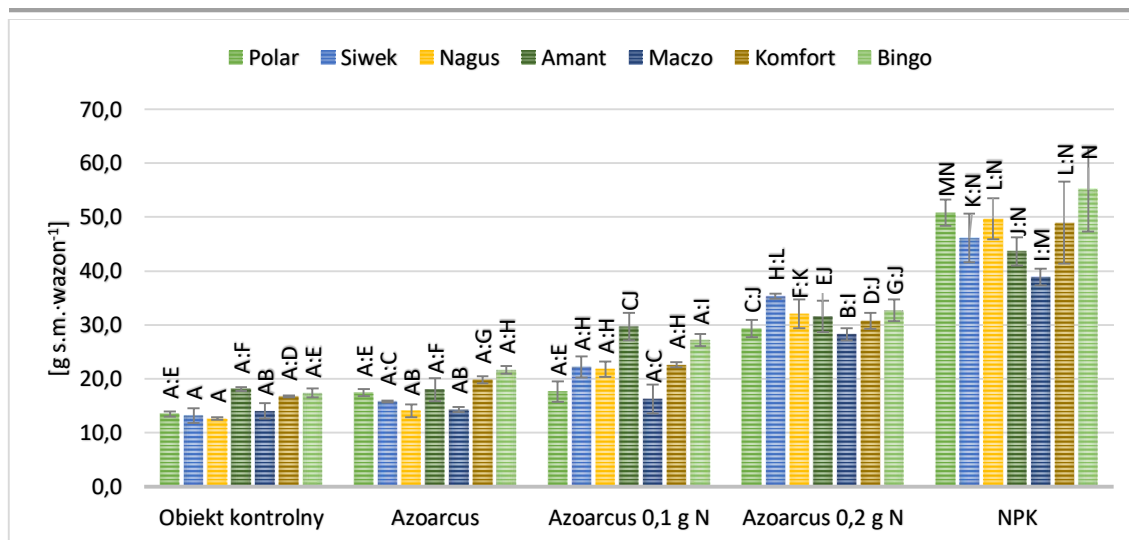
Plon słomy na obiekcie kontrolnym kształtował się w zakresie od 12,6 g s.m. · wazon<sup>-1</sup> u odmiany Nagus do 17,3 g s.m. · wazon<sup>-1</sup> u odmiany Bingo, a poszczególne odmiany nie różniły się istotnie wysokością plonu słomy (rys. 2).

Brak statystycznie istotnych różnic w wysokości plonu słomy pomiędzy odmianami stwierdzono także na obiekcie na którym zaprawiano ziarno, a także obiekcie na którym zaprawiane ziarno wspomagano dawką startową azotu 0,1 g N · wazon<sup>-1</sup>. Spośród odmian nieoplewionych najlepiej plonowała odmiana Amant, a najslabiej Maczo i Polar (rys. 2).

Również po zwiększeniu dawki startowej azotu do 0,2 g N · wazon<sup>-1</sup>, w plonie słomy kształtującym się od 28,3 g s.m. · wazon<sup>-1</sup> dla odmiany Maczo do 35,3 g s.m. · wazon<sup>-1</sup> nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy odmianami.

Mineralne nawożenie spowodowało istotny wzrost plonu słomy w porównaniu do pozostałych obiektów i kształtował się w zakresie od 38,8 g s.m. · wazon<sup>-1</sup> u odmiany Maczo, do 55,1 g s.m. · wazon<sup>-1</sup> u odmiany Bingo (rys. 2).

Wpływ wybranych biopreparatów na plonowanie i skład chemiczny owsa nagiego  
(*Avena nuda* L.)



Rysunek 2 Plon słomy owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Dane przedstawione w tabeli 1, wskazują że plony odmian nagoziarnistych na obiektach kontrolnych kształtowały się w zakresie od 17,8 g·wazon<sup>-1</sup> do 21,2 g·wazon<sup>-1</sup> a odmian oplewionych były nieco wyższe i zbliżone do siebie.

Tabela 1 Średni plon całkowity nadziemnych części owsa

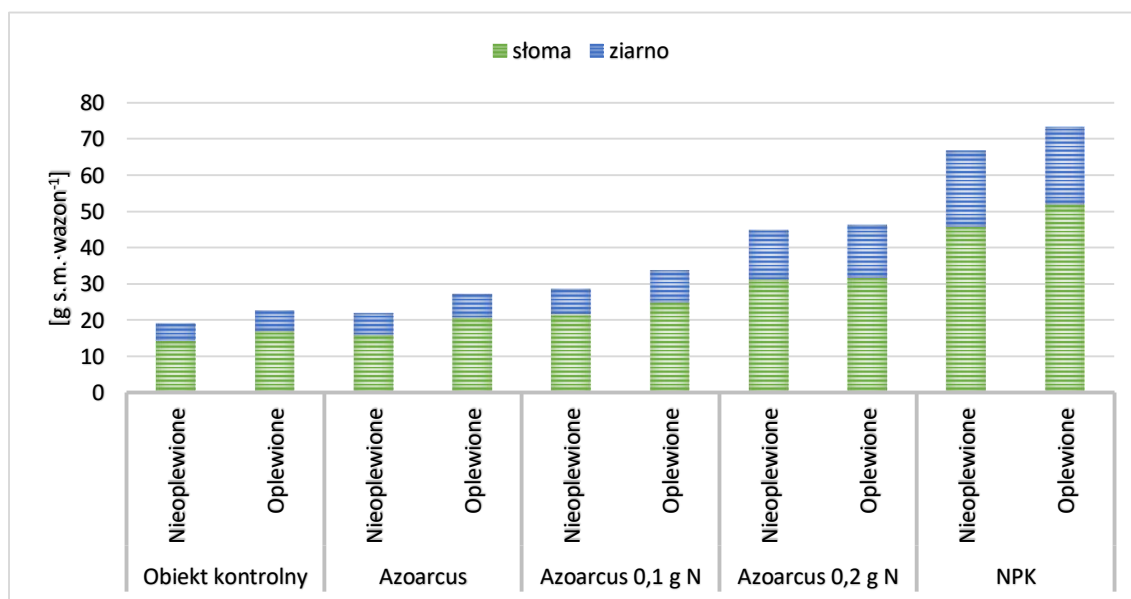
Odmiana	Obiekt kontrolny	Azoarcus	Azoarcus 0,1 g N	Azoarcus 0,2 g N	NPK
	[g s.m. · wazon <sup>-1</sup> ]				
<b>Polar</b>	17,8	21,7	23,1	42,1	69,8
<b>Siwek</b>	19,1	22,5	31,2	48,5	67,3
<b>Nagus</b>	18,4	20,6	31,5	46,8	72,2
<b>Amant</b>	21,2	24,4	33,6	45,6	68,8
<b>Maczo</b>	19,3	20,0	23,8	41,2	55,8
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>19,1</b>	<b>21,8</b>	<b>28,6</b>	<b>44,8</b>	<b>66,8</b>
<b>Komfort</b>	23,0	26,8	33,3	46,5	70,6
<b>Bingo</b>	24,1	28,9	38,7	50,6	79,7
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>23,5</b>	<b>27,8</b>	<b>36,0</b>	<b>48,5</b>	<b>75,2</b>

Zastosowanie preparatu z bakteriami *Azoarcus* wzmocnione dawką startową azotu w ilości 0,2 g N·wazon<sup>-1</sup>, spowodowało, że plon całkowity odmian nagonasiennych zwiększył się ponad dwukrotnie i kształtował się w zakresie od 41,2 do 48,5 g·wazon<sup>-1</sup>. Biorąc pod uwagę ekologiczny cel uprawy owsa nagoziarnistego i porównując z plonami

uzyskanymi w wyniku stosowania podstawowych składników w formie mineralnej, może to być obiecująca propozycja dla tego typu gospodarstw.

Jak wynika z danych przedstawionych na rys. 3, w warunkach zaprawiania ziarna owsa znacznie lepiej plonowały odmiany oplewione, których plon niezależnie od zastosowanych preparatów był średnio wyższy o 19%. Uzyskane dane wskazują, że w porównaniu z obiektem kontrolnym zastosowanie samego biopreparatu Azoarcus zwiększyło średni plon zarówno odmian nagonasiennych, jak i oplewionych, jednak istotność różnic w tym zakresie wykazano dopiero wówczas, gdy działanie tego preparatu wspomagano startowymi dawkami azotu.

Mimo pozytywnej reakcji plonotwórczej badanych odmian owsa na zaprawianie ziarna preparatem Azoarcus, to nawet przy podwójnej dawce startowej azotu, średni plon wszystkich odmian stanowił około 70% plonu uzyskanego w wyniku nawożenia mineralnymi, formami azotu, fosforu i potasu. Generalnie na wszystkich obiektach doświadczalnych uzyskano wyższy plon słomy niż ziarna.



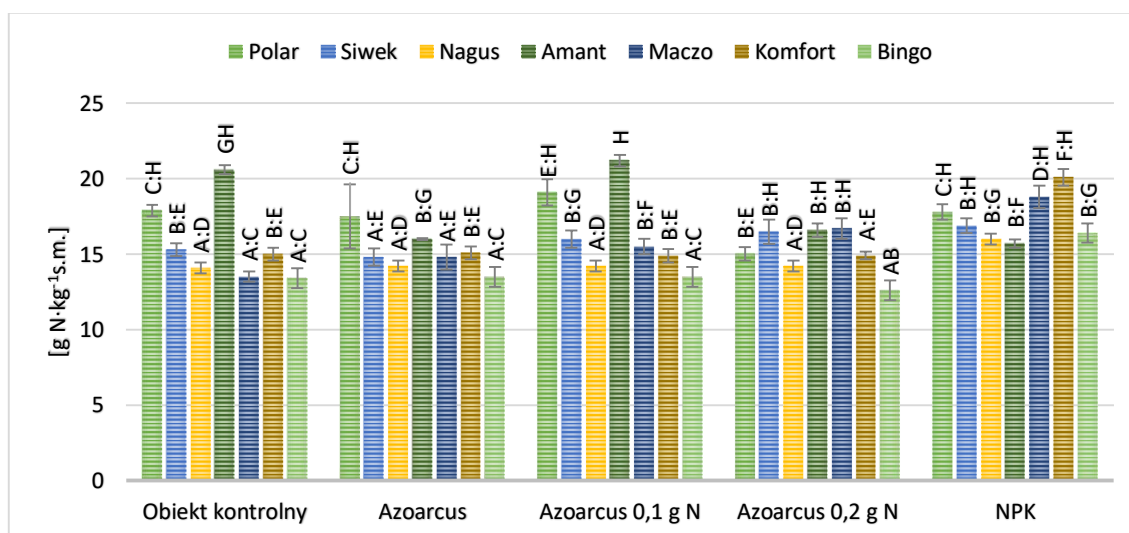
Rysunek 3 Plon całkowity nadziemnych części owsa



- **Zawartość i pobranie makroskładników**

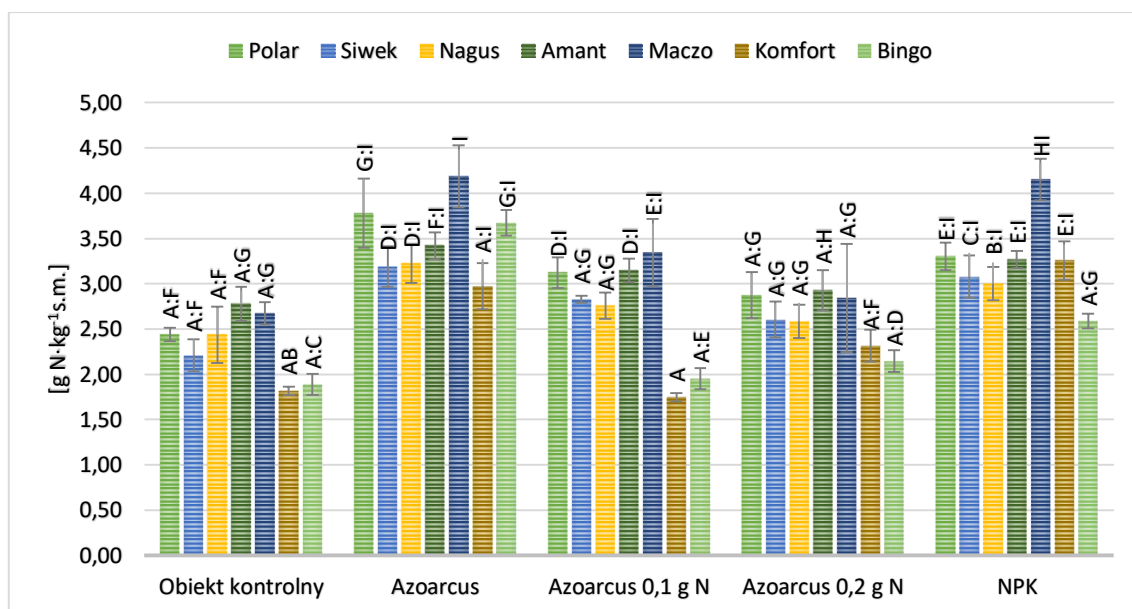
Na obiekcie z zaprawionym ziarnem i z dawką startową azotu 0,1 g·wazon<sup>-1</sup>, istotnie wyższą zawartość azotu w ziarnie miały odmiany Polar i Amant (rys. 4). Są to odmiany, które osiągnęły w tym wariacie nawożenia najniższe plony ziarna. Zarówno na obiektach z ziarnem zaprawionym preparatem Azoarcus i z dawką startową azotu 0,2 g N·wazon<sup>-1</sup>, jak i na obiektach nawożonych tradycyjnie NPK, nie występują statystycznie istotne różnice w zawartości azotu w ziarnie (rys.4).

Jak wskazują dane prezentowane na rysunku 4, najwięcej azotu w ziarnie na wszystkich obiektach doświadczalnych zawierały odmiany Amant i Polar. Mimo wykazanych różnic w tym zakresie istotnie więcej tego składnika w porównaniu z pozostałymi odmianami stwierdzono tylko w warunkach, kiedy zaprawione ziarno uprawiano, stosując dodatkowo dawkę startową azotu w ilości 0,1 g N·wazon<sup>-1</sup>. Najmniej azotu na wszystkich obiektach doświadczalnych zawierało ziarno odmiany Nagus. W warunkach prowadzonych badań wykazano, że najlepsze warunki do gromadzenia azotu przez ziarno nieoplewionych odmian owsa stwarzano zaprawiając materiał siewny preparatem Azoarcus i dodając do gleby niewielką ilość azotu (w doświadczeniach 0,1 g N·wazon<sup>-1</sup>).



**Rysunek 4** Zawartość azotu w ziarnie owsa. Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Zawartość azotu w słomie owsa kształtowała się w zakresie od 1,74 g·kg<sup>-1</sup>s.m. do 4,19 g·kg<sup>-1</sup>s.m. i była wyższa na wszystkich obiektach doświadczalnych w porównaniu z obiektem kontrolnym (rys.5). Przy czym w odróżnieniu od ziarna, najwięcej azotu zawierała słoma z obiektów traktowanych tylko preparatem Azoarcus. Zawartości te były porównywalne z tymi, jakie stwierdzono w słomie zebranej z obiektów nawożonych wyłącznie mineralnymi formami azotu, fosforu i potasu. Mimo zróżnicowanej zawartości tego składnika w słomie badanych odmian owsa nie stwierdzono istotności tych różnic. Jak wskazują dane zamieszczone na rys. 5, najmniej azotu zawierały odmiany Siwek i Nagus, a najwięcej Amant i Maczo.



**Rysunek 5** Zawartość azotu w słomie owsa. Test HSD Tukeya, Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Średnio w doświadczeniu odmiany nagonasienne na obiektach kontrolnych oraz tych, na których wysiewano ziarniaki zaprawione preparatem Azoarcus zawierały w zależności od obiektu od 7 do 15% więcej azotu niż odmiany oplewione. Analizując odmiany wytypowane do badań już na obiektach kontrolnych, zawierały one zróżnicowaną zawartość azotu i zróżnicowanie to obserwowano także na pozostałych obiektach doświadczalnych (tab. 2)

**Tabela 2** Całkowite pobranie azotu przez części nadziemne owsa

Odmiany	Obiekt kontrolny	Azoarcus	Azoarcus 0,1 g N	Azoarcus 0,2 g N	NPK
	[mg·wazon <sup>-1</sup> ]				
<b>Polar</b>	110,3	140,9	160,6	275,6	504,4
<b>Siwek</b>	120,7	150,3	206,5	309,2	499,2
<b>Nagus</b>	112,0	138,5	197,7	293,0	509,3
<b>Amant</b>	114,1	163,8	177,0	324,0	537,0
<b>Maczo</b>	109,2	144,5	170,5	296,0	480,6
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>113,2</b>	<b>147,6</b>	<b>182,4</b>	<b>299,6</b>	<b>506,1</b>
<b>Komfort</b>	123,9	163,8	199,4	304,9	594,6
<b>Bingo</b>	123,3	177,8	208,5	294,4	545,2
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>123,6</b>	<b>170,8</b>	<b>204,0</b>	<b>299,7</b>	<b>569,9</b>

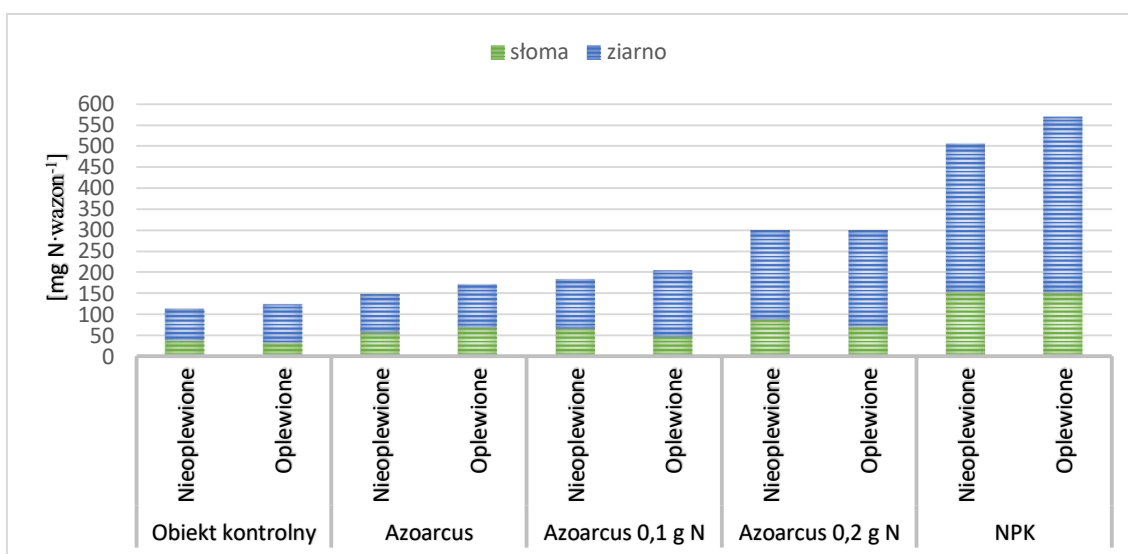
Z danych przedstawionych w tabeli 2 wynika, że zastosowany preparat Azoarcus na wszystkich obiektach zwiększył pobranie azotu przez części nadziemne owsa, które średnio w doświadczeniu było większe o 30% dla odmian nieoplewionych i o 38% dla odmian oplewionych. Podobnie jak w przypadku plonowania dodatek azotu przełożył się na wyższe jego pobranie, równoczesne zastosowanie dawki startowej 0,1 g N dodatkowo zwiększyło średnie pobranie azotu o 23% u odmian nieoplewionych i 19% u oplewionych, a podwójna dawka zwiększyła pobranie tego składnika o dalsze 64% przez odmiany nagie i 53% przez odmiany oplewione. Najwyższe pobranie azotu, niezależnie od odmiany, stwierdzono na obiektach nawożonych mineralnymi formami NPK, które średnio było wyższe o ponad 40% w porównaniu z obiektami na których uprawiano ziarno zaprawione preparatem Azoarcus i dodatkowo stosowano 0,2 g N na wazon.

Spośród odmian nieoplewionych najwięcej azotu pobrała odmiana Amant, a najmniej odmiana Polar. Z wybranych odmian oplewionych, średnio więcej tego pierwiastka pobrała odmiana Bingo.

Już na obiektach kontrolnych, na których nie stosowano nawożenia wykazano zróżnicowane pobranie azotu przez poszczególne odmiany owsa nieoplewionego. Najwięcej tego składnika pobrała z plonem całkowitym odmiana Siwek, a najmniej odmiana Maczo, natomiast obie badane odmiany oplewione pobrały zbliżone ilości tego

pierwiastka. Reakcja odmian na zaprawianie ziarna preparatem Azoarcus, była również zróżnicowana. Spośród odmian nieoplewionych, najlepiej na ten zabieg zareagowała odmiana Amant, która pobrała o 40% więcej azotu, natomiast najsłabiej Maczo i Siwek, których pobranie zwiększyło się tylko o około 20% (tab. 2).

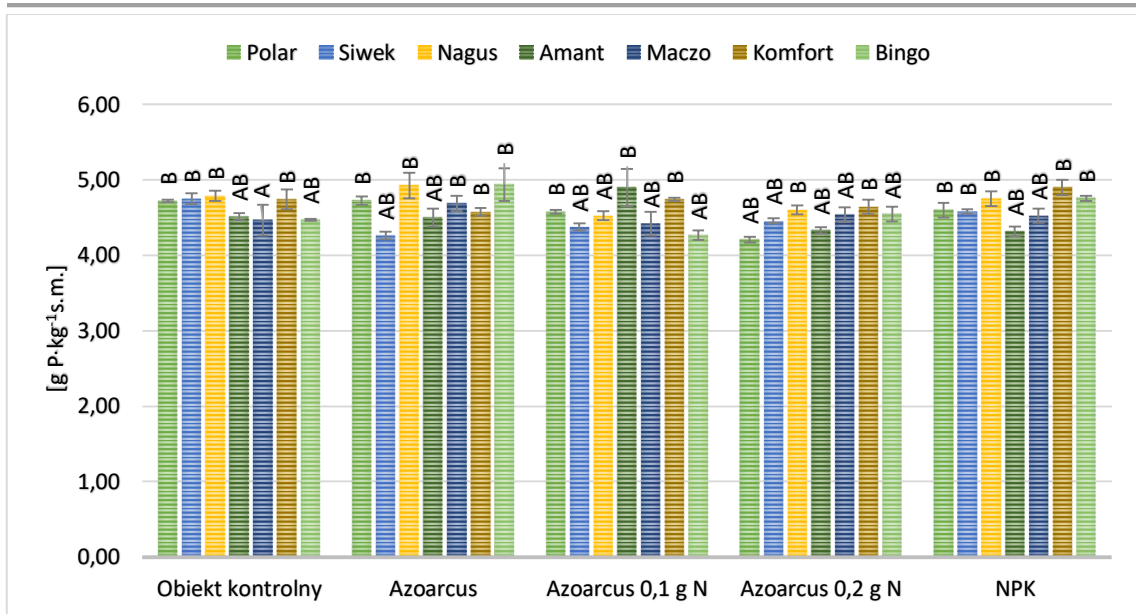
Średnio, więcej azotu nagromadziło ziarno niż słoma. Średnio więcej azotu pobrały odmiany oplewione, niezależnie od stosowanego nawożenia (rys. 6).



**Rysunek 6** Całkowite pobranie azotu przez części nadziemne owsa

**Zawartość fosforu** w ziarnie owsa kształtowała się w przedziale od 4,27 do 4,94 g·kg<sup>-1</sup> s.m. Jedynie w przypadku obiektów kontrolnych wystąpiła istotna statystycznie różnica w zawartości fosforu pomiędzy odmianami. Odmiana Komfort miała istotnie wyższą zawartość tego składnika niż odmiana Maczo (rys. 7).

Analiza uzyskanych w badaniach wyników wykazała, że na obiektach kontrolnych ziarno poszczególnych odmian zawierało zbliżoną ilość fosforu. Zaprawianie ziarniaków owsa przed siewem preparatem Azoarcus, wprowadzanie do gleby wzrastających dawek startowych azotu, a także nawożenie mineralnymi formami NPK i nie wpływało w sposób istotny na zawartość tego składnika. Średnio odmiany nagonasienne, niezależnie od obiektów doświadczalnych, zawierały od 4,42 do 4,65 g P·kg<sup>-1</sup> s.m.. Nie wykazano też istotnych różnic między odmianami w zakresie reakcji na stosowanie w ich uprawie biopreparatów. Chociaż na obiektach kontrolnych między zawartością fosforu w ziarnie odmiany Polar i Maczo była istotnie różna (rys. 7).

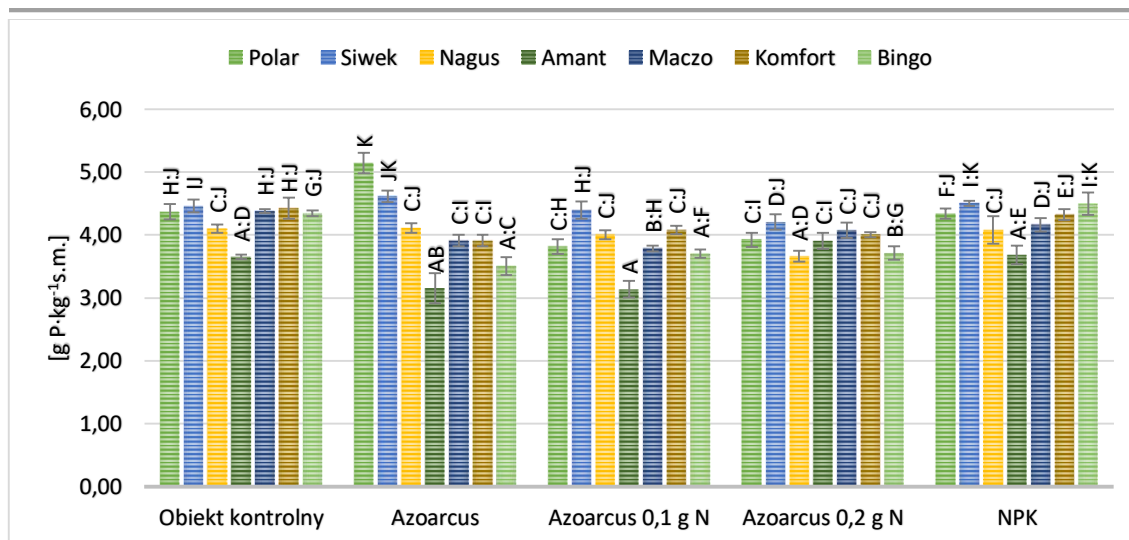


**Rysunek 7** Zawartość fosforu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Zawartość fosforu w słomie owsa oscylowała w zakresie od 3,14 do 5,14 g·kg<sup>-1</sup> s.m. Nie wykazano aby rodzaj nawożenia wpływał istotnie na zawartość fosforu w słomie owsa odmian nagonasiennych ani oplewionych (rys. 8).

Stwierdzono jednak, że najmniej tego składnika, niezależnie od sposobu uprawy, zawierała słoma odmiany Amant a zaprawienie ziarna tej odmiany preparatem Azoarcus i zastosowanie dawki startowej azotu istotnie obniżyło zawartość tego pierwiastka (rys. 8). Podobnie reagowała odmiana oplewiona Bingo.

Wpływ wybranych biopreparatów na plonowanie i skład chemiczny owsa nagiego  
(*Avena nuda* L.)



**Rysunek 8** Zawartość fosforu w słomie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

**Tabela 3** Całkowite pobranie fosforu przez nadziemne części owsa

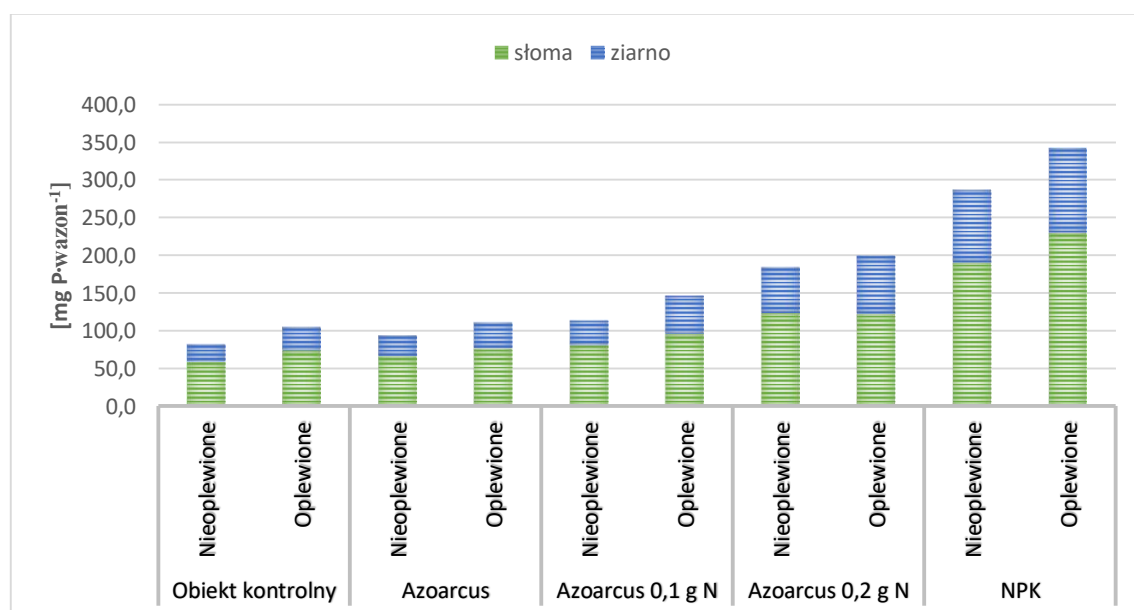
Odmiany	Obiekt kontrolny	Azoarcus	Azoarcus 0,1 g N	Azoarcus 0,2 g N	NPK
	[mg·wazon <sup>-1</sup> ]				
<b>Polar</b>	79,2	110,0	92,4	168,7	307,6
<b>Siwek</b>	87,0	101,6	136,8	207,1	304,7
<b>Nagus</b>	79,2	90,1	131,2	185,4	309,8
<b>Amant</b>	80,0	85,4	112,5	183,9	269,2
<b>Maczo</b>	85,1	82,7	94,8	173,9	238,5
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>82,1</b>	<b>94,0</b>	<b>113,5</b>	<b>183,8</b>	<b>286,0</b>
<b>Komfort</b>	103,5	109,3	143,0	196,2	317,9
<b>Bingo</b>	105,5	111,9	149,9	202,5	365,1
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>104,5</b>	<b>110,6</b>	<b>146,4</b>	<b>199,4</b>	<b>341,5</b>

Obliczone pobranie fosforu przez uprawiane odmiany owsa nagiego, które jest pochodną wielkości plonów i zawartości w nich badanego pierwiastka, wyraźnie wskazuje na wpływ stosowania biopreparatu Azoarcus na jego wykorzystanie z gleby (tab. 3). Średnio dla odmian nieoplewionych już sam preparat bez wspomaganie jego oddziaływania niewielką ilością azotu, zwiększył wnos fosforu z gleby o około 15%. Dodatek azotu zarówno w ilości 0,1 g N·wazon<sup>-1</sup>, jak i w dawce podwojonej, skutkowało wzrostem wykorzystania fosforu z gleby o dalsze 60%.

W porównaniu z obiektem kontrolnym średnie pobranie fosforu przez nieoplewione odmiany owsa w warunkach wspomaganie działania preparatu Azoarcus podwójną dawką startową azotu było ponad dwukrotnie wyższe (tab. 3). Średnio najwięcej tego składnika pobrały jednak nagonasienne odmiany owsa nawożone mineralnymi formami NPK. Odmiany oplewione, stanowiące tło porównawcze, reagowały podobnie na zaprawianie ich ziarna preparatem Azoarcus, zwiększając wnos fosforu z gleby około dwukrotnie.

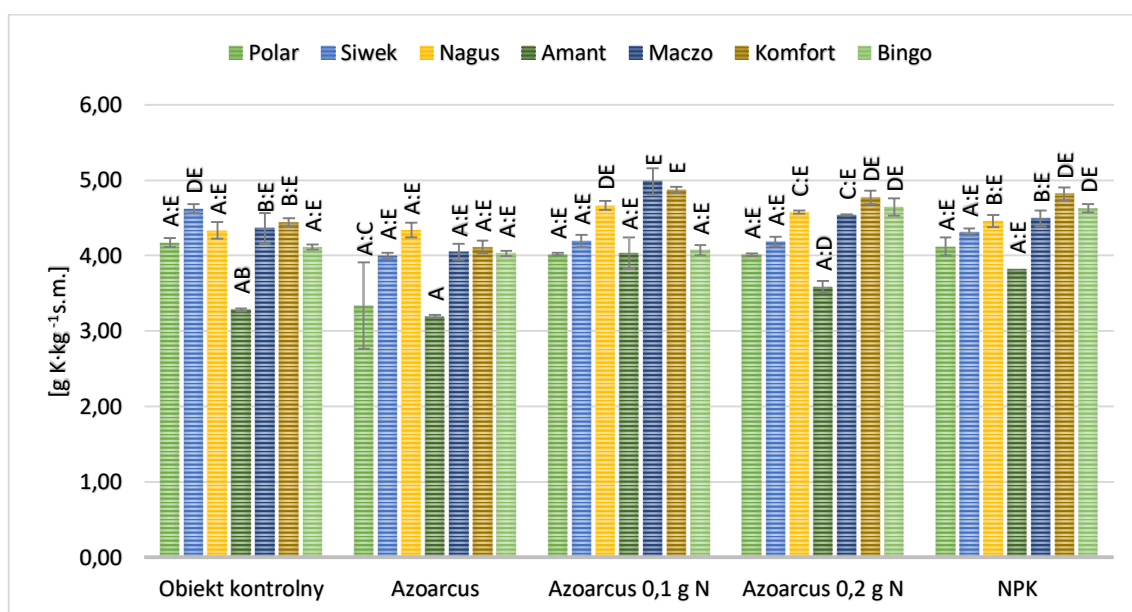
Reakcja odmianowa owsa nagiego była w tym zakresie niejednoznaczna, chociaż stwierdzono, że na większości obiektów najwięcej fosforu zgromadziła odmiana Siwek, a najmniej Polar. Odmiany oplewione niezależnie od sposobu uprawy, gromadziły zbliżone ilości fosforu. W odróżnieniu od azotu słoma wszystkich badanych odmian zgromadziła więcej fosforu niż ziarno.

Więcej fosforu pobrała słoma niż ziarno, a odmiany oplewione gromadziły go więcej niż nieoplewione (rys. 9).



**Rysunek 9** Całkowite pobranie fosforu przez nadziemne części owsa

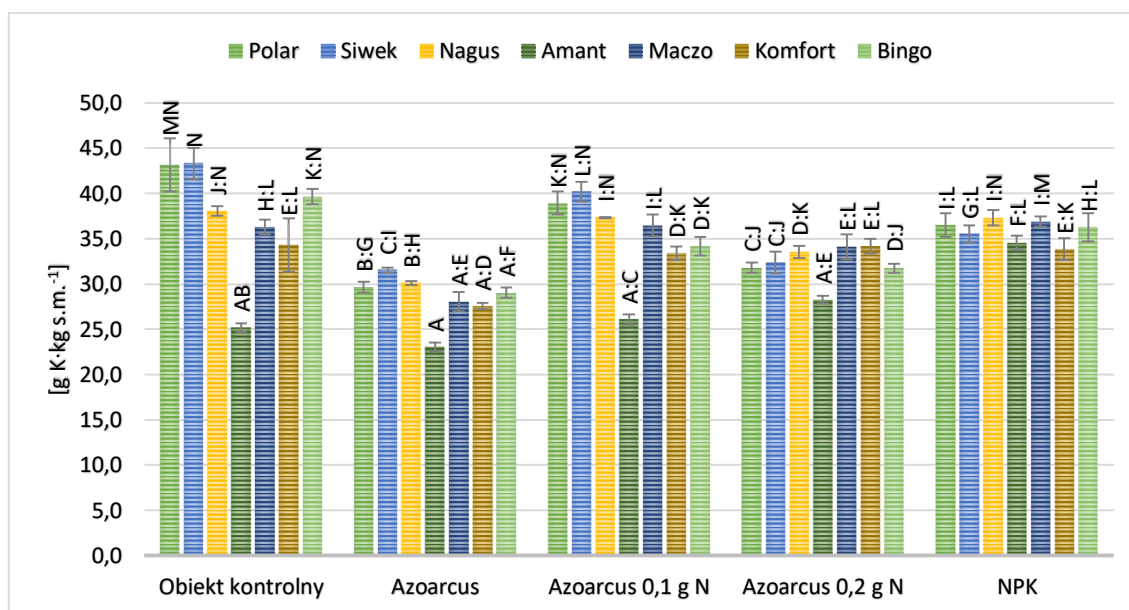
**Zawartość potasu** w ziarnie owsa przedstawiona na rysunku 10 oscylowała w granicach od 3,19 do 4,98 g K·kg<sup>-1</sup> s.m.. Uzyskane dane wskazują, że średnio zarówno odmiany nagie, jak i oplewione reagowały obniżeniem zawartości potasu w ziarnie w wyniku stosowania w ich uprawie preparatu Azoarcus. Jednak wspomaganie ich działania dodatkiem do gleby niewielkiej ilości azotu zwiększało zawartość tego składnika. Odmiana nagonasienna Amant, tak jak w przypadku fosforu zawierała najmniej potasu w ziarnie, niezależnie od analizowanego obiektu doświadczalnego. Ziarno odmiany Nagus i Maczo w warunkach prowadzonych badań zawierało tego składnika najwięcej.



**Rysunek 10** Zawartość potasu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Słoma owsa zawierała średnio około dziesięciokrotnie więcej potasu niż ziarno i zawierała się w zakresie od 25,22 do 40,16 g K·kg<sup>-1</sup> suchej masy (rys. 11). Podobnie jak w przypadku ziarna zaprawienie ich preparatem Azoarcus przed siewem obniżało zawartość potasu w słomie owsa niezależnie od tego, czy preparat stosowany był samodzielnie, czy też wspomagano jego działanie startowymi dawkami azotu. Oddziaływanie było widoczne także w uprawie odmian oplewionych na wszystkich obiektach. Najmniej potasu zawierała słoma odmiany Amant, a najwięcej odmiany Siwek.





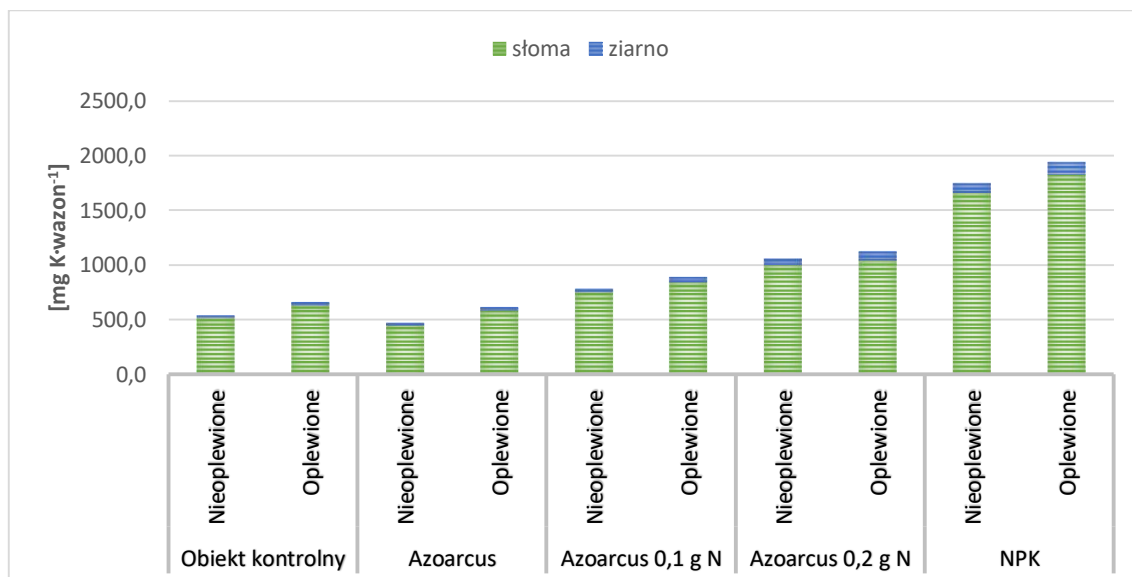
**Rysunek 11** Zawartość potasu w słomie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Zawartość potasu w ziarnie i słomie przełożyła się w znacznym stopniu na wielkość pobierania tego składnika. Z przedstawionych w tabeli 4 danych dotyczących ilości wyniesionego z gleby potasu wraz z plonem części nadziemnych owsa wynika jednoznacznie, że preparat Azoarcus powodował gorsze wykorzystanie potasu glebowego, gdyż rośliny odmian nieoplewionych pobierały średnio o 66,4 mg potasu z wazonu mniej od tych, które uprawiano na obiektach bez nawozów i biopreparatu. W przypadku odmian oplewionych było to około 40 mg mniej tego składnika z wazonu (rys. 12).

Zastosowane wraz z preparatem dawki startowe azotu zwiększyły wykorzystanie potasu. Już dawka azotu dodana w ilości 0,1 g N·wazon<sup>-1</sup> zwiększyła to wykorzystanie w porównaniu z obiektami bez dodatku azotu o około 60%, a dawka podwojona ponad dwukrotnie. Najwięcej potasu pobierały jednak części nadziemne owsa nawożone mineralnymi formami NPK. Nie wskazano natomiast odmiany, która niezależnie od sposobu uprawy gromadziłaby najwięcej potasu lub wykorzystywała go najslabiej. Jak wskazują dane zawarte w tabeli 4, wyniki były bardzo zróżnicowane i rozproszone.

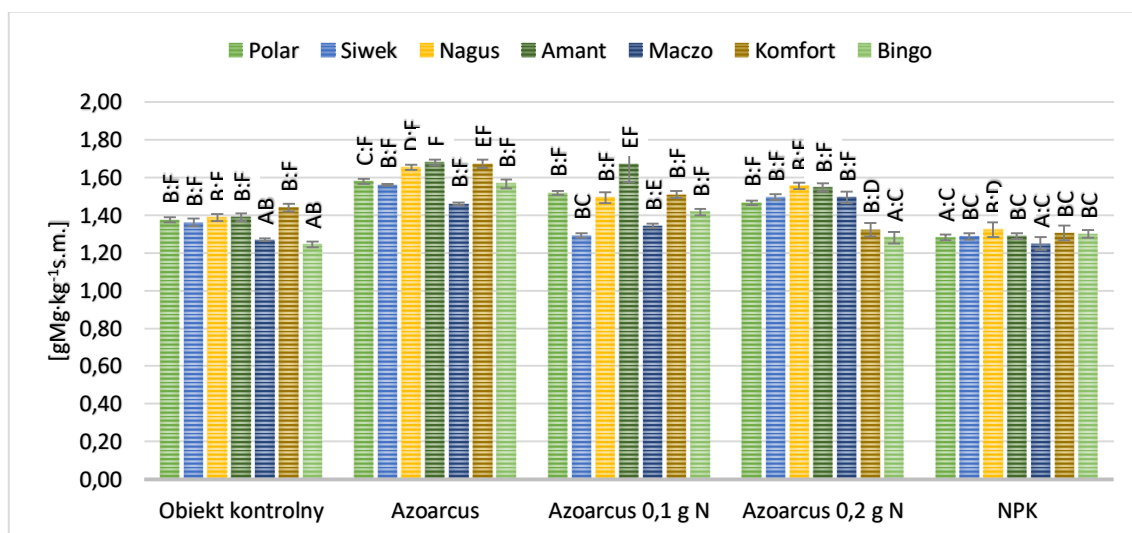
**Tabela 4** Całkowite pobranie potasu przez nadziemne części owsa

Odmiany	Obiekt kontrolny	Azoarcus	Azoarcus 0,1 g N	Azoarcus 0,2 g N	NPK
	[mg·wazon <sup>-1</sup> ]				
<b>Polar</b>	598,3	531,4	707,6	982,8	1935,0
<b>Siwek</b>	595,5	524,3	928,9	1197,7	1729,6
<b>Nagus</b>	504,6	451,1	858,7	1142,9	1954,3
<b>Amant</b>	466,8	434,3	790,2	942,0	1604,8
<b>Maczo</b>	532,1	423,4	630,8	1023,7	1509,4
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>539,5</b>	<b>472,9</b>	<b>783,2</b>	<b>1057,8</b>	<b>1746,6</b>
<b>Komfort</b>	601,5	574,0	806,0	1126,3	1761,5
<b>Bingo</b>	714,5	657,1	974,8	1120,1	2112,0
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>658,0</b>	<b>615,6</b>	<b>890,4</b>	<b>1123,2</b>	<b>1936,7</b>



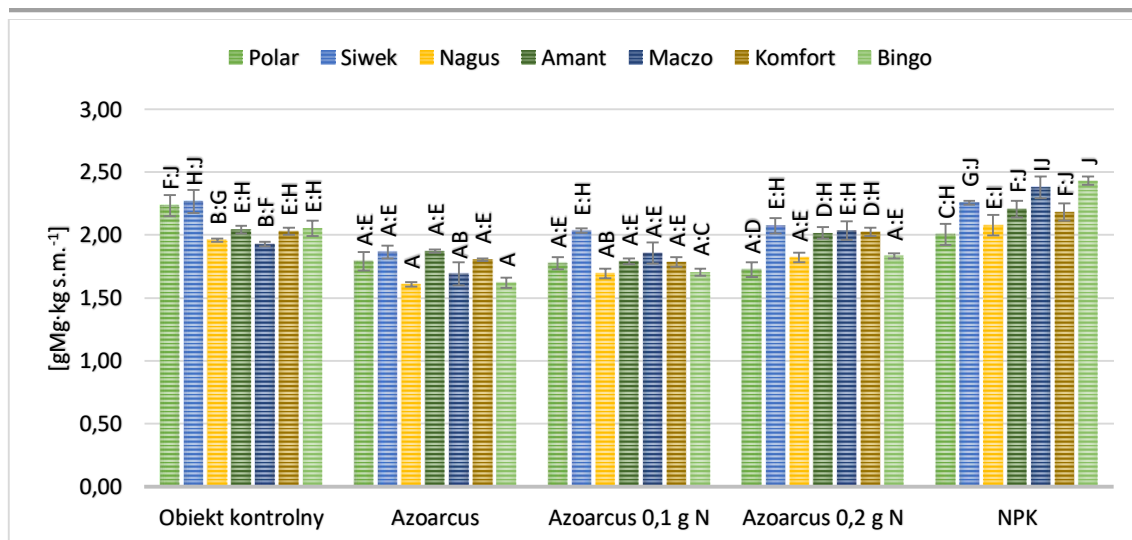
**Rysunek 12** Całkowite pobranie potasu przez nadziemne części owsa

**Zawartość magnezu** w ziarnie owsa odmian nagonasiennych zależała od jego zaprawienia bakteriami zawartymi w preparacie Azoarcus, gdyż jak wskazują dane przedstawione na rysunku 13, średnio w doświadczeniu więcej tego pierwiastka stwierdzono w ziarnie tych odmian, na obiektach, gdzie Azoarcus był stosowany zarówno samodzielnie, jak i wraz ze startowymi dawkami azotu. Podobnie reagowały obie odmiany oplewione, jednak podwójna dawka startowa azotu wpłynęła na obniżenie zawartości tego pierwiastka. Ziarno owsa zebrane z obiektów, na których w uprawie tej rośliny stosowano nawożenie mineralne, zawierało mniej tego składnika. Zawartości te kształtowały się na poziomie obiektów kontrolnych. Najmniej magnezu zawierało ziarno odmiany Maczo, a najwięcej odmiany Amant. Nie wykazano znaczących różnic w zawartości między odmianami nagonasiennymi i oplewionymi (rys. 13).



**Rysunek 13** Zawartość magnezu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Zawartość magnezu w słomie owsa była wyższa niż w ziarnie i kształtowała się w przedziale od 1,61 do 2,38 g Mg·kg<sup>-1</sup> s.m.(rys. 14). Zaprawienie ziarna owsa przed siewem preparatem Azoarcus skutkowało obniżeniem zawartości tego pierwiastka w słomie wszystkich uprawianych odmian owsa, przy czym w największym stopniu dotyczyło to obiektów, na których preparat ten stosowany był samodzielnie. Największą zawartością magnezu charakteryzowała się słoma odmiany Siwek, a najniższą odmiany Nagus.



**Rysunek 14** Zawartość magnezu w słomie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

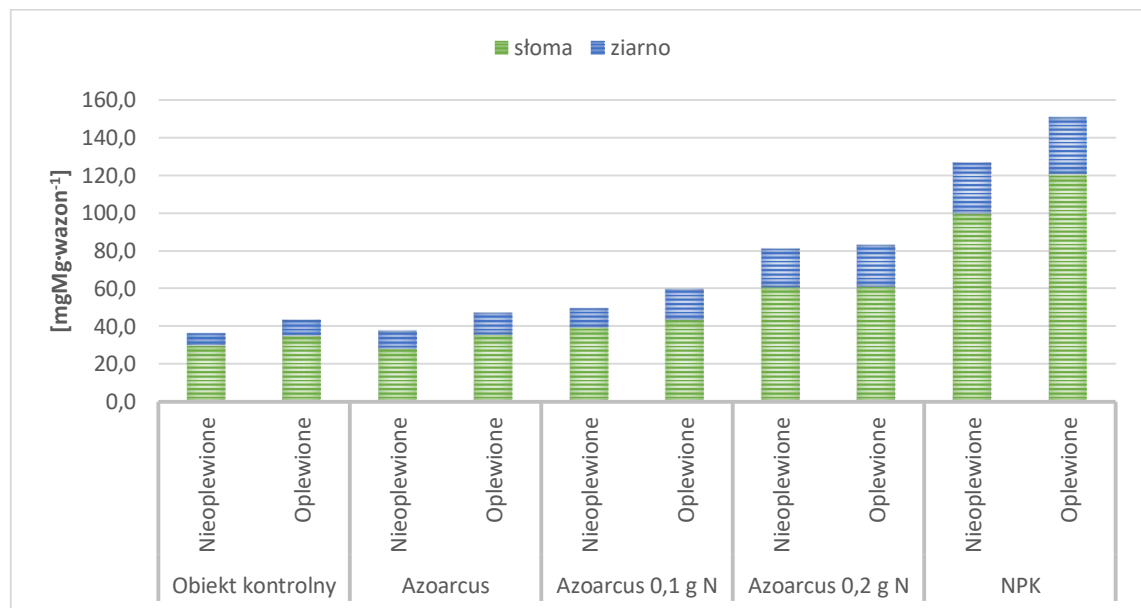
Zastosowany w uprawie owsa biopreparat Azoarcus decydował również o wielkości pobrania magnezu przez części nadziemne tej rośliny (tab. 5). Już zastosowany samodzielnie, zwiększył ilość wyniesionego z gleby badanego składnika, chociaż wykazane różnice były nieistotne statystycznie. Istotność różnic wykazano dopiero po dodaniu do gleby startowych dawek azotu. Już przy niższej jego dawce pobranie magnezu wzrosło o około 40% w stosunku do obiektu kontrolnego, a przy dawce podwojonej średnio około dwukrotnie.

**Tabela 5** Całkowite pobranie magnezu przez nadziemne części owsa

Odmiany	Obiekt kontrolny	Azoarcus	Azoarcus 0,1 g N	Azoarcus 0,2 g N	NPK
	[mg·wazon <sup>-1</sup> ]				
<b>Polar</b>	36,0	38,0	39,6	69,3	126,2
<b>Siwek</b>	37,9	40,0	56,7	93,0	131,4
<b>Nagus</b>	32,7	33,4	51,4	81,4	133,1
<b>Amant</b>	41,3	44,4	59,7	85,3	128,8
<b>Maczo</b>	33,8	32,5	40,3	76,9	113,6
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>36,3</b>	<b>37,7</b>	<b>49,6</b>	<b>81,2</b>	<b>126,6</b>
<b>Komfort</b>	42,9	47,4	56,5	83,1	135,2
<b>Bingo</b>	44,0	46,5	62,7	82,9	166,1
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>43,5</b>	<b>46,9</b>	<b>59,6</b>	<b>83,0</b>	<b>150,7</b>

Najwięcej magnezu wykorzystały jednak odmiany owsa uprawiane na obiektach nawożonych mineralnymi formami azotu, fosforu i potasu. W stosunku do obiektu kontrolnego były to ilości około 3,5-krotnie wyższe. Spośród uprawianych odmian nagonasiennych najwięcej tego pierwiastka pobrała odmiana Amant, a najmniej Maczo (tab. 5).

Analizując średnie ilości wyniesionego z gleby magnezu, nieznacznie więcej zgromadziły go odmiany oplewione. Istotnie więcej tego pierwiastka pobrała słoma niż ziarno (rys. 15).

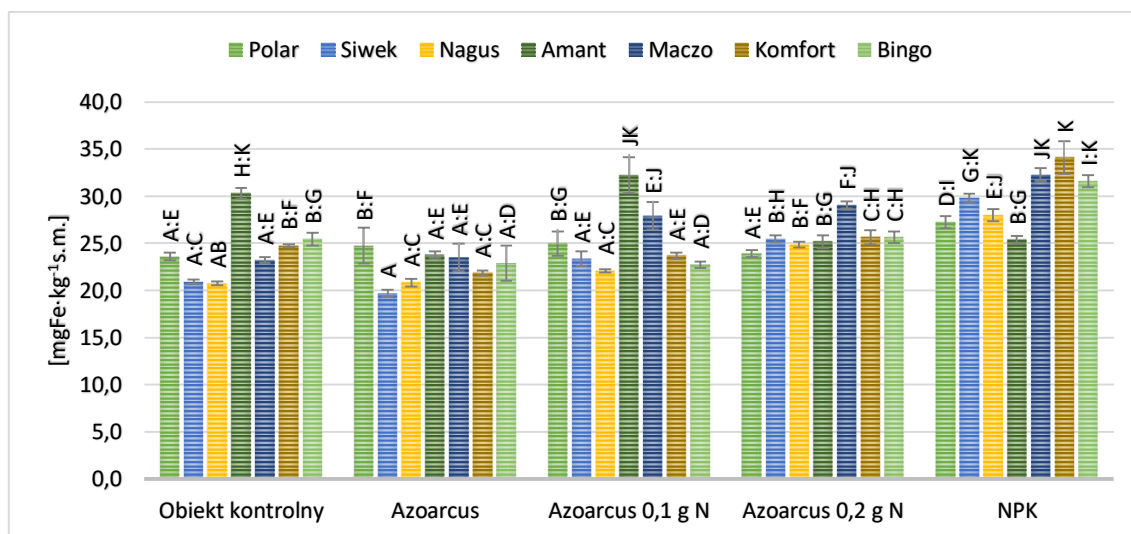


**Rysunek 15** Całkowite pobranie magnezu przez nadziemne części owsa

• **Zawartość mikrośladników**

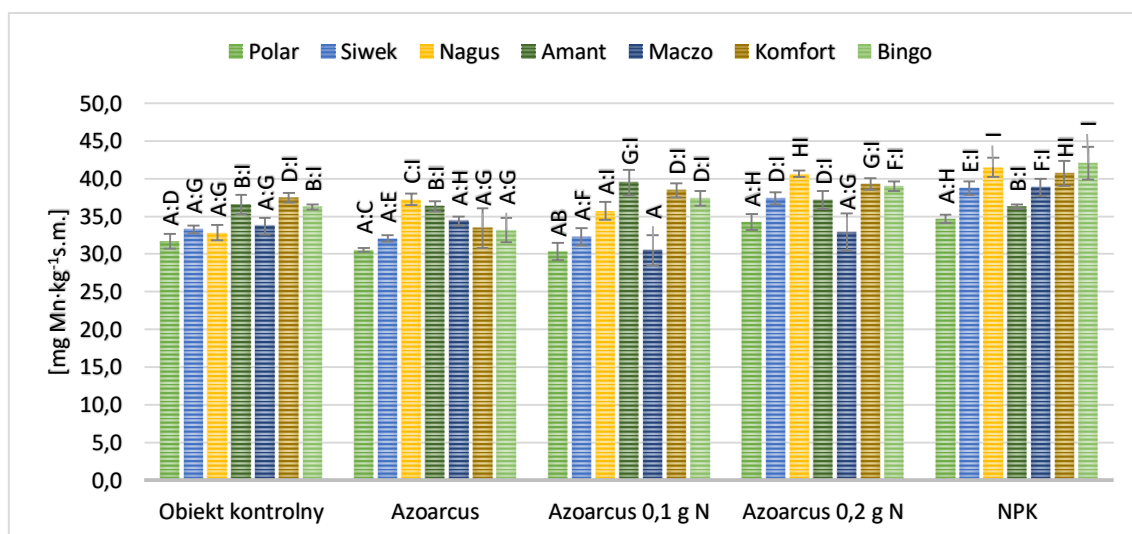
Realizując cel pracy, który zakładał oprócz oceny plonowania, ocenę składu chemicznego owsa w wyniku stosowania w uprawie 5 odmian tego gatunku różnych biopreparatów, w zebranym plonie oznaczono także zawartość podstawowych mikrośladników. W pracy zamieszczono tylko zawartość badanych mikroelementów w ziarnie owsa.

Jak wskazują dane zamieszczone na rysunku 16, średnia **zawartość żelaza** w doświadczeniu kształtowała się w zakresie 22,5 do 28,6  $\text{mg Fe} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. jednak nie wykazano istotnych różnic w wyniku donasiennego stosowania preparatu zawierającego bakterie *Azoarcus* zarówno samodzielnie, jak i z dodatkiem azotu. Najwięcej tego mikroelementu zawierało ziarno owsa wszystkich odmian zebrane z obiektów nawożonych mineralną formą azotu, fosforu i potasu. Wskazano jednak, że spośród odmian nagonasiennych najwięcej żelaza gromadziła odmiana Amant, a najmniej odmiana Siwek.



**Rysunek 16** Zawartość żelaza w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

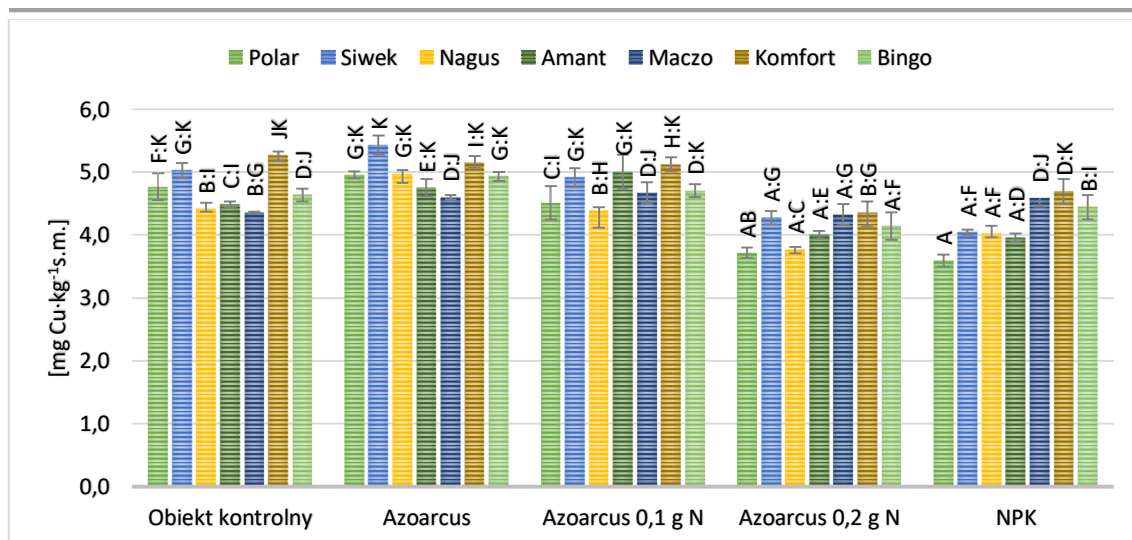
Podobne wyniki uzyskano, analizując **zawartość manganu** w ziarnie badanych odmian owsa nagiego. Ani samo zaprawianie ziarna bakteriami Azoarcus, ani wspomaganie ich działania obecnością w glebie azotu, nie wpłynęło na istotne różnicowanie koncentracji tego mikroelementu. Średnio więcej manganu zawierały odmiany uprawiane w warunkach tradycyjnego mineralnego nawożenia. Również w tym przypadku można wskazać, że najwięcej badanego pierwiastka zawierała odmiana Amant, a najmniej natomiast Polar (rys. 17).



**Rysunek 17** Zawartość manganu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

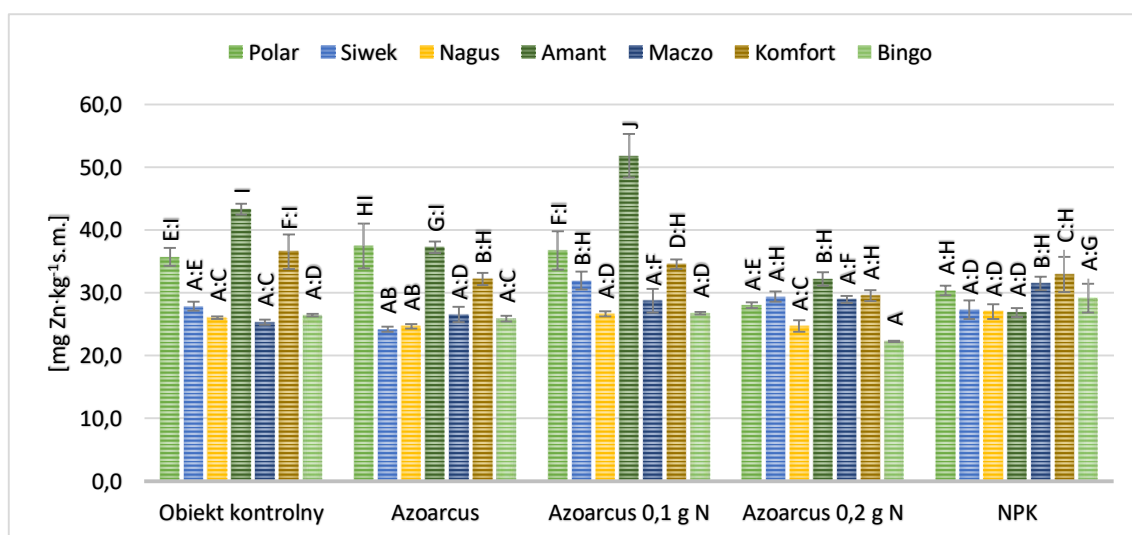
**Zawartość miedzi** w ziarnie owsa odmian nagoziarnistych i oplewionych była do siebie zbliżona niezależnie od warunków, w której były uprawiane. Nie wykazano istotnych różnic w tym zakresie, natomiast analiza odmian pozwoliła wskazać, że w tym przypadku odmiana nieoplewiona Siwek gromadziła najwięcej tego mikroskładnika (rys. 18).

Wpływ wybranych biopreparatów na plonowanie i skład chemiczny owsa nagego  
(*Avena nuda* L.)



**Rysunek 18** Zawartość miedzi w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Jak wskazują dane przedstawione na rysunku 19, średnio najwięcej **cyнку** odmiany nagoziarniste zawierały na obiektach, na których oprócz zaprawienia ziarna stosowano dogłębowo startową dawkę azotu w ilości 0,1 g N·wazon<sup>-1</sup>. W przypadku dwóch odmian oplewionych nie wykazano znacznych różnic w zawartości tego pierwiastka w zależności od warunków uprawy. Podobnie jak w przypadku żelaza i manganu, również cynk w największej ilości gromadziła odmiana Amant.



**Rysunek 19** Zawartość cynku w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05



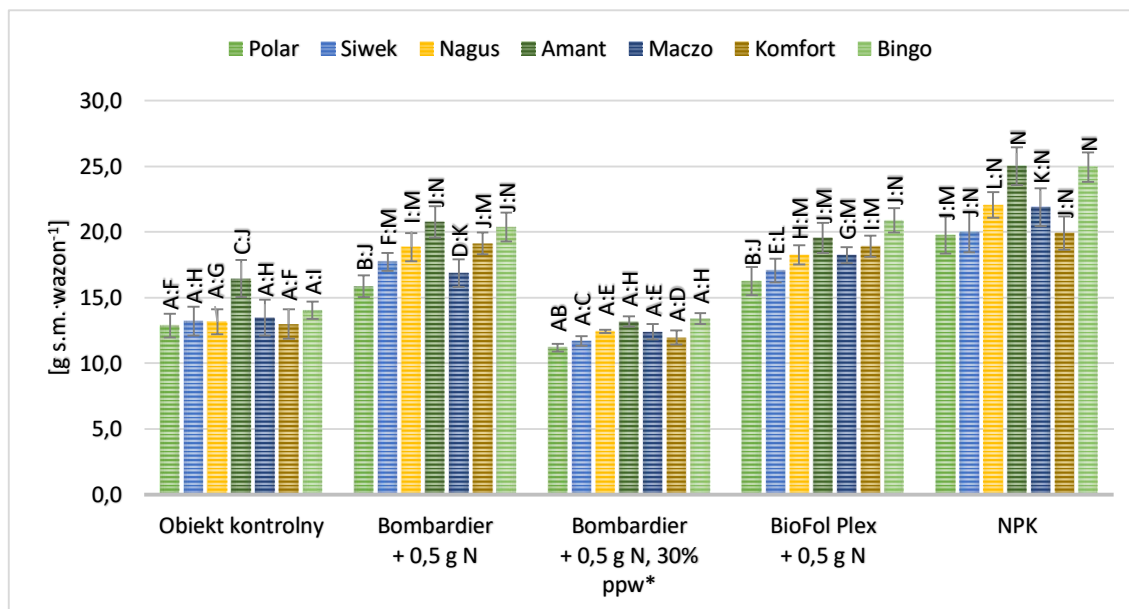
## 5.2 OCENA BIOPREPARATÓW DO STOSOWANIA DOLISTNEGO

W ramach oceny wpływu biopreparatów przeznaczonych do stosowania dolistnego wykorzystano preparaty Bombardier i BioFol Plex, których charakterystykę podano w rozdziale Metodyka badań.

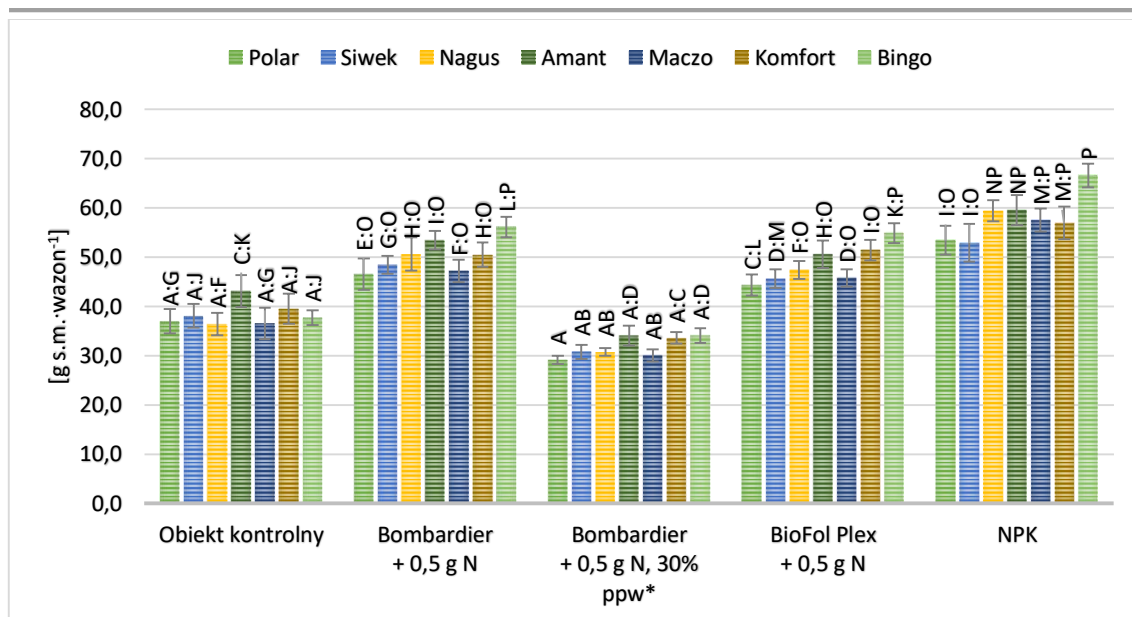
### 5.2.1 PLONOWANIE I SKŁAD CHEMICZNY OWSA

- **Plonowanie owsa**

Dane zaprezentowane na rysunku 20 i 21 wskazują na istotne zróżnicowanie w plonowaniu zarówno ziarna jak i słomy badanych odmian owsa. Stwierdzono, że oba preparaty zwiększyły plon wszystkich odmian owsa w porównaniu z obiektami, na których nie stosowano żadnego nawożenia. Biorąc pod uwagę informacje producenta o zdolności preparatu Bombardier do zwiększenia odporności roślin na suszę, bądź łagodzenia jej skutków, w doświadczeniach postanowiono ocenić w jakim stopniu niedobór wody wpłynie na wielkość plonów i wykorzystanie składników pokarmowych przez podane odmiany owsa.



**Rysunek 20** Plon ziarna owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne, alfa = 0,05



**Rysunek 21** Plon słomy owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne, alfa = 0,05

W tym celu zaprojektowano obiekt, na którym stosowano preparat Bombardier, a wilgotność gleby utrzymywano na poziomie 30% połowej pojemności wodnej. Uzyskane wyniki świadczą o tym, że preparat ten nie spełnił oczekiwań w tym zakresie. Zarówno plon ziarna jak i słomy był niższy nawet od uzyskanego na obiekcie kontrolnym i istotnie niższy od stwierdzonego na pozostałych obiektach, zarówno w przypadku odmian nieoplewionych i oplewionych (rys. 23).

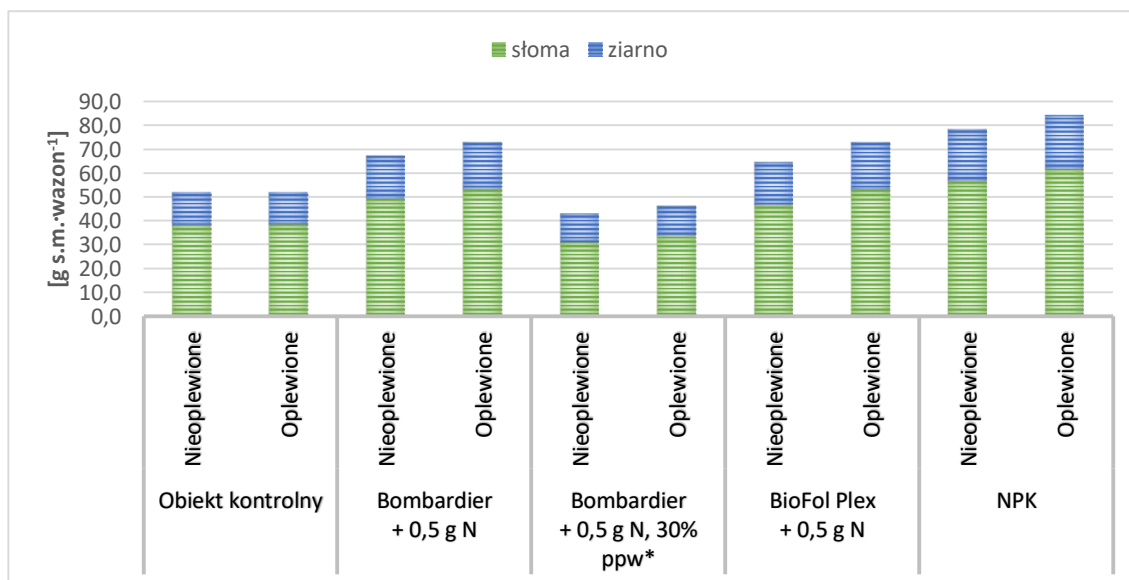
Średnio całkowity plon części nadziemnych owsa zebrany z tych obiektów był niższy o prawie 40% w porównaniu z tym, który uzyskano stosując opryski preparatem Bombardier i utrzymując wilgotność gleby na poziomie 65% ppw. W porównaniu z obiektem kontrolnym plony te były niższe o prawie 20% w przypadku odmian nagoziarnistych i prawie 10% odmian oplewionych (tab. 6).

Oba preparaty, zarówno Bombardier jak i BioFol Plex wpłynęły w porównywalny sposób na wzrost plonów, zwiększając je odpowiednio o 15 i 20 g w porównaniu z obiektem zerowym, jednak nie pozwoliły na taki poziom plonowania jaki osiągnięto na obiektach nawożonych mineralnymi formami azotu, fosforu i potasu (tab. 6).

**Tabela 6** Plon całkowity nadziemnych części owsa

Odmiany	Obiekt kontrolny	Bombardier + 0,5 g N	Bmbardier + 0,5 g N, 30% ppw	BioFol Plex + 0,5 g N	NPK
	[g s.m.·wazon <sup>-1</sup> ]				
<b>Polar</b>	49,9	62,4	40,3	60,6	73,2
<b>Siwek</b>	51,3	66,2	42,5	62,7	72,9
<b>Nagus</b>	49,6	69,5	43,1	65,7	81,5
<b>Amant</b>	59,6	74,2	47,2	70,1	84,6
<b>Maczo</b>	50,0	64,0	42,4	64,0	79,4
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>52,1</b>	<b>67,3</b>	<b>43,1</b>	<b>64,6</b>	<b>78,3</b>
<b>Komfort</b>	52,5	69,6	45,6	70,4	76,9
<b>Bingo</b>	51,8	76,5	47,5	75,7	91,5
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>52,1</b>	<b>73,1</b>	<b>46,5</b>	<b>73,1</b>	<b>84,2</b>

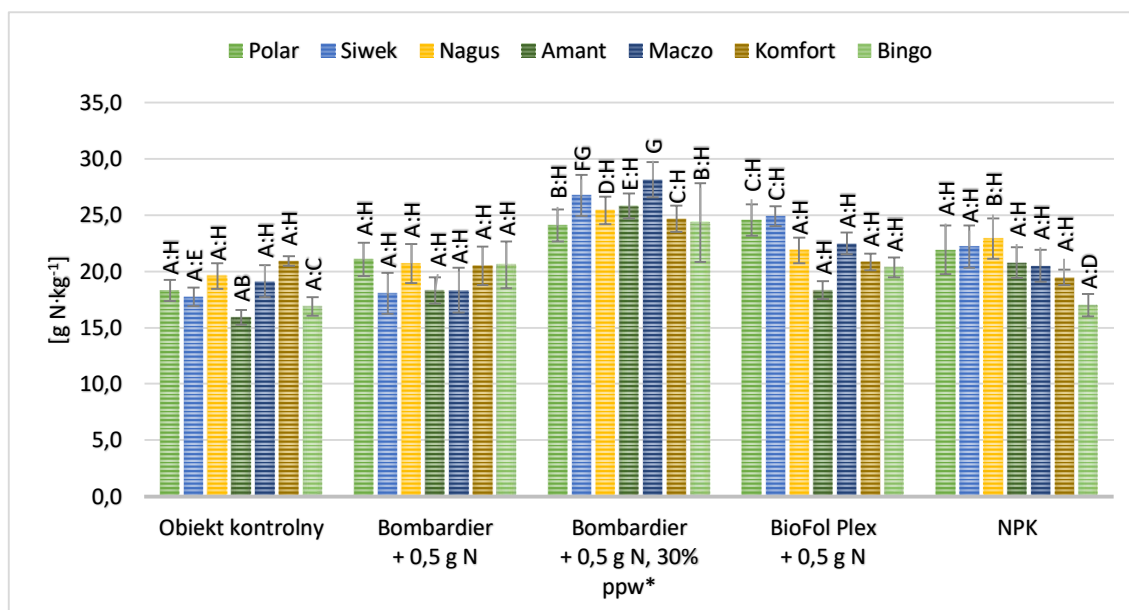
Podobnie jak w przypadku zaprawiania ziarna preparatem Azoarcus i w tym przypadku można było stwierdzić odmianowe zróżnicowanie w plonowaniu. Najwyżej plonowała odmiana Amant, a najslabiej Polar. Spośród dwóch odmian oplewionych, średnio wyższe plony dała odmiana Bingo. Oba preparaty zarówno Bombardier jak i BioFol Plex w porównywalny sposób zwiększyły plonowanie wszystkich odmian owsa.



**Rysunek 22** Plon całkowity części nadziemnych owsa

\*30% połowej pojemności wodnej, gdzie pozostałe obiekty podlewano do 65% połowej pojemności wodnej

• Zawartość i pobranie makroskładników

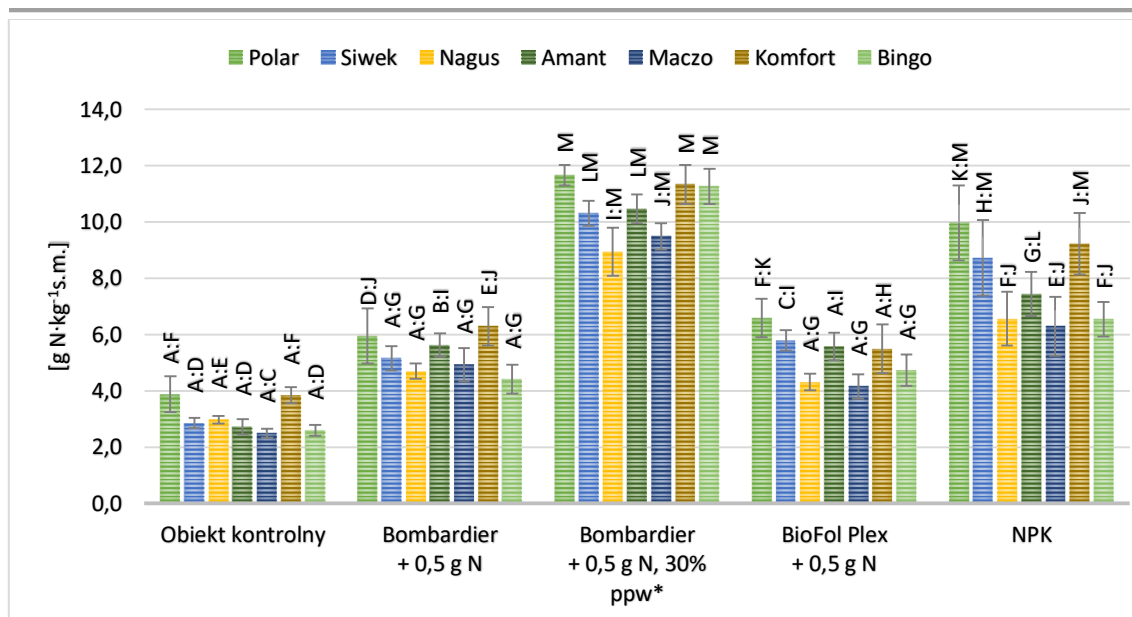


**Rysunek 23** Zawartość azotu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne, alfa = 0,05

Trzykrotny oprysk roślin owsa w okresie wegetacyjnym preparatami Bombardier i BioFol Plex spowodował istotny wzrost zawartości azotu w ziarnie większości odmian tej rośliny. Zawartość ta kształtowała się w zakresie od około 15 do prawie 30 g N·kg<sup>-1</sup> s.m. ziarna (rys. 23). Wykazano istotny wzrost zawartości tego makroskładnika w ziarnie wszystkich badanych odmian na obiektach na których stosowano dolistnie preparat Bombardier w warunkach obniżonej wilgotności gleby. Tak wysoka koncentracja azotu w ziarnie owsa uprawianego w takich warunkach wynika prawdopodobnie z niskiego poziomu plonowania tej rośliny przy niedoborze wody. Oprysk owsa preparatem Bombardier przy zachowaniu prawidłowego poziomu wilgotności gleby nie różnicował zawartości azotu w ziarnie w żadnej z badanych odmian. Zawartość ta kształtowała się na poziomie obiektu zerowego. Preparat dolistny BioFol Plex zwiększał zawartość azotu w ziarnie jedynie w odmianach Polar i Siwek (rys. 23).

Podobne wyniki uzyskano dla słomy owsa, gdzie istotność różnic w zawartości danego składnika w stosunku do obiektu kontrolnego, stwierdzono tylko przy oprysku preparatem Bombardier w warunkach niedoboru wody oraz tam gdzie doglebowo stosowano mineralny azot, fosfor i potas. BioFol Plex podobnie jak w ziarnie zwiększał koncentrację azotu tylko w słomie dwóch odmian Polar i Siwek (rys. 24).

Wpływ wybranych biopreparatów na plonowanie i skład chemiczny owsa nagiego  
(*Avena nuda* L.)



**Rysunek 24** Zawartość azotu w słomie owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne, alfa = 0,05

O wielkości wnosu składnika pokarmowego z gleby decyduje uzyskany plon rośliny oraz zawartość tego składnika w tkankach jej części nadziemnych. Ilość pobranego azotu wraz z ziarnem i słomą owsa kształtowała się średnio w zakresie od 360 do 908 mg N z wazonu w przypadku odmian nagoziarnistych i od 380 do 880 mg N z wazonu przez odmiany oplewione (tabela 7).

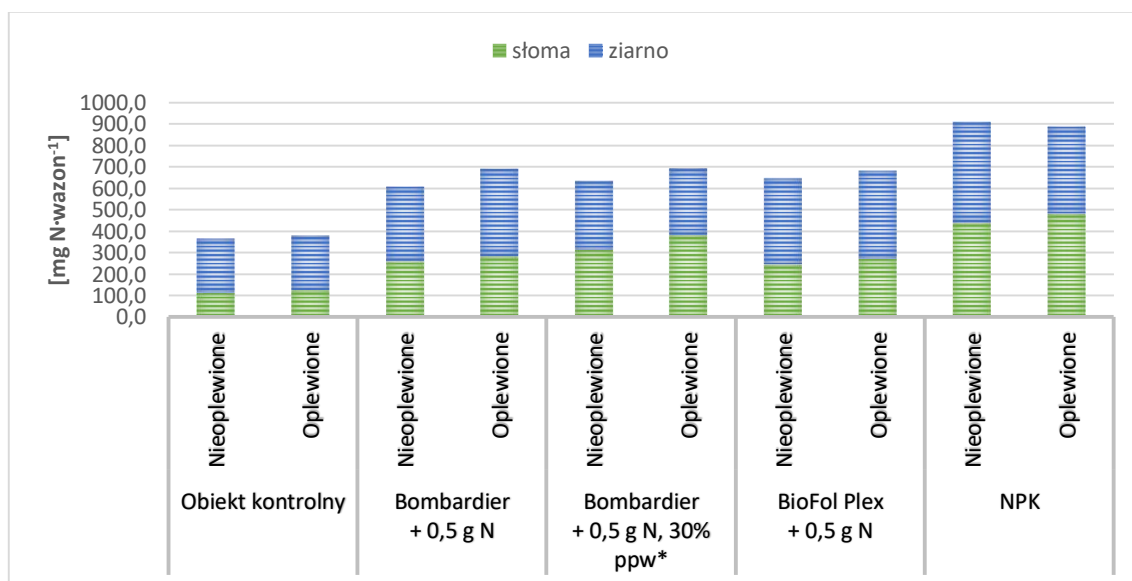
**Tabela 7** Całkowite pobranie azotu przez nadziemne części owsa

Odmiany	Obiekt kontrolny	Bombardier + 0,5 g N	Bombardier + 0,5 g N, 30% ppw	BioFol Plex + 0,5 g N	NPK
	[mg·wazon <sup>-1</sup> ]				
<b>Polar</b>	379,0	610,9	608,8	690,2	964,9
<b>Siwek</b>	342,8	570,2	629,8	689,3	904,9
<b>Nagus</b>	366,1	628,2	590,2	603,4	895,4
<b>Amant</b>	379,4	680,7	696,4	639,5	962,4
<b>Maczo</b>	348,8	541,3	634,2	599,3	810,7
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>363,2</b>	<b>606,3</b>	<b>631,9</b>	<b>644,3</b>	<b>907,6</b>
<b>Komfort</b>	423	710	675,4	676,8	912,1
<b>Bingo</b>	335,1	666,9	709,7	684,5	859,6
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>379,1</b>	<b>688,5</b>	<b>692,5</b>	<b>680,7</b>	<b>885,9</b>

Nieco niższe wartości uzyskano dla preparatu Bombardier, chociaż w porównaniu z obiektem kontrolnym było to o 243 mg N z wazonu więcej przy utrzymaniu wilgotności gleby na poziomie 65% ppw i o 268 mg N z wazonu więcej wówczas gdy wilgotność gleby wynosiła 30% ppw. Najwięcej azotu pobrały jednak części nadziemne owsa nawożone mineralnymi formami azotu, fosforu i potasu. Najbardziej efektywna w wykorzystaniu badanego pierwiastka z gleby okazała się nieoplewiona odmiana Amant i oplewiona Bingo (tab. 7).

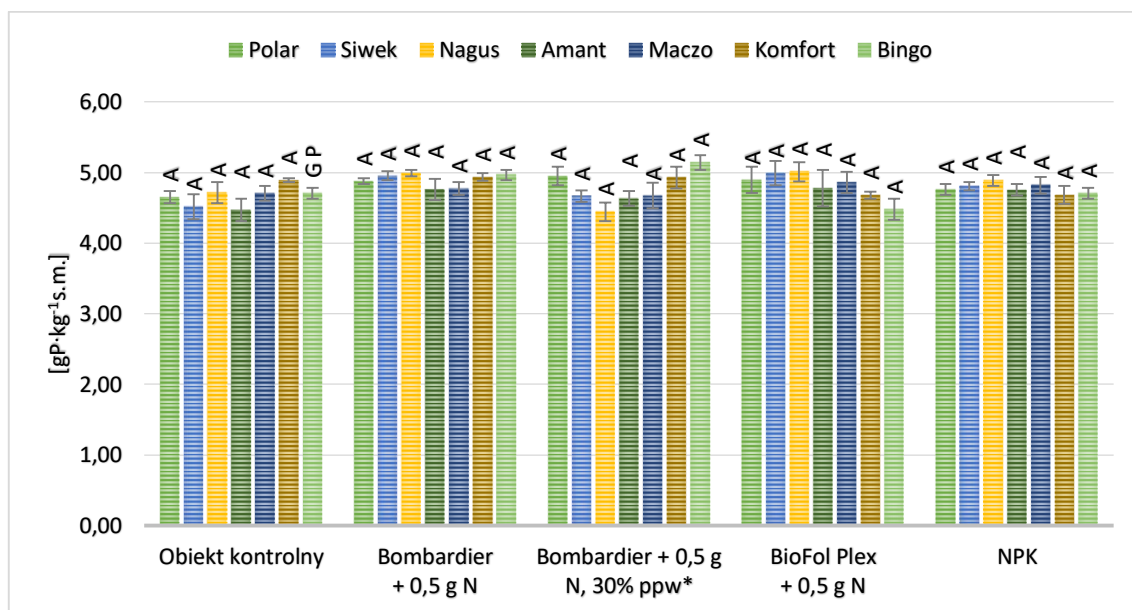
Na wszystkich obiektach na których stosowano badane preparaty dolistne i doglebowe nawożone N, P i K wykazano istotny wzrost pobrania tego pierwiastka w stosunku do obiektu kontrolnego (rys. 25).

Średnio w doświadczeniu więcej azotu pobrały odmiany oplewione. Analizując oddziaływanie badanych czynników doświadczalnych najbardziej efektywny w tym zakresie dla odmian nieoplewionych był preparat dolistny BioFol Plex, który średnio zwiększył pobranie tego makroskładnika o prawie 80%.



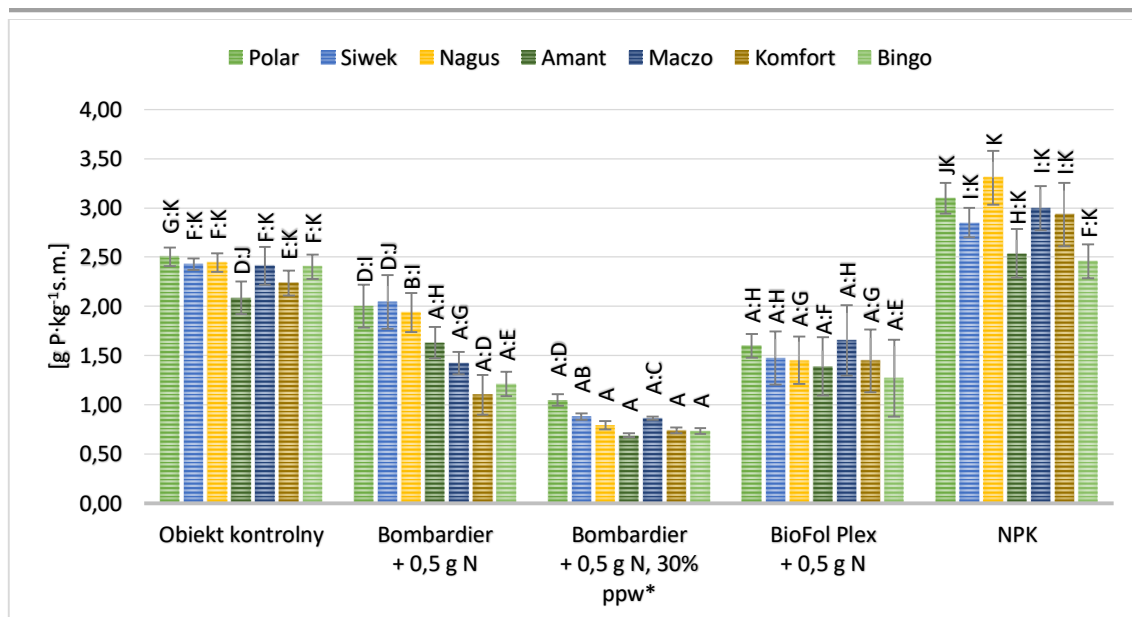
**Rysunek 25** Całkowite pobranie azotu przez nadziemne części owsa

**Zawartość fosforu** w ziarnie owsa zebranego z obiektów na których trzykrotnie w okresie wegetacyjnym stosowano dolistnie preparat Bombardier i BioFol Plex, nie była istotnie zróżnicowana między obiektami doświadczalnymi i oscylowała w zakresie 4,8-5,0 g P·kg<sup>-1</sup> s.m. ziarna (rys. 26). Nie wykazano także różnic w tym zakresie między odmianami nieoplewionymi i oplewionymi, ani nie wskazano odmian lepiej wykorzystujących ten składnik.



**Rysunek 26** Zawartość fosforu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne, alfa = 0,05

Znaczne istotne statystycznie różnice stwierdzono w zawartości fosforu w słomie (rys. 27). W porównaniu z obiektem kontrolnym istotnie mniej tego składnika zawierała słoma wszystkich odmian owsa dokarmianych dolistnie zarówno preparatem Bombardier jak i BioFol Plex, przy czym największe różnice wykazano na obiektach, na których stosowano preparat Bombardier w warunkach deficytu wody w glebie. Słoma zebrana z obiektów nawożonych nawozami mineralnymi zawierała natomiast istotnie więcej fosforu w porównaniu z obiektem kontrolnym (rys. 27).



**Rysunek 27** Zawartość fosforu w słomie owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne, alfa = 0,05

Jak wskazują dane z tabeli 8, pobranie fosforu wraz z ziarnem i słomą owsa istotnie zależało od stosowanych dolistnie preparatów. Bombardier wraz ze startową dawką azotu, zwiększył ilość wyniesionego z gleby fosforu przez części nadziemne nieoplewionych odmian owsa o 15%, a nawożenie mineralne o prawie 80%. Niedobór wody w glebie, mimo oprysków owsa preparatem Bombardier obniżył pobranie tego składnika z gleby o prawie połowę.

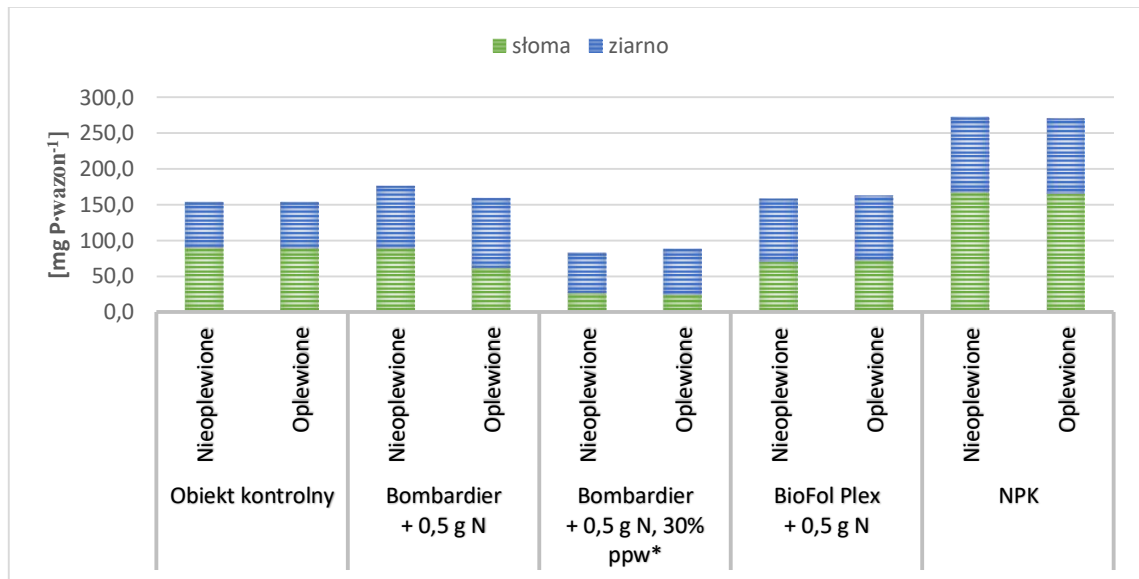
**Tabela 8** Całkowite pobranie fosforu przez nadziemne części owsa

Odmiany	Objekt kontrolny	Bombardier + 0,5 g N	Bombardier + 0,5 g N, 30% ppw	BioFol Plex + 0,5 g N	NPK
	[mg·wazon <sup>-1</sup> ]				
<b>Polar</b>	152,5	170,7	86,0	150,4	259,5
<b>Siwek</b>	152,2	187,0	81,7	152,7	246,8
<b>Nagus</b>	151,1	192,2	79,6	160,3	304,4
<b>Amant</b>	163,5	186,1	84,6	163,8	270,0
<b>Maczo</b>	151,4	147,6	83,9	164,3	278,1
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>154,2</b>	<b>176,7</b>	<b>83,2</b>	<b>158,3</b>	<b>271,8</b>
<b>Komfort</b>	151,9	150,2	83,8	163,0	260,3
<b>Bingo</b>	156,7	169,2	93,8	163,3	281,0
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>154,3</b>	<b>159,7</b>	<b>88,8</b>	<b>163,1</b>	<b>270,7</b>



Podobne, zbliżone wartości stwierdzono także w tym zakresie dla porównywanych odmian oplewionych. Najlepiej z pobieraniem tego składnika radziła sobie odmiana Amant, a najsłabiej Polar (tab. 8).

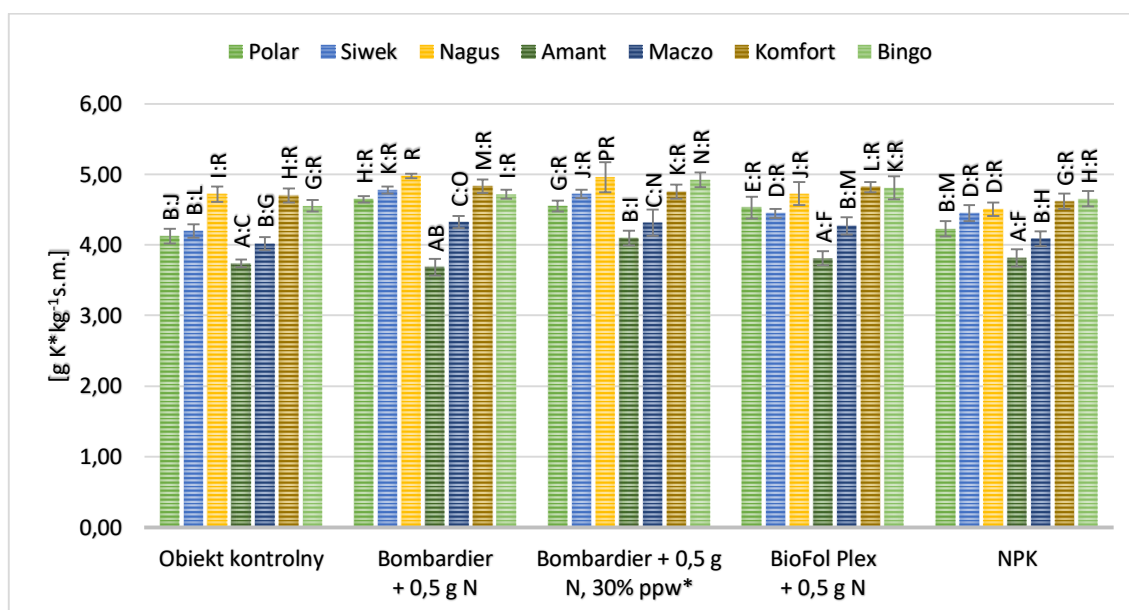
Preparat BioFol Plex nie wpływał na wielkość pobrania fosforu przez nagoziarniste odmiany owsa, które kształtowało się na poziomie obiektu kontrolnego (rys. 28).



**Rysunek 28** Całkowite pobranie fosforu przez części nadziemne owsa

**Zawartość potasu** w ziarnie owsa była średnio około 10-krotnie niższa niż w słomie i słabo zróżnicowana w zależności od stosowanych preparatów i odmiany (rys. 29 i 30). W ziarnie odmian nagoziarnistych najwięcej tego składnika gromadziła odmiana Nagus, a najmniej odmiana Amant.

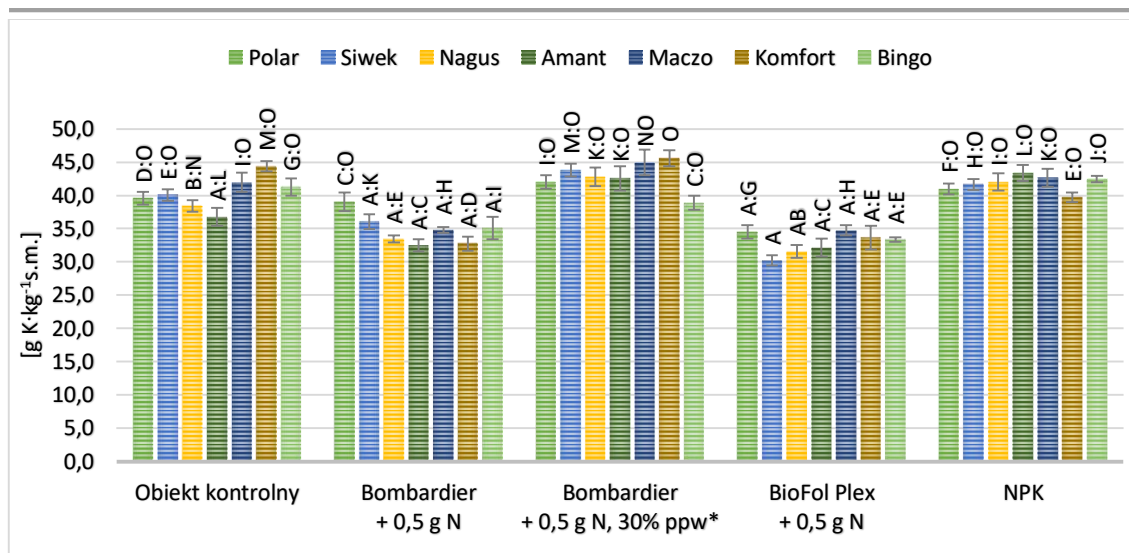
Ziarno odmian oplewionych zawierało zbliżone zawartości potasu, która kształtowała się na poziomie koncentracji stwierdzonej w nieoplewionej odmianie Nagus. Nie wykazano wyraźnego istotnego wpływu stosowanych preparatów na gromadzenie tego makroskładnika w ziarnie owsa



**Rysunek 29** Zawartość potasu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne, alfa = 0,05

Nieco inaczej kształtowała się zawartość potasu w słomie owsa (rys. 30). Trzykrotny oprysk roślin doświadczalnych preparatem Bombardier i BioFol Plex istotnie zmniejszył jego zawartość w stosunku do obiektu kontrolnego. W odróżnieniu od fosforu, nie zanotowano ujemnego wpływu niedoboru wody w glebie na gromadzenie tego makroskładnika w słomie owsa, którego zawartość była średnio wyższa nawet od koncentracji w słomie odmian owsa uprawianego w warunkach tradycyjnego nawożenia mineralnego.

Wpływ wybranych biopreparatów na plonowanie i skład chemiczny owsa nagiego  
(*Avena nuda* L.)



**Rysunek 30** Zawartość potasu w słomie owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne,  $\alpha = 0,05$

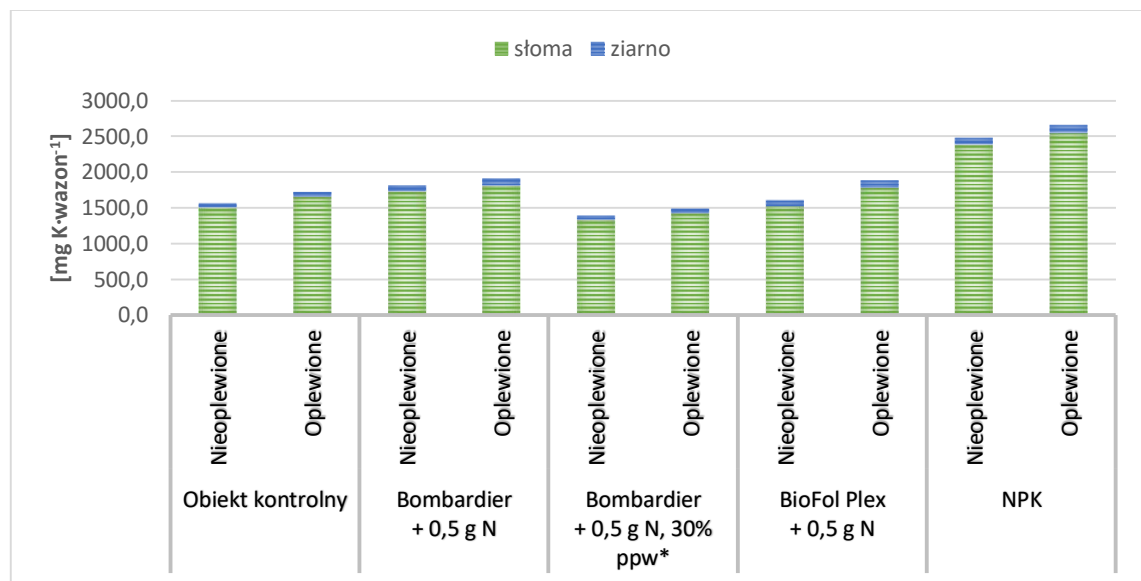
Sumaryczne pobranie potasu przez części nadziemne owsa, zależało od oprysku roślin preparatami Bombardier i BioFol Plex. Istotnie więcej tego składnika wykorzystaly wszystkie badane odmiany owsa z obiektów gdzie stosowano preparat Bombardier, jednak niedobór wody w okresie wegetacji ograniczył pobranie potasu przez odmiany nieoplewione o 416 mg z wazonu, a w stosunku do obiektu kontrolnego o 166 mg z wazonu (tab. 9).

**Tabela 9** Całkowite pobranie potasu przez nadziemne części owsa

Odmiany	Obiekt kontrolny	Bombardier + 0,5 g N	Bombardier + 0,5 g N, 30% ppw	BioFol Plex + 0,5 g N	NPK
	[mg·wazon <sup>-1</sup> ]				
<b>Polar</b>	1517,1	1892,8	1273,2	1604,5	2271,3
<b>Siwek</b>	1581,1	1831,5	1404,0	1456,7	2291,0
<b>Nagus</b>	1462,4	1785,7	1376,4	1583,5	2598,5
<b>Amant</b>	1646,7	1813,7	1503,6	1699,7	2678,1
<b>Maczo</b>	1586,0	1714,6	1403,8	1668,9	2543,8
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>1558,7</b>	<b>1807,7</b>	<b>1392,2</b>	<b>1602,7</b>	<b>2476,5</b>
<b>Komfort</b>	1812,3	1746,0	1589,1	1823,6	2354,8
<b>Bingo</b>	1620,3	2067,0	1390,8	1930,6	2940,1
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>1716,3</b>	<b>1906,5</b>	<b>1490,0</b>	<b>1877,1</b>	<b>2647,5</b>

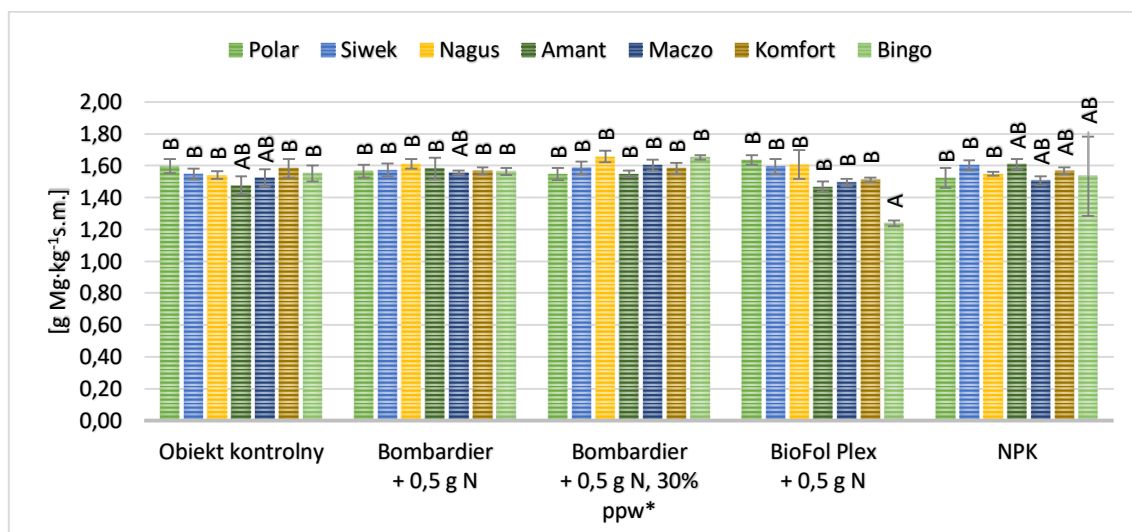
Mimo pozytywnego oddziaływania badanych preparatów przeznaczonych do stosowania dolistnego, najlepiej potas glebowy wykorzystywały odmiany oplewione, a znacznie lepsza w tym zakresie okazała się odmiana Bingo. Spośród odmian nieoplewionych, w największym stopniu składnik ten wykorzystywała odmiana Amant a najslabiej odmiana Polar (tab. 9).

Odmiany oplewione pobierały średnio więcej potasu niż odmiany nieoplewione, a większość potasu została wyniesiona z gleby wraz ze słomą owsa (rys. 31).

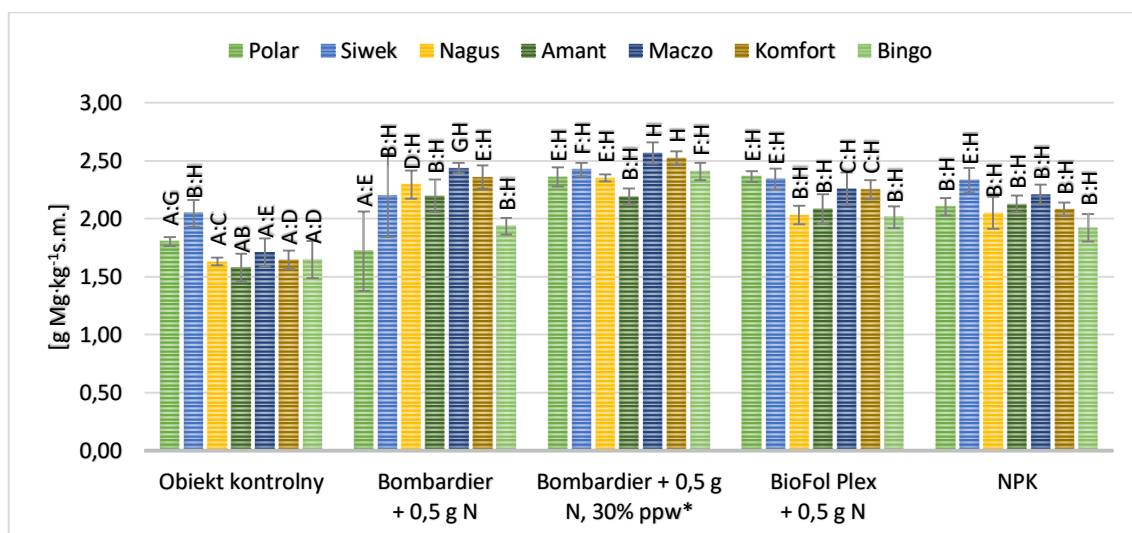


**Rysunek 31** Całkowite pobranie potasu przez części nadziemne owsa

**Zawartość magnezu** w ziarnie badanych odmian owsa średnio nie przekraczała  $1,8 \text{ g K}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej masy i nie była istotnie zróżnicowana pomiędzy obiektami (rys. 32). Stosowanie preparatów dolistnych trzykrotnie w okresie wegetacji zwiększyło natomiast zawartość magnezu w słomie owsa, która na wszystkich obiektach była wyższa niż w słomie zebranej z obiektów zerowych. Najlepsze w tym zakresie okazały się nieoplewione odmiany Siwek i Maczo oraz odmiana oplewiona Komfort (rys. 33).



**Rysunek 32** Zawartość magnezu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne, alfa = 0,05

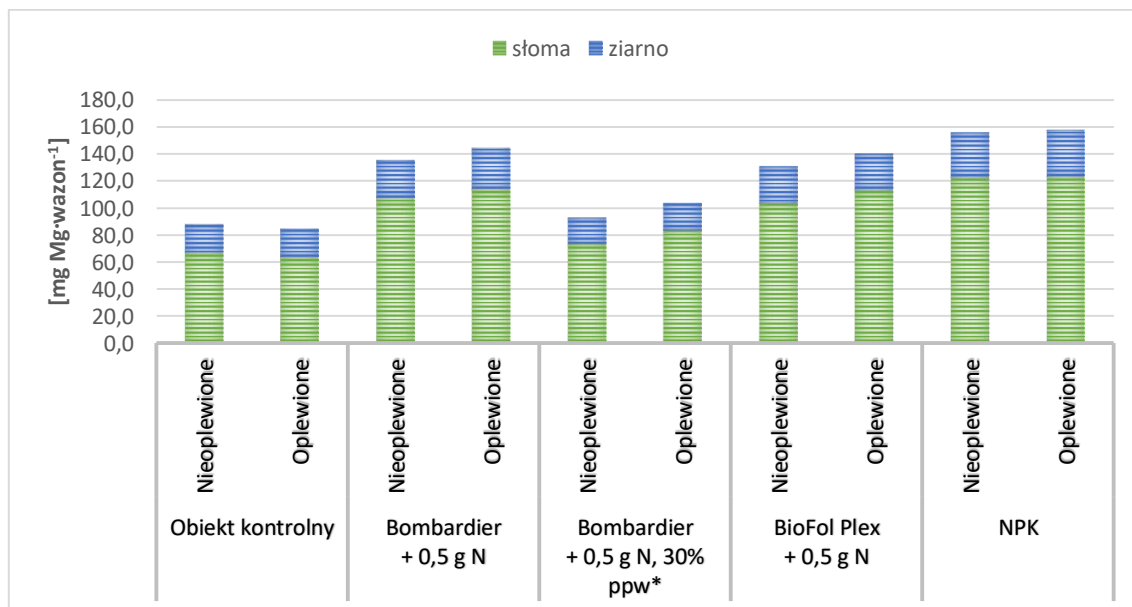


**Rysunek 33** Zawartość magnezu w słomie owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne, alfa = 0,05

Podobnie jak w przypadku innych makroskładników, spośród pięciu badanych odmian, najlepiej pobierała magnez nieoplewiona odmiana Amant, natomiast najslabiej Polar. Chociaż odmiany oplewione średnio pobrały więcej tego składnika (tab. 10), to nie wskazano odmiany szczególnie przydatnej do tego celu.

**Tabela 10** Całkowite pobranie magnezu przez nadziemne części owsa

Odmiany	Obiekt kontrolny	Bombardier + 0,5 g N	Bmbardier + 0,5 g N, 30% ppw	BioFol Plex + 0,5 g N	NPK
	[mg·wazon <sup>-1</sup> ]				
<b>Polar</b>	87,2	105,0	85,9	131,2	142,5
<b>Siwek</b>	98,4	134,5	93,2	134,1	155,3
<b>Nagus</b>	79,6	146,6	92,8	125,6	156,0
<b>Amant</b>	92,3	150,2	95,1	134,1	167,0
<b>Maczo</b>	82,9	141,3	97,0	130,6	160,1
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>88,1</b>	<b>135,5</b>	<b>92,8</b>	<b>131,1</b>	<b>156,2</b>
<b>Komfort</b>	85,6	149,1	103,7	144,5	149,7
<b>Bingo</b>	83,9	140,5	104,1	136,2	166,1
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>84,8</b>	<b>144,8</b>	<b>103,9</b>	<b>140,3</b>	<b>157,9</b>

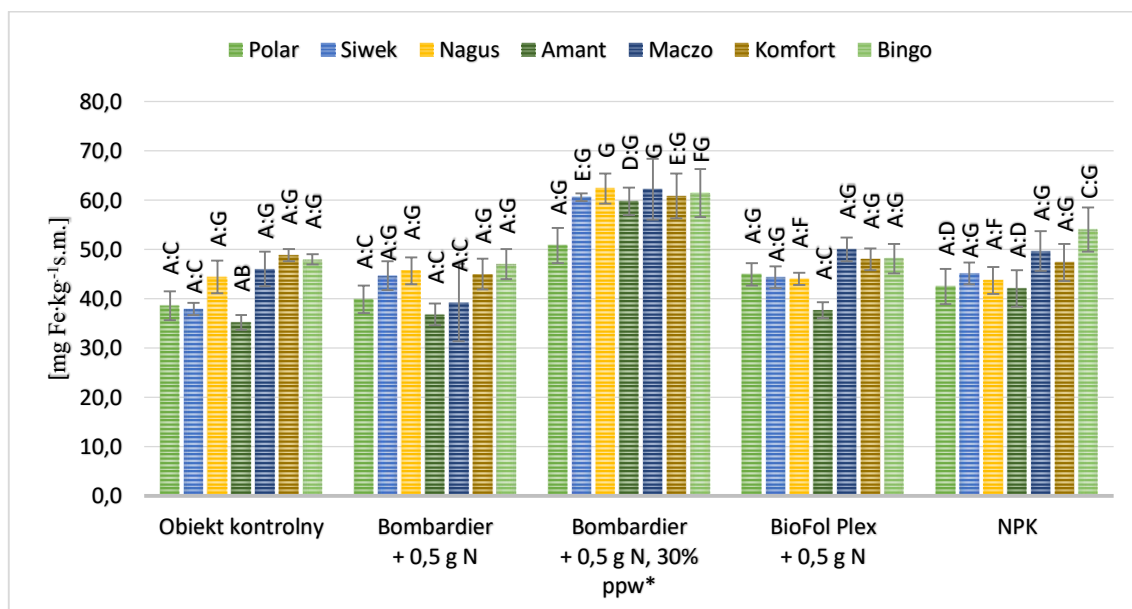


**Rysunek 34** Całkowite pobranie magnezu przez nadziemne części owsa

Podobnie jak w przypadku zawartości magnezu, znacznie więcej tego pierwiastka pobrała słoma niż ziarno. Dane przedstawione na rys. 34 wskazują, że zarówno preparat Bombardier jak i BioFol Plex wpłynęły w istotny sposób na wzrost wykorzystania magnezu przez części nadziemne wszystkich odmian owsa (rys. 34). Oba preparaty oddziaływały w podobny sposób, jednak niska zawartość wody w glebie ograniczała wpływ preparatu Bombardier w tym zakresie.

## 5.2.2 ZAWARTOŚĆ MIKROSKŁADNIKÓW

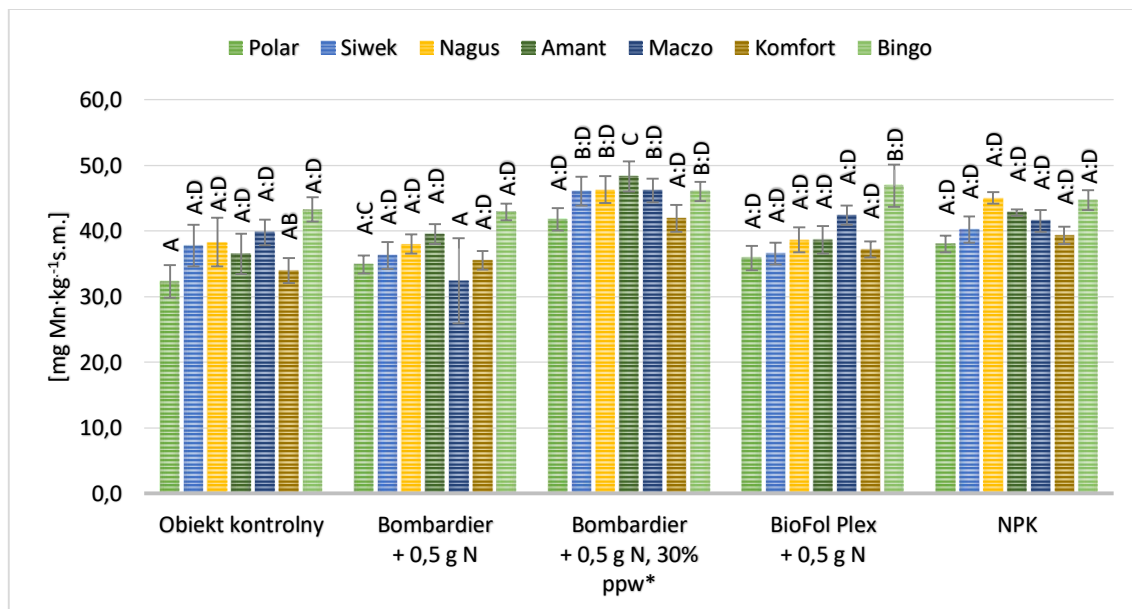
Analizując wpływ trzykrotnych oprysków owsa preparatami Bombardier i BioFol Plex, na gromadzenie się mikroelementów w ziarnie poszczególnych odmian roślin doświadczalnych wykazano, że istotnie więcej **żelaza** zawierały wszystkie odmiany owsa uprawiane w warunkach oprysku preparatem Bombardier przy niedoborze wody w podłożu. Zarówno ziarno owsa zebrane z obiektów, na których rośliny traktowano preparatem Bombardier jak i BioFol Plex oraz z tych gdzie stosowano nawożenie mineralne, gromadziły żelazo na poziomie obiektów zerowych. Spośród odmian nagoziarnistych, najwięcej tego mikroelementu zgromadziła odmiana Nagus, a najmniej Amant (rys. 35).



**Rysunek 35** Zawartość żelaza w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne, alfa = 0,05



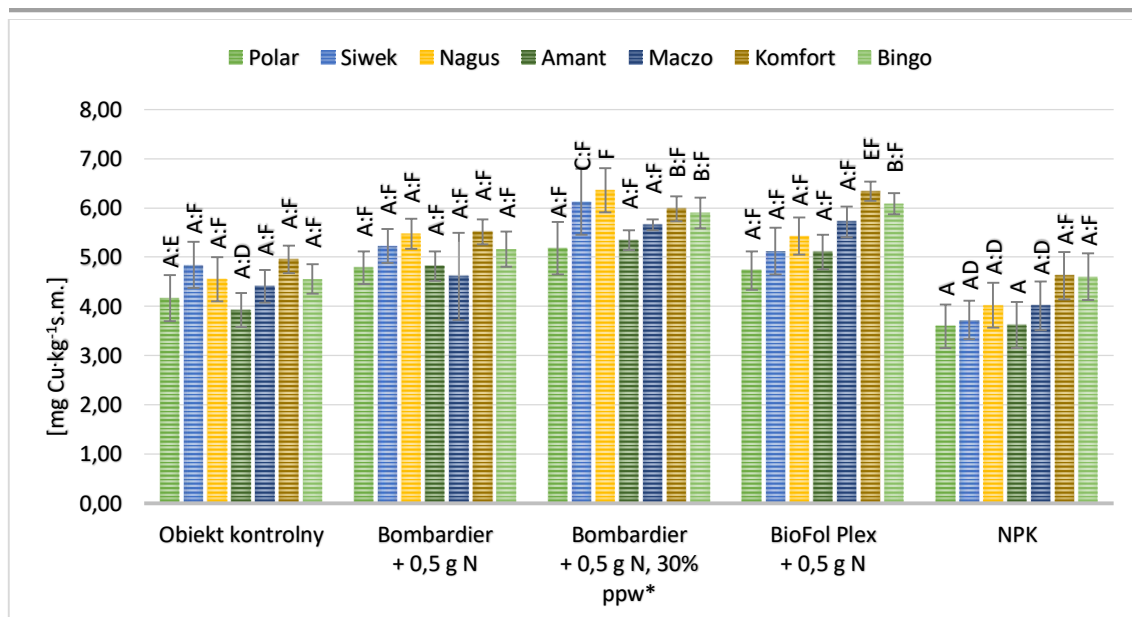
Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w **zawartości manganu** w ziarnie owsa w wyniku stosowania badanych preparatów, chociaż widoczna jest tendencja większego gromadzenia tego pierwiastka (podobnie jak żelaza) wówczas gdy obniżona była wilgotność gleby, a rośliny traktowano preparatem Bombardier (rys. 36).



**Rysunek 36** Zawartość manganu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodnie, alfa = 0,05

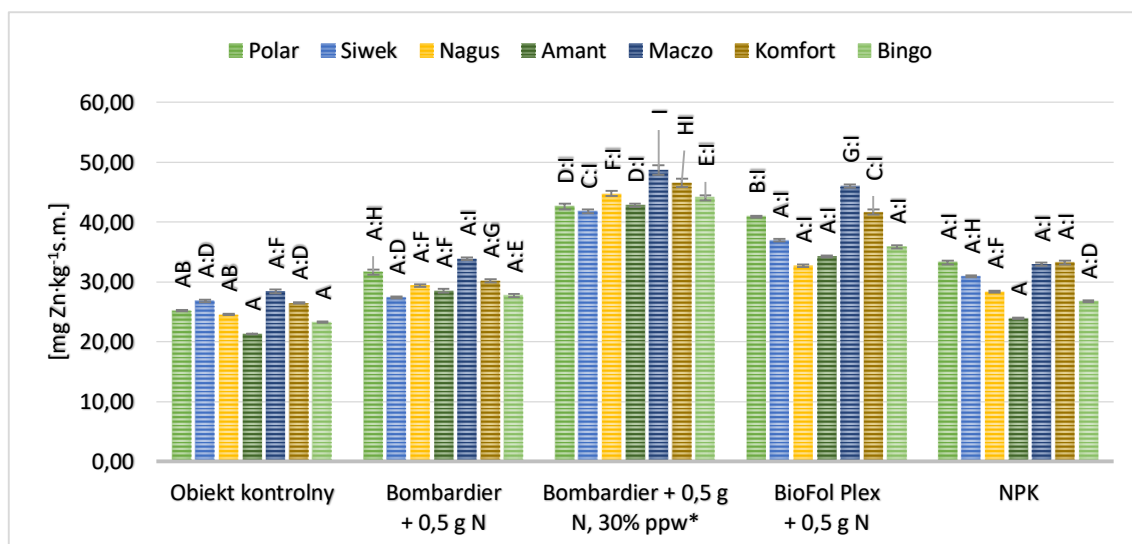
Dane przedstawione na rys. 37 wskazują na brak wyraźnej zależności między **zawartością miedzi** w ziarnie owsa, a dolistnym stosowaniem preparatów Bombardier i BioFol Plex w okresie wegetacji roślin. Należy jednak stwierdzić, że tradycyjne nawożenie azotem, fosforem i potasem, istotnie obniżyło zawartość tego mikroelementu w ziarnie wszystkich odmian owsa. Jedynie odmianę oplewioną Komfort można uznać za najlepiej wykorzystującą miedź w warunkach prowadzonych badań (rys. 37).

Wpływ wybranych biopreparatów na plonowanie i skład chemiczny owsa nagiego  
(*Avena nuda* L.)



**Rysunek 37** Zawartość miedzi w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne, alfa = 0,05

Zawartość cynku w ziarnie owsa była determinowana przez czynniki doświadczalne (rys. 38). Oba preparaty dolistne oraz tradycyjne nawożenie mineralne zwiększały zawartość cynku w ziarnie zarówno odmian nagoziarnistych jak i oplewionych. W największym stopniu na zawartość cynku w ziarnie wpływał jednak Bombardier przy niedoborze wody w glebie. Nie wskazano odmiany, która wyróżniałaby się w tych warunkach lepszym gromadzeniem tego mikroelementu.



**Rysunek 38** Zawartość cynku w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya, grupy jednorodne, alfa = 0,05

## 5.3 OCENA BIOPREPARATÓW DO STOSOWANIA DOLISTNEGO I ZAPRAWIANIA ZIARNA

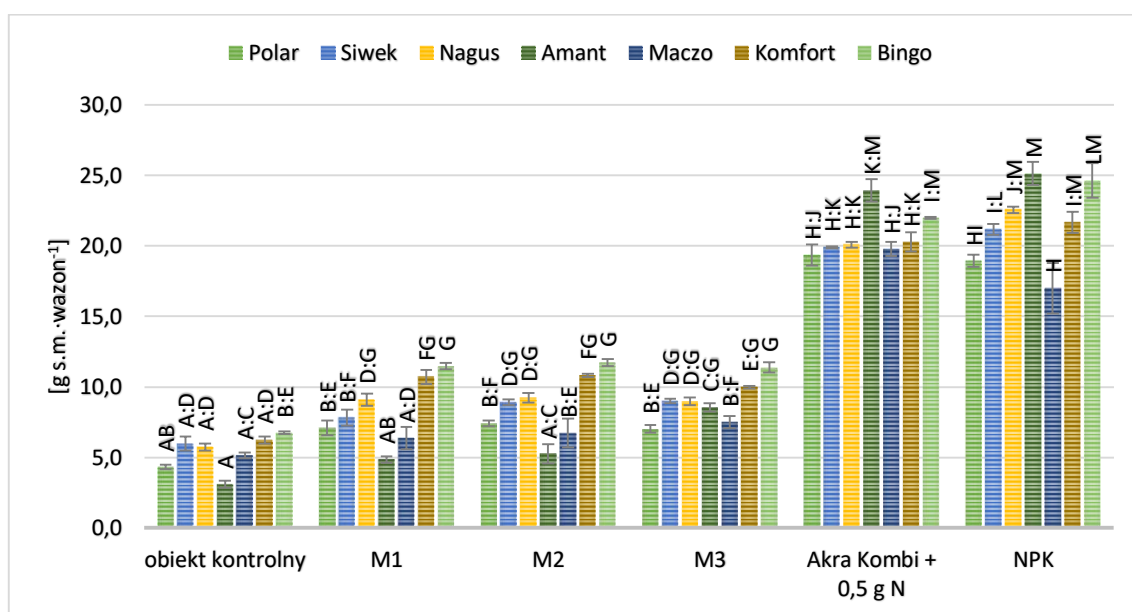
### 5.3.1 PLONOWANIE I SKŁAD CHEMICZNY OWSA

- **Plonowanie owsa**

W doświadczeniu dotyczącym oceny wpływu preparatów bakteryjnych służących do zaprawiania nasion zawierających bakterie, Azotarcus, Azotobacter i bakterie mlekowe (MSB) oraz preparatu doglebowego Akra Kombi a produkowanego przez polską firmę Agro Kombi z siedzibą w Kluczborku, podobnie jak w przypadku wcześniej omówionych preparatów, przygotowano schemat, w którym uwzględniono:

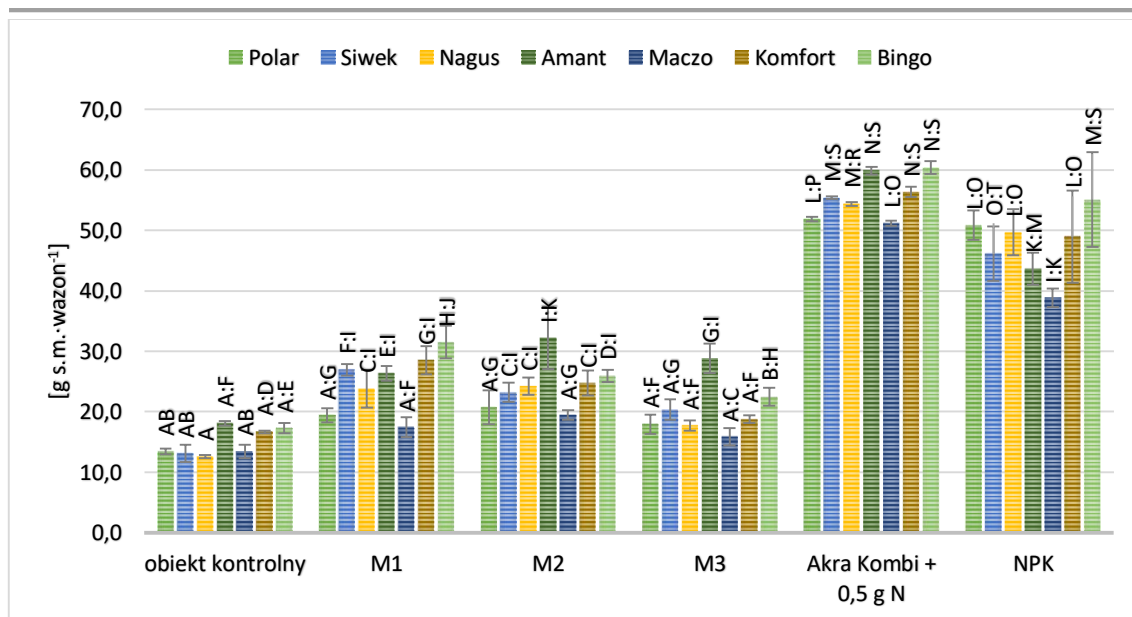
- preparat bakteryjny będący mieszaniną bakterii Akra N-Bakterien Azoarcus + Akra N-Bakterien Azotobacter + Akra MSB (na rysunkach i w treści pracy oznaczone jako obiekty M 1).
- Preparat stanowiący mieszaninę wyżej wymienionych bakterii i doglebowo stosowany preparat Akra Kombi (na rysunkach w treści pracy oznaczony jako preparat M 2).
- Preparat stanowiący mieszaninę wyżej wymienionych bakterii i doglebowo stosowany preparat Akra Kombi w warunkach obniżonej wilgotności gleby do 30% ppw (na rysunkach w treści pracy oznaczony jako preparat M3)
- Doglebowo stosowany preparat Akra Kombi wraz ze wspomagającą startową dawką azotu w ilości 0,5 g N na wazon.
- Standardowe nawożenie NPK.

Wszystkie zastosowane preparaty bakteryjne zarówno te, którymi zaprawiano ziarno, jak i te, które stosowano doglebowo średnio zwiększały istotnie plon ziarna większości odmian owsa, przy czym największy wzrost zanotowano na obiektach, na których doglebowo dodawano preparat Akra Kombi wraz z zalecaną przez producentów startową dawką azotu w ilości 0,5 g N na wazon. W przypadku stosowania tych preparatów, w odróżnieniu od preparatów podawanych roślinom dolistnie, niedobór wody w glebie nie wpłynął na redukcję plonów, które oscylowały na poziomie tych które zebrano z obiektów na których przy tych samych warunkach uprawy wilgotność gleby była optymalna i wynosiła 65% ppw (rys. 39).



**Rysunek 39** Plon ziarna owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Uzyskane wyniki przedstawione na rys. 39 i 40 wskazują, że plon ziarna owsa zarówno nagiego, jak i oplewionego był około trzykrotnie niższy niż słomy i w zależności od czynników doświadczalnych średnio zróżnicowany w zakresie od 4,9 do 23,1 g s. m. na wazon.



**Rysunek 40** Plon słomy owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

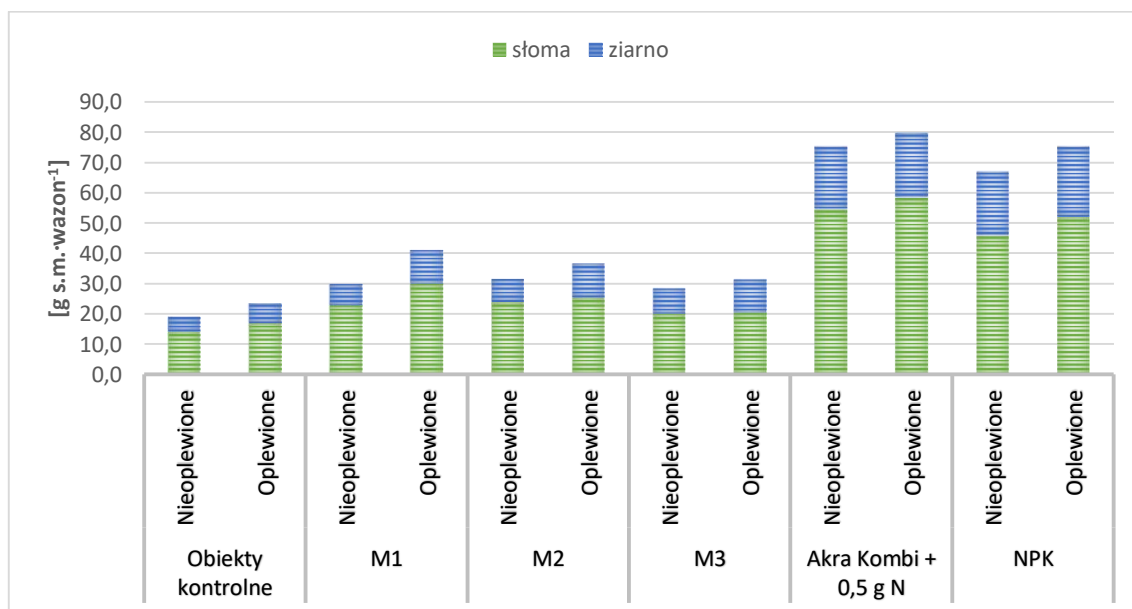
Plon słomy zebranej z obiektów, na których w uprawie owsa stosowano wcześniej scharakteryzowane preparaty bakteryjne, średnio kształtował się w granicach od 14,1 g do 52,6 g·wazon<sup>-1</sup> i był najwyższy na obiektach nawożonych mineralnymi formami azotu, fosforu i potasu (rys. 40) Już przy zaprawieniu ziarna mieszaniną bakterii (M1) uzyskano średnio dwukrotnie wyższy plon słomy owsa. Dodatek preparatu glebowego Akra Kombi nie miał decydującego wpływu na wielkość plonowania, które utrzymywało się na zbliżonym poziomie, chociaż nieznacznie niższym wówczas, gdy wilgotność gleby była niewystarczająca. Najbardziej efektywnie na plonowanie wszystkich odmian owsa wpłynął dodatek do gleby preparatu Akra Kombi, który pozwolił osiągnąć plony słomy owsa około czterokrotnie wyższe niż na obiektach zerowych i nieco wyższe niż te, które uprawiano na obiektach ze standardowym nawożeniem NPK.

Spośród odmian nagoziarnistych najwyżej plonowała odmiana Amant, a najslabiej Maczo (tab. 11). Chociaż nie przełożyło się na plonowanie ziarna tych odmian.

**Tabela 11** Plon całkowity nadziemnych części owsa

Odmiany	Obiekt kontrolny	M1	M2	M3	Akra Kombi + 0,5 g N	NPK
[g s.m.·wazon <sup>-1</sup> ]						
<b>Polar</b>	17,8	26,5	28,2	25,0	71,3	69,8
<b>Siwek</b>	19,1	34,8	32,1	29,4	75,3	67,3
<b>Nagus</b>	18,4	33,0	33,5	26,7	74,5	72,2
<b>Amant</b>	21,2	31,2	37,4	37,4	83,8	68,8
<b>Maczo</b>	18,6	23,8	26,2	23,4	70,9	55,8
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>19,0</b>	<b>29,8</b>	<b>31,5</b>	<b>28,4</b>	<b>75,1</b>	<b>66,8</b>
<b>Komfort</b>	23,0	39,2	35,6	28,8	76,6	70,6
<b>Bingo</b>	24,1	43,0	37,7	33,9	82,3	79,7
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>23,5</b>	<b>41,1</b>	<b>36,6</b>	<b>31,3</b>	<b>79,5</b>	<b>75,2</b>

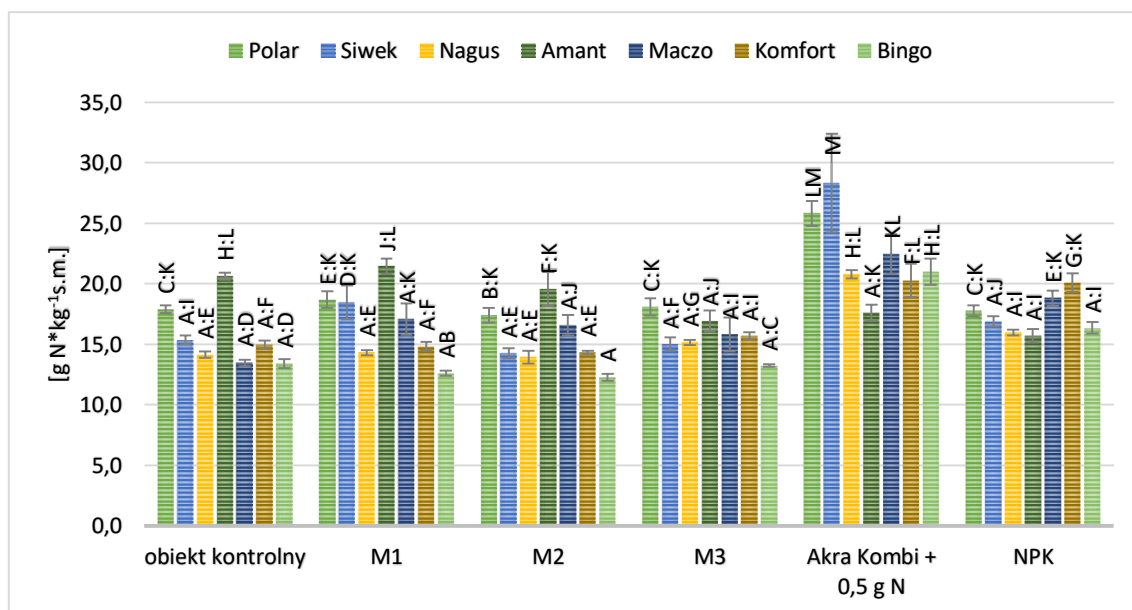
Na rysunku 41 przedstawiono całkowity plon części nadziemnych wszystkich badanych odmian owsa z podziałem na nagoziarniste i oplewione. Z danych tych wynika, że na wszystkich obiektach doświadczalnych lepiej plonowały odmiany oplewione. Spośród badanych preparatów najbardziej plonotwórczo działał preparat Akra Kombi. Plon części nadziemnych owsa zebrany z tych obiektów był porównywalny z tym, jaki uzyskano w wyniku standardowego nawożenia NPK.



**Rysunek 41** Plon całkowity nadziemnych części owsa

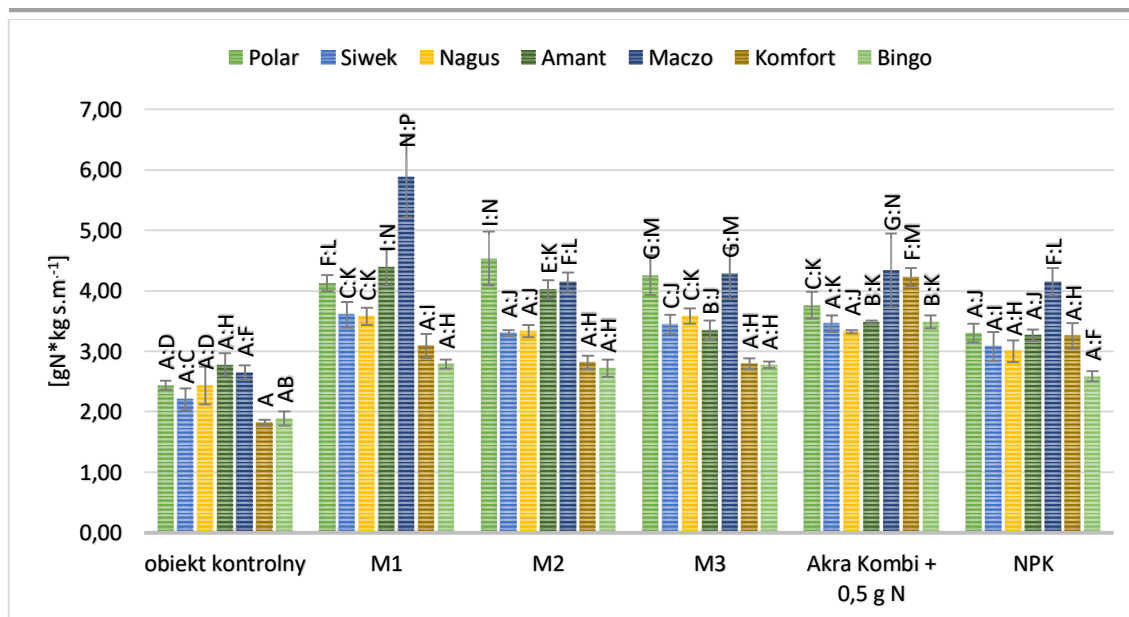
• **Zawartość i pobranie makroskładników**

**Zawartość azotu** w ziarnie owsa była w niewielkim stopniu zróżnicowana między obiektami doświadczalnymi. Najwięcej tego makroskładnika gromadziły odmiany owsa uprawiane na obiektach nawożonych doglebowo preparatem Akra Kombi. Zawartość ta była średnio około 40% wyższa niż w ziarnie zebranym z obiektów zerowych. Niedobór wody w glebie skutkował znacznie mniejszym gromadzeniem się azotu w ziarnie owsa, którego poziom nie odbiegał od zawartości w ziarnie uzyskanym z pozostałych obiektów (rys. 42).



**Rysunek 42** Zawartość azotu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

W słomie owsa oznaczono średnio od około 2,0 do około 6,0 g N\*kg<sup>-1</sup> s.m. Na wszystkich obiektach doświadczalnych, na których stosowano badane preparaty, zawartość tego makroskładnika była wyższa niż na obiektach kontrolnych. Istotny wzrost zawartości azotu stwierdzono na większości obiektów w słomie owsa, nieoplewionych odmian Polar i Maczo. Wykazano też, że słoma odmian oplewionych na wszystkich obiektach doświadczalnych gromadziła mniej azotu niż słoma odmian nagoziarnistych (rys. 43).



**Rysunek 43** Zawartość azotu w słomie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

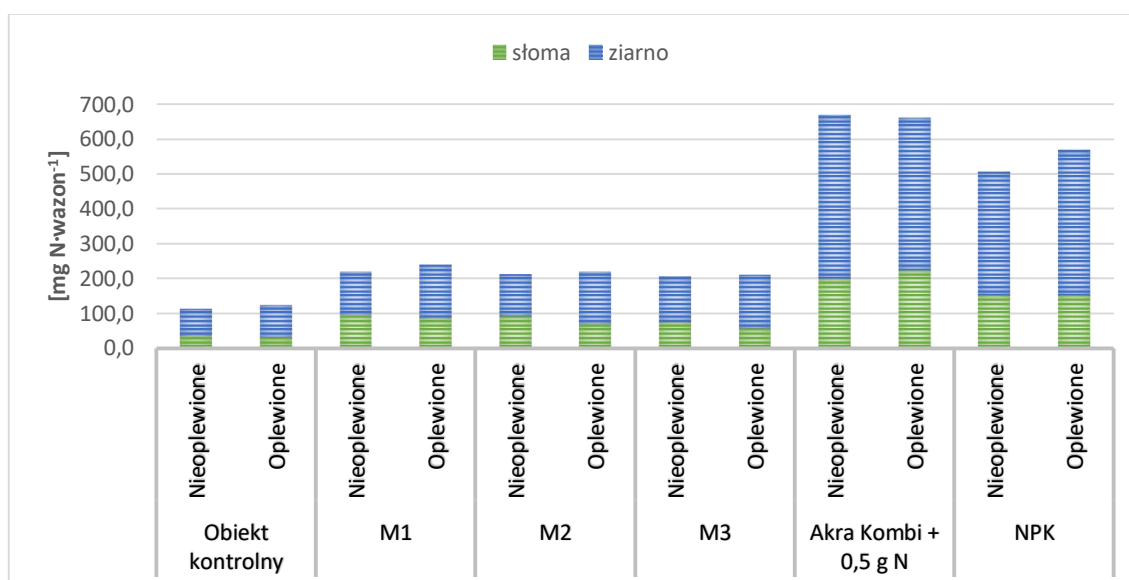
Ilość pobranego azotu przedstawiono w tabeli 12. Z danych tych wynika, że wszystkie stosowane preparaty istotnie zwiększały wnos tego składnika z gleby, jednak w największym stopniu było to widoczne na obiektach, gdzie wzrost roślin wspomagano preparatem Akra Kombi i mineralnymi formami NPK. W przypadku preparatu Akra Kombi ziarno owsa odmian nagoziarnistych pobrało średnio ponad 6 razy więcej badanego składnika, a odmian oplewionych ponad 4,5-krotnie więcej w porównaniu z obiektem kontrolnym (rys. 44). Mieszanka bakterii Azoarcus, Azotobacter i MSB również zwiększała pobranie azotu prawie dwukrotnie. Jednak w połączeniu z preparatem Akra Kombi nie działała tak skutecznie, zwłaszcza w odniesieniu do odmian nagoziarnistych. Niedobór wody w tych warunkach nie obniżał gromadzenia azotu w ziarnie owsa.

Analizując sumaryczne pobranie azotu przez części nadziemne owsa wykazano, że wielkość pobierana przez odmiany nagoziarniste i oplewione na wszystkich obiektach doświadczalnych była do siebie zbliżona. Najwięcej tego pierwiastka pobrały odmiany owsa uprawiane na obiektach, na których ziarno zaprawiono mieszaniną bakterii M1. Nie wskazano odmiany, która pobrała najwięcej azotu w każdych warunkach uprawy. Natomiast najgorzej na wszystkich obiektach radziła sobie odmiana Maczo (tabela 12).



**Tabela 12** Całkowite pobranie azotu przez nadziemne części owsa

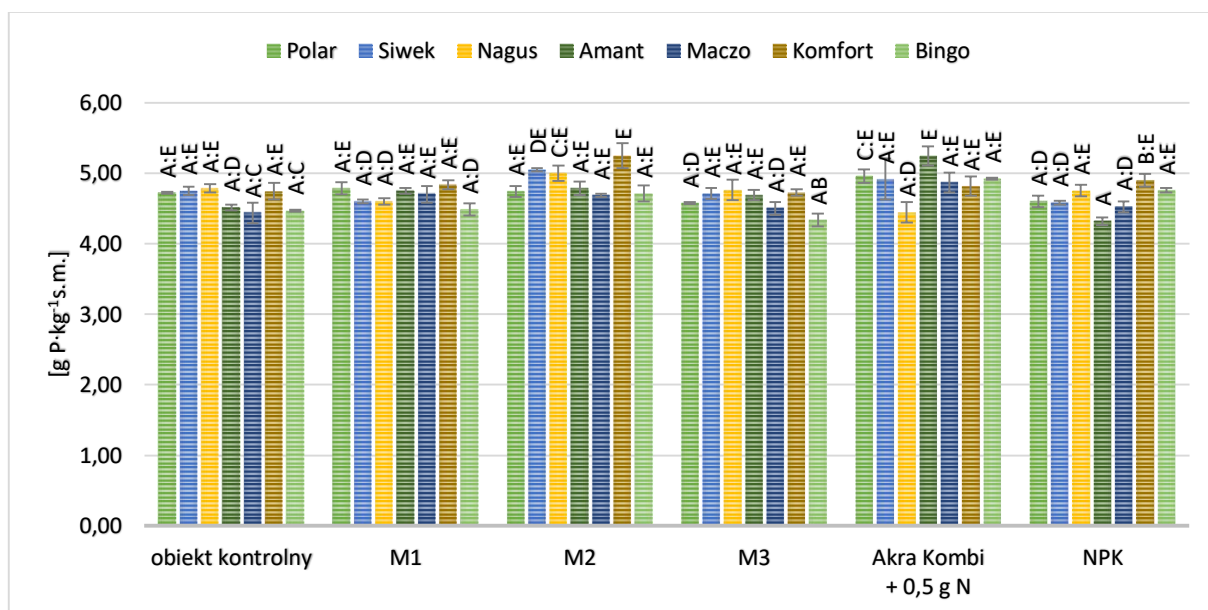
Odmiany	Obiekt kontrolny	M1	M2	M3	Akra Kombi + 0,5 g N	NPK
[mg·wazon <sup>-1</sup> ]						
<b>Polar</b>	110,3	212,8	223	203,7	694,9	504,4
<b>Siwek</b>	120,7	241,5	203,4	205	754,6	499,3
<b>Nagus</b>	111,9	215,4	209,3	199,5	597,9	509,3
<b>Amant</b>	114,1	219,6	232,1	241,1	630	537
<b>Maczo</b>	104,7	211,3	192,1	186,5	665,8	480,6
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>112,3</b>	<b>220,1</b>	<b>211,9</b>	<b>207,2</b>	<b>668,6</b>	<b>506,2</b>
<b>Komfort</b>	123,9	246,8	224,5	209,4	649	594,6
<b>Bingo</b>	123,3	232,5	214,3	212,6	671,8	545,2
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>123,5</b>	<b>239,6</b>	<b>219,4</b>	<b>211,1</b>	<b>660,3</b>	<b>569,9</b>



**Rysunek 44** Całkowite pobranie azotu przez nadziemne części owsa

Słoma owsa, jak wskazują dane przedstawione na rysunku 44, pobrała znacznie mniej azotu, jednak i w tym przypadku wszystkie preparaty istotnie zwiększały jego wyciągnięcie z gleby. W porównaniu z obiektem kontrolnym najwięcej azotu pobrała słoma owsa nawożona doglebowo preparatem Akra Kombi (więcej niż nawożona NPK), a najmniej gdy ziarno zaprawiano mieszaniną bakterii (M1). W odróżnieniu od ziarna, przy niedoborze wody w glebie, słoma pobrała mniej azotu.

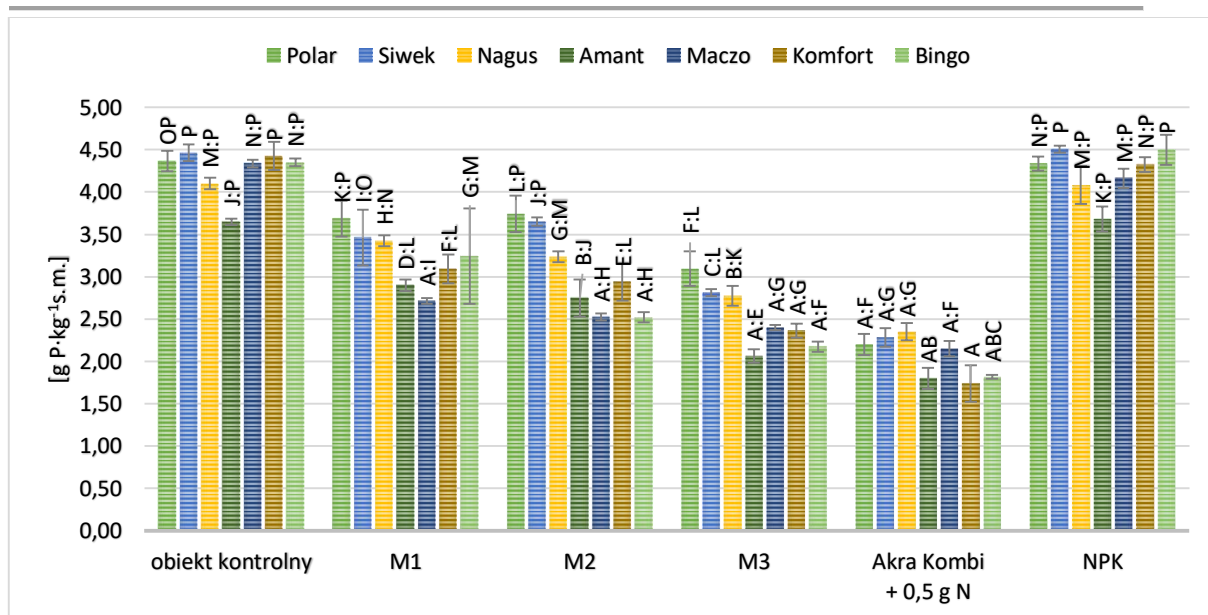
**Zawartość fosforu** w ziarnie owsa na wszystkich obiektach doświadczalnych była do siebie zbliżona i oscylowała średnio w zakresie od 4,6 do 5 g P·kg<sup>-1</sup> (rys. 45). Żaden ze stosowanych preparatów bakteryjnych którymi zaprawiano ziarno, nie różnicował zawartości tego składnika. Istotności różnic nie wykazano także wówczas, gdy działanie mieszaniny bakterii M1 wspomagano doglebowym preparatem Akra Kombi ani wtedy, gdy w uprawie owsa stosowano nawożenie mineralne NPK.



**Rysunek 45** Zawartość fosforu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Zawartość fosforu w słomie owsa, jak wskazuje rysunek 46, kształtowała się nieco inaczej. Wszystkie stosowane preparaty obniżały zawartość tego składnika. W największym stopniu było to widoczne na obiektach, na których uprawiano owies stosując doglebowo sam biopreparat Akra Kombi.

Wpływ wybranych biopreparatów na plonowanie i skład chemiczny owsa nagiego  
(*Avena nuda* L.)



**Rysunek 46** Zawartość fosforu w słomie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

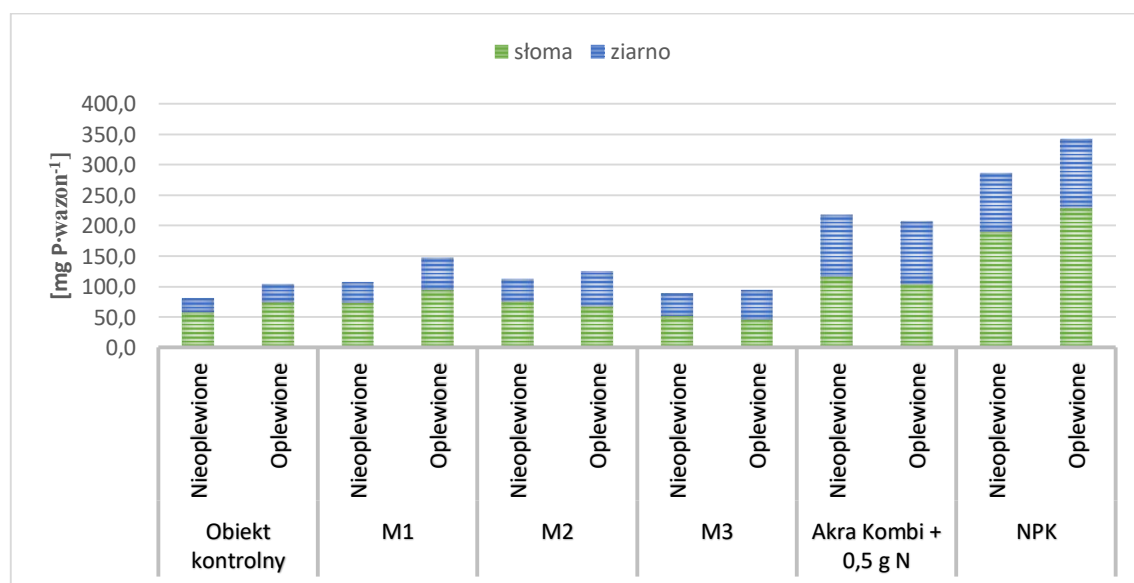
Pobranie fosforu przez część nadziemne owsa (tab. 13) kształtowało się w zakresie od 77,2 do 365 mg fosforu z wazonu w zależności od stosowanych preparatów. W porównaniu z obiektem kontrolnym, już samo zaprawianie ziarna odmian nieoplewionych mieszaniną bakterii (M1) zwiększało średnio o około 30% pobranie tego składnika, a po dodaniu tych w tych warunkach do gleby preparatu Akra Kombi wynos fosforu z gleby wzrósł o dodatkowe 5%.

**Tabela 13** Całkowite pobranie fosforu przez części nadziemne owsa

Odmiany	Obiekt kontrolny	M1	M2	M3	Akra Kombi + 0,5 g N	NPK
	[mg·wazon <sup>-1</sup> ]					
Polar	79,1	105,6	112,8	87,7	210,2	307,6
Siwek	87,0	129,3	129,6	99,7	224,3	304,7
Nagus	79,2	123,5	124,6	92,0	216,9	309,8
Amant	80,1	99,4	113,6	99,5	233,3	269,2
Maczo	81,0	77,2	80,7	71,8	206,2	238,5
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>81,2</b>	<b>107,0</b>	<b>112,3</b>	<b>90,1</b>	<b>218,1</b>	<b>286,0</b>
Komfort	103,5	140,1	129,5	91,6	195,8	317,9
Bingo	105,6	153,9	120,6	98,2	217,9	365,0
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>104,5</b>	<b>147,0</b>	<b>125,1</b>	<b>94,9</b>	<b>206,9</b>	<b>341,4</b>

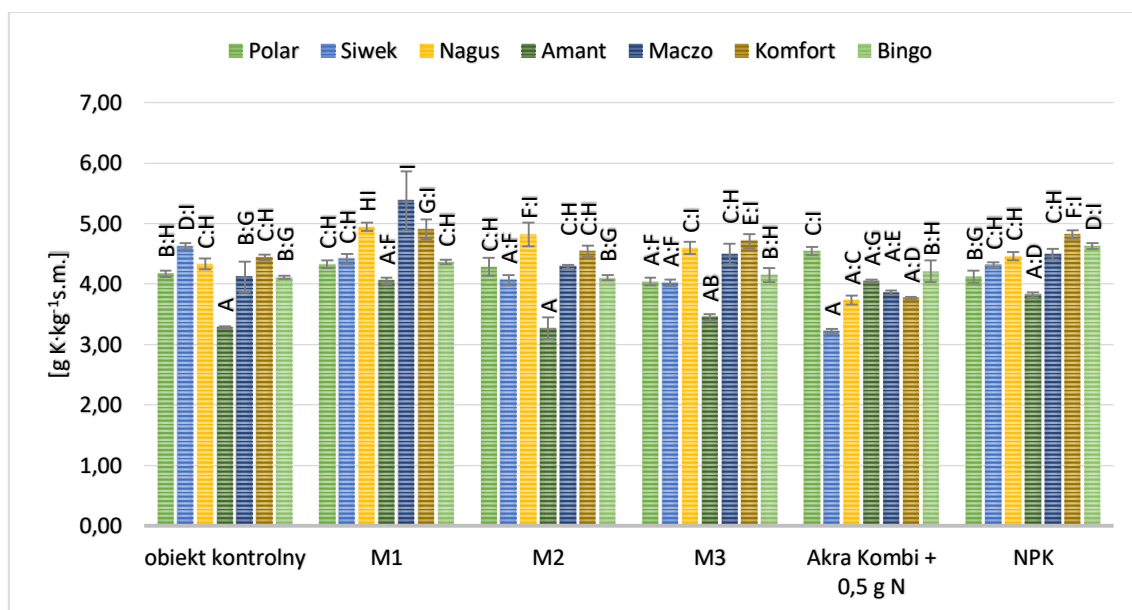
Przy niedoborze wody pobranie badanego pierwiastka było utrudnione i było średnio o ponad 20 mg P·wazon<sup>-1</sup> mniejsze. Najwięcej, gdyż średnio około 220 mg P·wazon<sup>-1</sup> pobrały części nadziemne owsa, uprawiane w warunkach dogłębowego stosowania preparatu Akra Kombi i tylko niewiele mniej od owsa nawożonego mineralnymi formami azotu, fosforu i potasu. Podobne wyniki uzyskano uprawiając równoległe dwie odmiany oplewione, które w podobny sposób reagowały na stosowanie wszystkich preparatów bakteryjnych. Spośród 5 odmian owsa najwięcej fosforu pobierała odmiana Siwek, a najmniej odmiana Maczo. Spośród dwóch odmian oplewionych lepsza w tym zakresie była odmiana Bingo (tab. 13).

Jak wynika z danych przedstawionych na rysunku 47 więcej fosforu pobranego z gleby zgromadziła słoma, a około dwukrotnie mniej ziarno. Wykazano, że lepiej w wykorzystaniu tego pierwiastka z gleby radziły sobie odmiany oplewione (rys. 47).



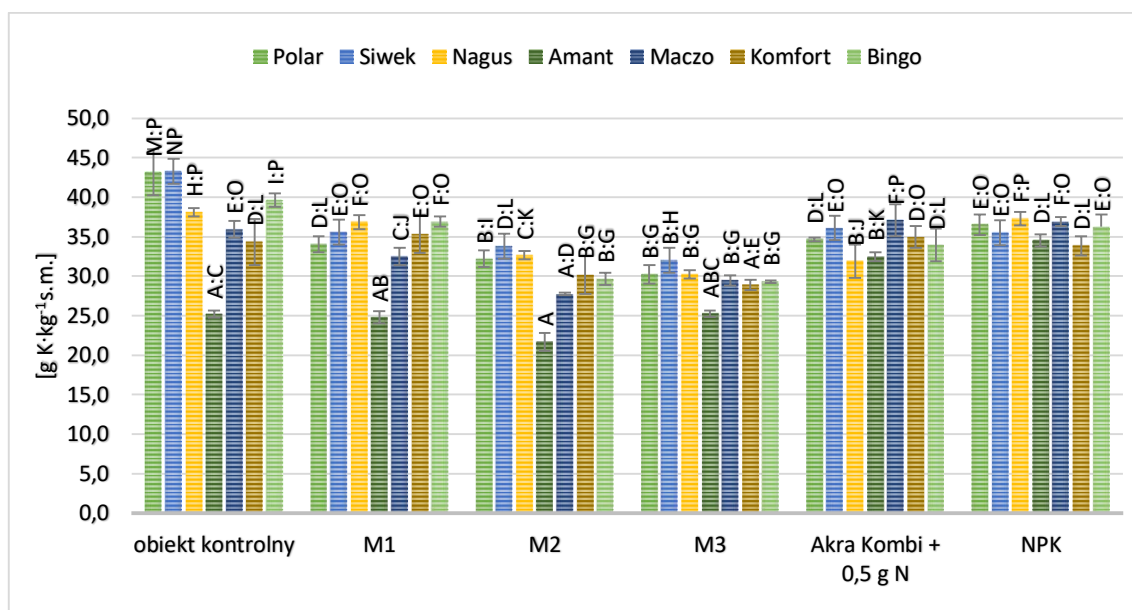
**Rysunek 47** Całkowite pobranie fosforu przez nadziemne części owsa

**Zawartość potasu** w ziarnie owsa odmian nieoplewionych i oplewionych na wszystkich obiektach doświadczalnych była zbliżona i kształtowała się średnio na poziomie od 3,9 do 4,7 g P·kg<sup>-1</sup> s.m. ziarna. Nie wykazano, aby którykolwiek z badanych preparatów wpływał w istotny sposób na kształtowanie się zawartości tego pierwiastka w ziarnie owsa. Nie wskazano też żadnej odmiany o lepszych lub gorszych zdolnościach pobierania tego pierwiastka (rys. 48).



**Rysunek 48** Zawartość potasu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Słoma owsa zawierała średnio około dziesięciokrotnie więcej potasu (rys. 49) i kształtowała się w zakresie od 25 gramów do ponad 40 g P·kg<sup>-1</sup> s.m. słomy. Podobnie jak w przypadku ziarna, nie wskazano istotnego wpływu stosowanych preparatów na poziom zawartości badanego makroskładnika w słomie owsa. Można jedynie wskazać odmianę Siwek jako tę, która gromadziła najwięcej potasu, a odmianę Amant o najniższej zawartości.



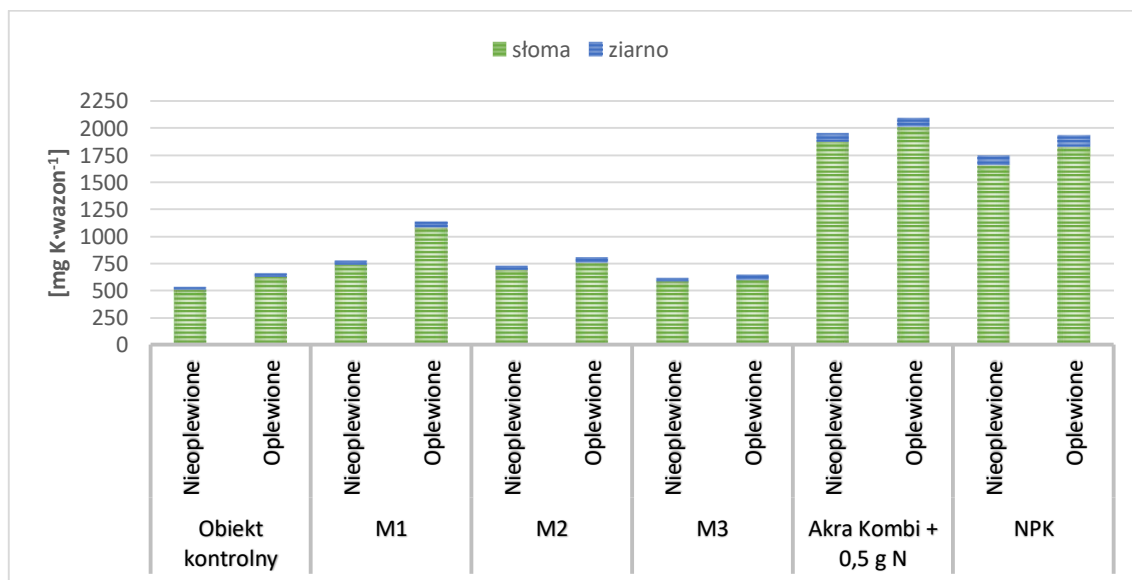
**Rysunek 49** Zawartość potasu w słomie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Ilości potasu pobranego wraz z ziarnem i słomą owsa przedstawiono w tabeli 14. Z danych w niej zawartych wynika, że wszystkie badane preparaty, a także nawozy mineralne spowodowały wzrost pobrania tego makroskładnika, zarówno przez odmiany nieoplewione, jak i oplewione. Zaprawianie ziarna mieszaniną bakterii, Akra N-Bakterien Azoarcus, Akra N-Bakterien Azotobacter oraz Akra MSB zwiększało pobranie potasu o około 250 mg potasu z wazonu. Dodatkowe wprowadzanie do gleby preparatu Akra Kombi nie różnicowało istotnie wielkości pobrania potasu w warunkach optymalnej wilgotności gleby. Niedobór wody w glebie obniżył ilość pobranego potasu o prawie 100 mg potasu z wazonu. Największy przyrost pobrania potasu w stosunku do obiektu kontrolnego stwierdzono po zastosowaniu w uprawie owsa doglebowego preparatu Akra Kombi, a tylko niewiele niższy na obiektach nawożonych nawozami mineralnymi NPK. Spośród badanych odmian nagoziarnistych odmiana Siwek najlepiej pobierała potas, a najslabiej odmiana Maczo. Podobnie jak w przypadku zawartości potasu, więcej tego pierwiastka wykorzystywała oplewiona odmiana Bingo niż Komfort.

**Tabela 14** Całkowite pobranie potasu przez nadziemne części owsa

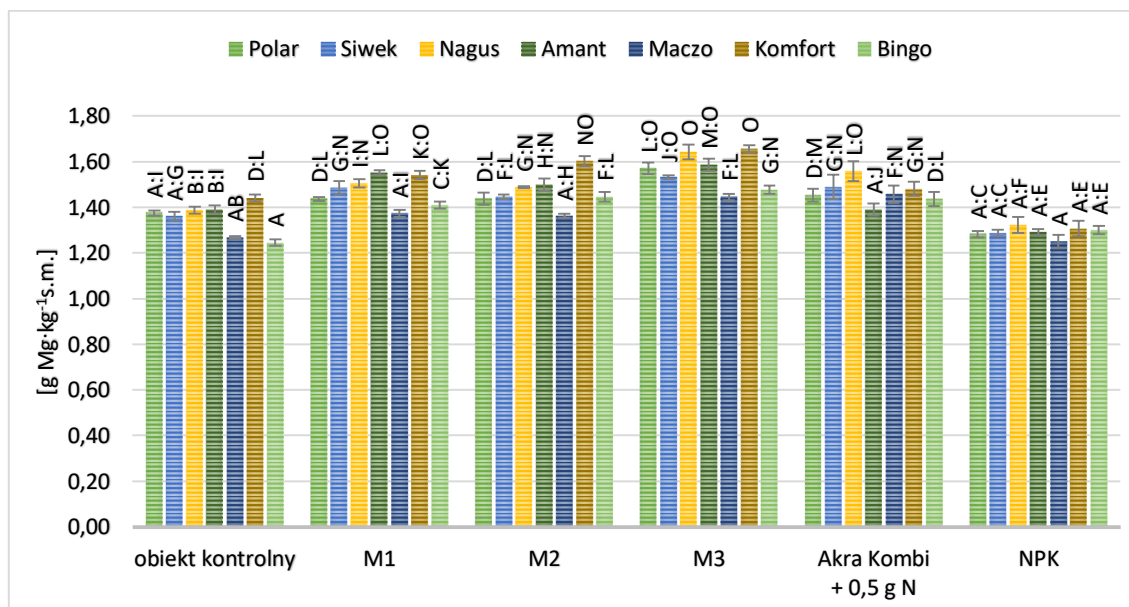
Odmiany	Obiekt kontrolny	M1	M2	M3	Akra Kombi + 0,5 g N	NPK
[mg·wazon <sup>-1</sup> ]						
<b>Polar</b>	598,3	691,8	698,9	571,7	1886,4	1935,0
<b>Siwek</b>	595,5	993,2	820,7	687,3	2063,9	1729,6
<b>Nagus</b>	504,6	924,4	836,3	577,7	1810,4	1954,3
<b>Amant</b>	466,8	671,8	714,8	757,0	2041,2	1604,8
<b>Maczo</b>	503,2	601,3	568,5	500,7	1973,6	1509,4
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>533,7</b>	<b>776,5</b>	<b>727,8</b>	<b>618,9</b>	<b>1955,1</b>	<b>1746,6</b>
<b>Komfort</b>	601,5	1060,8	796,1	590,2	2047,1	1761,5
<b>Bingo</b>	714,5	1214,9	817,5	706,5	2140,3	2112,0
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>658,0</b>	<b>1137,9</b>	<b>806,8</b>	<b>648,4</b>	<b>2093,7</b>	<b>1936,7</b>

Jak wynika z danych zamieszczonych na rysunku 50, pobrany potas gromadził się głównie w słomie, ziarno pobierało średnio niecałe 5% tego makroskładnika w stosunku do całkowitego pobrania przez części nadziemne. Na wszystkich obiektach więcej potasu z gleby wykorzystywały odmiany oplewione.



**Rysunek 50** Całkowite pobranie potasu przez części nadziemne owsa

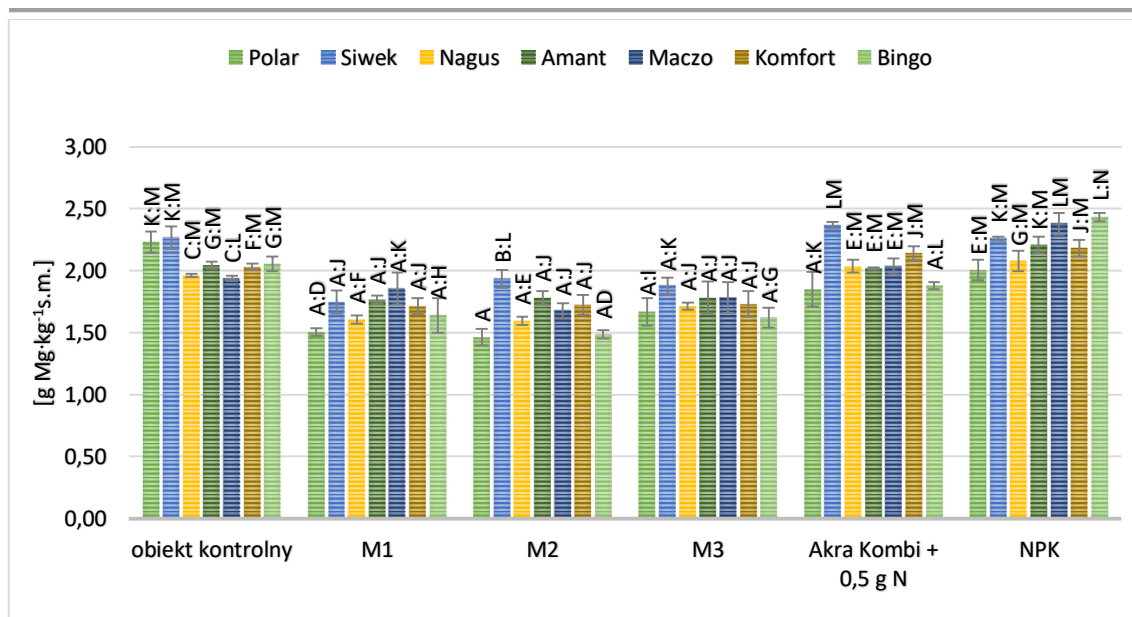
**Zawartość magnezu** w ziarnie owsa (rys. 51) nie różniła się istotnie i na wszystkich obiektach doświadczalnych oscylowała wokół 1,5 g Mg·kg<sup>-1</sup> s.m. Żaden ze stosowanych preparatów nie decydował o kształtowaniu się poziomu jego zawartości.



**Rysunek 51** Zawartość magnezu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

W słomie owsa (rys. 52) zawartość magnezu była wyższa i oscylowała wokół 2,0 g Mg·kg<sup>-1</sup>s.m., osiągając na niektórych obiektach powyżej 2,5 g Mg·kg<sup>-1</sup>. Na obiektach, na których ziarno uprawianego owsa zaprawiano mieszaniną bakterii (M1, M2, M3) magnez w słomie gromadził się w najmniejszej ilości, osiągając wartości nawet niższe niż na obiektach kontrolnych. Większy, chociaż statystycznie nieistotny wzrost koncentracji tego makroskładnika stwierdzono na obiektach nawożonych NPK oraz przy dogłębowym stosowaniu preparatu Akra Kombi.





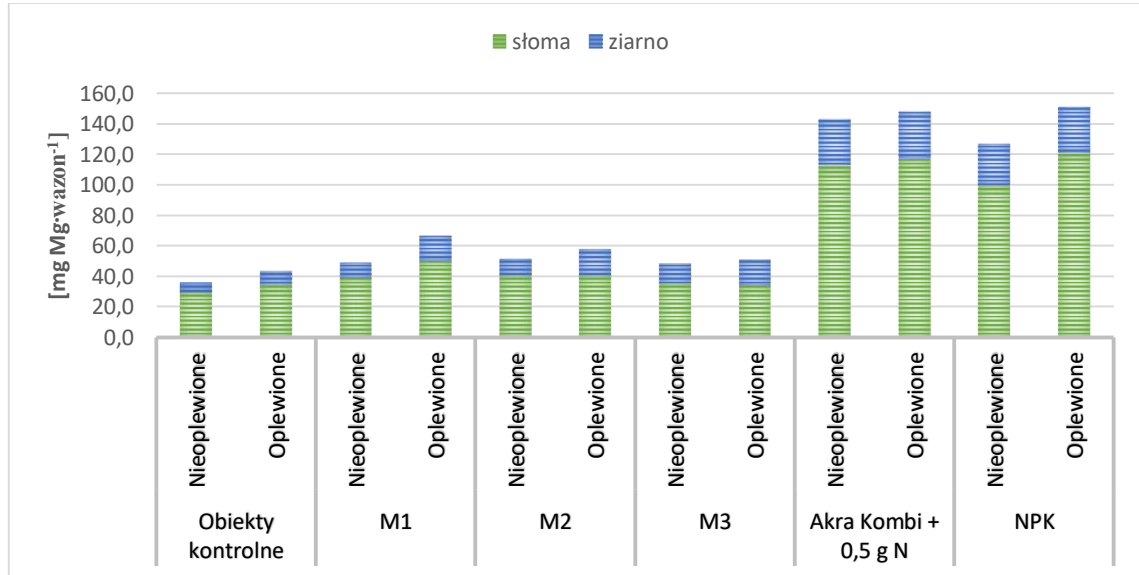
**Rysunek 52** Zawartość magnezu w słomie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

Stosowanie w uprawie odmian owsa nagiego i oplewionego badanych preparatów bakteryjnych zwiększało natomiast wykorzystanie magnezu z gleby (tab. 16). Każda z zastosowanych substancji wpłynęła na wzrost pobrania tego makroskładnika w porównaniu z obiektem kontrolnym. Największy istotny wzrost pobrania stwierdzono na obiektach nawożonych nawozami mineralnymi NPK oraz na tych, na których dogłębowo stosowano preparat Akra Kombi. Najwięcej magnezu pobrała nagoziarnista odmiana Amant.

**Tabela 15** Całkowite pobranie magnezu przez nadziemne części owsa

Odmiany	Obiekt kontrolny	M1	M2	M3	Akra Kombi + 0,5 g N	NPK
	[mg·wazon <sup>-1</sup> ]					
<b>Polar</b>	36,0	39,4	41,0	41,0	124,1	126,2
<b>Siwek</b>	37,9	58,7	57,8	52,0	160,7	131,4
<b>Nagus</b>	32,7	52,0	52,4	45,2	142,0	133,1
<b>Amant</b>	41,3	54,0	65,2	64,9	154,2	128,8
<b>Maczo</b>	32,5	41,1	41,8	39,1	133,0	113,6
<b>Odmiany nieoplewione</b>	<b>36,1</b>	<b>49,0</b>	<b>51,6</b>	<b>48,4</b>	<b>142,8</b>	<b>126,6</b>
<b>Komfort</b>	42,9	65,5	60,0	49,1	150,7	135,2
<b>Bingo</b>	44,0	67,9	55,5	53,2	145,1	166,1
<b>Odmiany oplewione</b>	<b>43,5</b>	<b>66,7</b>	<b>57,8</b>	<b>51,2</b>	<b>147,9</b>	<b>150,7</b>

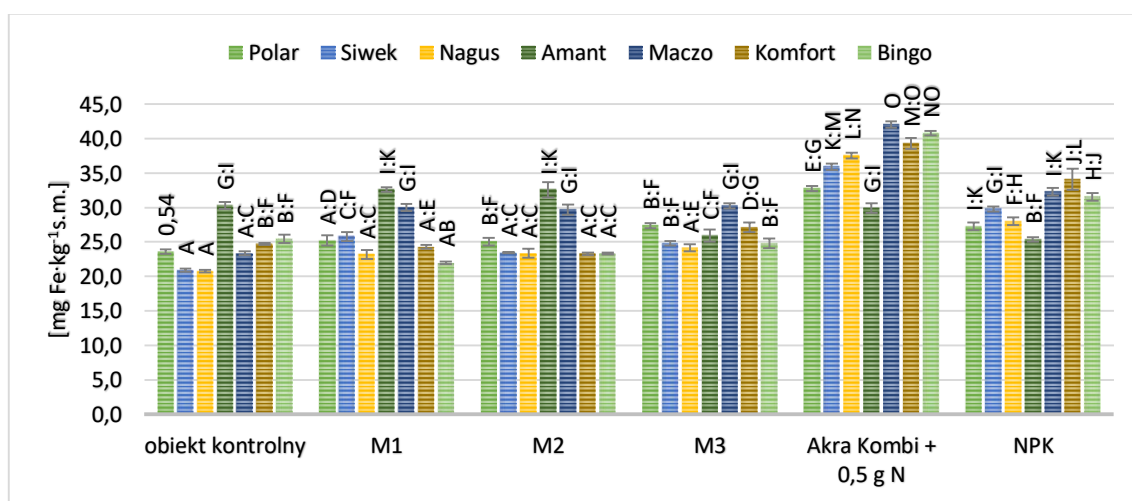
Dane przedstawione na rysunku wskazują, że pobrany z gleby magnez gromadził się głównie w słomie owsa, niewiele pobrało go natomiast ziarno. Prawie na wszystkich obiektach doświadczalnych więcej magnezu pobrały odmiany oplewione.



**Rysunek 53** Całkowite pobranie magnezu przez nadziemne części owsa

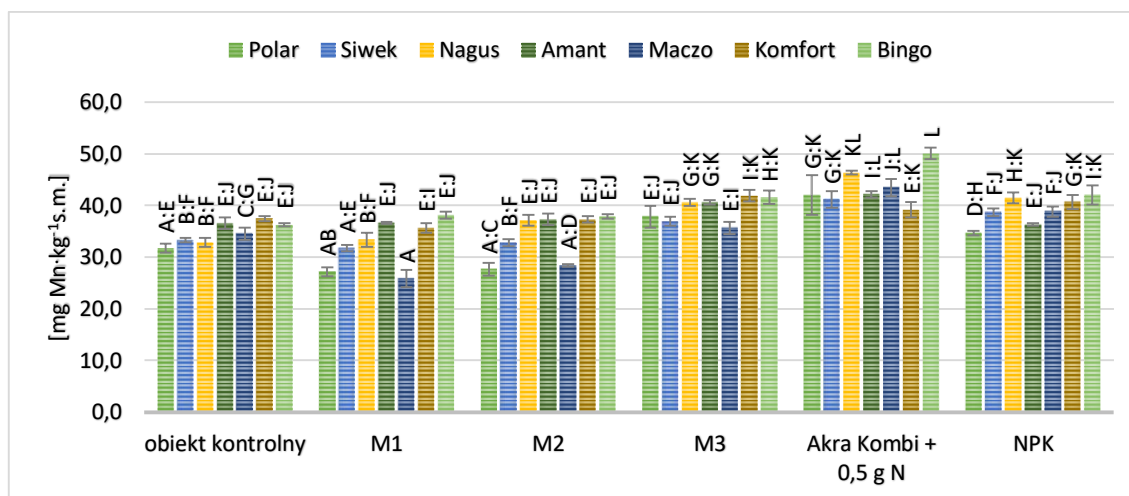
• **Zawartość mikrośladników**

Jak wynika z danych przedstawionych na rysunku 54, **zawartość żelaza** w ziarnie owsa w niewielkim stopniu zależała od stosowanych w uprawie tej rośliny biopreparatów. Oprócz obiektów, gdzie do gleby wprowadzono preparat Akra Kombi, który wpłynął na wzrost zawartości tego mikrośladnika, na pozostałych obiektach doświadczalnych zawartość ta kształtowała się na zbliżonym poziomie. Wskazano jedynie, że odmiany Amant i Maczo wyróżniały się największą zdolnością do gromadzenia żelaza w ziarnie owsa.

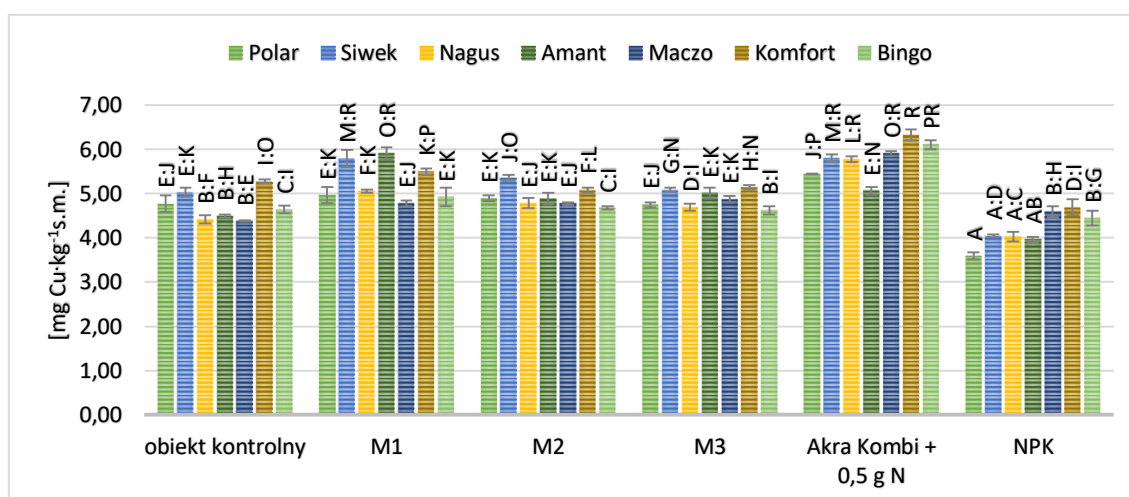


**Rysunek 54** Zawartość żelaza w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

**Zawartość manganu** w ziarnie owsa nie zależała od czynników doświadczalnych i na wszystkich obiektach była do siebie zbliżona (rys. 55).



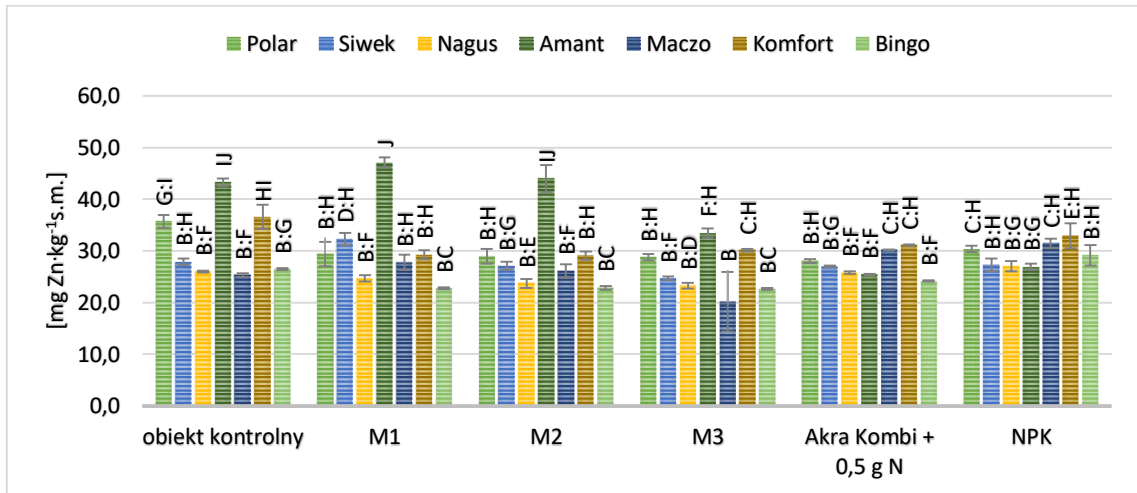
**Rysunek 55** Zawartość manganu w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05



**Rysunek 56** Zawartość miedzi w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

**Zawartość miedzi** w ziarnie owsa, jedynie tam, gdzie stosowano preparat Akra Kombi, była nieco wyższa niż na pozostałych obiektach doświadczalnych i w ziarnie niektórych odmian przekraczała 6 mg Cu·kg<sup>-1</sup> s.m.. Podobnie jak przy stosowaniu dolistnych preparatów stwierdzono obniżenie koncentracji tego mikroelementu w ziarnie zebranym z obiektów nawożonych NPK (rys. 56).

Ilość cynku zgromadzona w ziarnie owsa, niezależnie od stosowanych preparatów, kształtowała się na zbliżonym poziomie i oscylowała w granicach 30 mg Zn·kg<sup>-1</sup> s.m.. Na większości obiektów największą zawartością badanego mikro składnika wyróżniała się odmiana nieoplewiona Amant, w której ziarnie stwierdzono ponad 45 mg Zn·kg<sup>-1</sup> s.m. (rys. 57).



**Rysunek 57** Zawartość cynku w ziarnie owsa, Test HSD Tukeya; Grupy jednorodne, alfa = 0,05

---

## 6 DYSKUSJA WYNIKÓW

---

Chociaż wśród wielu badań, w szczególności z rejonów o klimacie tropikalnym lub pustynnym, uzyskiwano obiecujące efekty po zastosowaniu biopreparatów (Azadi i in. 2014; Bilal i in. 2017; Khan i in. 2021; Karpenko i Marchenko 2021), to w badaniach własnych pozytywny wpływ badanych biopreparatów na plon ziarna i zawartość składników mineralnych w ziarnie był niewielki. W przypadku preparatu Azoarcus. wobec braku statystycznie istotnych różnic w wysokości plonu pomiędzy obiektem kontrolnym, a obiektem na którym zaprawiono ziarno preparatem można wnioskować, że ten preparat nie jest w stanie efektywnie zwiększyć plonów badanych roślin. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w pracach wielu innych badaczy. Do podobnych wniosków doszły Sulewska i Ptaszyńska (2005), które badały wpływ wybranych preparatów na plonowanie i parametry fizyczne ziarna kukurydzy. Podobnie jak w przypadku wyników przedstawionych w tej pracy, zastosowane przez nie preparaty nie spowodowały statystycznie istotnego przyrostu plonu, a w jednym przypadku nawet spowodowały jego obniżenie. W badaniach Dal Cortivo i in. (2020), które dotyczyły wpływu bionawozów na różne parametry (w tym plon) pszenicy, nie uzyskano statystycznie istotnych różnic w wysokości plonu po zastosowaniu biopreparatów (m.in. mieszaniny bakterii *Azospirillum* spp. + *Azoarcus* spp. + *Azorhizobium* spp.). Preparaty mikrobiologiczne zastosowane dolistnie jak w badaniach Al-Zubade i in. (2021) nie dały pozytywnych efektów plonotwórczych, stwierdzono nawet ich negatywny wpływ na wysokość plonów.

Zastosowanie preparatu Bombardier wpłynęło na wzrost plonu ziarna i słomy owsa, w przypadku form oplewionych przyrost plonu był statystycznie istotny. Wobec złożonego składu preparatu, nie jest możliwe bezpośrednie porównanie wyników badań własnych z badaniami przeprowadzonymi przez innych autorów. Możliwe jest jednak odniesienie się do działania głównych jego składników na plonowanie owsa. Jednym z głównych składników preparatu Bombardier jest kwas humusowy. W badaniach przeprowadzonych przez Alabdulla, S. A. (2019), Majid i Salim, H. (2018) oraz ALrubaiee (2021), każdorazowo uzyskiwano istotnie wyższe plony owsa po dolistnym zastosowaniu kwasów humusowych. Przy założeniu, że to kwasy humusowe były główną przyczyną wzrostu plonu po zastosowaniu preparatu Bombardier, należy ocenić, że podobnie jak w wymienionych wyżej badaniach, kwasy humusowe istotnie wpływały na

plon owsa oplewionego. Wpływ preparatu Bombardier, na inne rośliny niż owies był badany przez bułgarskich badaczy. Hristov i Kolev (2019) badali jego wpływ na cechy plonu pszenicy, również uzyskując pozytywny efekt jego zastosowania.

Wpływ preparatu BioFol Plex na plonowanie owsa był bardzo zbliżony do oddziaływania preparatu Bombardier. Wedle opisu producenta, preparat BioFol Plex jest kompleksowany kwasami humusowymi, chociaż szczegółowy ich udział jest tajemnicą producenta, to można przypuszczać, że przynajmniej część uzyskanego pozytywnego efektu wynika z działania kwasów humusowych. Wśród dostępnej literatury jest polska praca, której autorzy badali wpływ preparatu BioFol Plex na skład chemiczny pszenicy ozimej (Szpunar-Krok i in. 2022). Autorzy skupiali się jednak na innych cechach jakościowych, a nie jak w niniejszej pracy, która dotyczy pobrania makro i mikroskładników. Autorzy wykazali wyższą zawartość kwasów tłuszczowych w ziarnie po zastosowaniu tego preparatu. Jednym z głównych składników podanych w składzie preparatu BioFol Plex są algi. Zespół Drygaś i in. (2021) wykorzystał algi (*Ascophyllum nodosum*) do zaprawiania ziarna owsa odmiany Bingo, otrzymując dzięki temu wyższe plony. Różne zespoły badawcze badały wpływ złożonych preparatów dolistnych zawierających kwasy humusowe i glony, na inne zboża m.in. Pačuta i in. (2021), Szpunar-Krok i in. (2022), osiągając statystycznie istotnie wyższe plony roślin uprawnych. Zarówno w wymienionych badaniach, jak i w badaniach własnych, dolistne stosowanie preparatów miało korzystny wpływ na plon.

Preparat Akra Kombi okazał się być skuteczny w ochronie roślin przed skutkami okresowego niedoboru wody. Z uwagi na to, że w składzie zawiera zeolity i krzemionkę, które są w wielu pracach wskazywane jako działające ochronnie, można przypuszczać że to właśnie im zawdzięcza swoje ochronne działanie. Ochronny efekt w tym zakresie potwierdza praca Szatanik-Kloc i in. (2019), w której badano wpływ zeolitów na plonowanie owsa (również w warunkach stresu wodnego). Podobne efekty uzyskano także dla jęczmienia (Szatanik-Kloc i in. 2021), badając także wpływ zeolitów na porowatość gleby.

Po porównaniu średnich dla dwóch oplewionych odmian owsa i pięciu odmian nieoplewionych, widoczne jest wyższe plonowanie form oplewionych, niezależnie od wariantu nawożenia. Różnice te pozostają jednak nieistotne statystycznie. Wyniki uzyskane w tej pracy potwierdzają dotychczasowe badania o niższym plonowaniu form

nieoplewionych. Podobne rezultaty uzyskano w badaniach Pisulewskiej i in. (2009), w których porównywano m.in. plony oplewionych i nieoplewionych form owsa (odmiany Dukat i Akt). W wymienionych badaniach, tak jak w przeprowadzonych w ramach badań własnych, w każdym wariacie nawożenia uzyskiwano nieco wyższe plony dla form oplewionych, jednak różnice okazały się nieistotne statystycznie. Podobne wyniki uzyskiwano także w innych warunkach klimatycznych. W pracy Hackett (2018), w której porównywano odmiany nagoziarniste i oplewione owsa, uprawiane w warunkach panujących w Irlandii, również uzyskano wyższe plony dla odmian oplewionych, podobnie jak w pracy kanadyjskich badaczy (Ma i in. 2012).

W przeprowadzonych badaniach, zwiększenie dawki azotu, powodowało istotny wzrost plonu owsa. Jest to oczekiwany rezultat wynikający z podstaw fizjologii i biochemii roślin. Azot jest niezbędny w syntezie białek, co warunkuje zdolność do wzrostu i wytwarzania plonu (Lawlor 2002). Na obiektach na których stosowano preparat Azoarcus, najwyższy plon uzyskano na obiektach na których dawka startowa azotu była najwyższa. W pracy Ma i in. (2012), w której porównywano efekty trzech dawek nawożenia azotem na plon owsa oplewionego i nieoplewionego, również uzyskiwano wyższe plony po zastosowaniu wyższych dawek azotu. Najwyższy plon uzyskano na obiektach nawożonych mineralnymi formami azotu, fosforu i potasu.

Zawartość fosforu w ziarnie utrzymywała się w podobnym zakresie niezależnie od wariantu nawożenia i odmiany owsa. W pracy Pisulewskiej i in. (2009), również otrzymywano te same zawartości fosforu w ziarnie owsa niezależnie od wariantu nawożenia, jednak w pracy tych autorów, ziarno odmiany nagoziarnistej zawierało więcej fosforu, co nie znalazło potwierdzenia w przeprowadzonych w tej pracy badaniach. Podobnie z zawartością potasu, magnezu, żelaza czy cynku. Różnica ta może wynikać z tego, że badania Pisulewskiej i in. (2009), były prowadzone na jednej odmianie owsa oplewionego i jednej owsa nagiego. W badaniach własnych często większe różnice w zawartości składników mineralnych uzyskiwano w obrębie odmian nagoziarnistych niż pomiędzy formami nagimi i oplewionymi.

Ciołek i in. (2012) również badali zawartość składników pokarmowych w owsie uzyskując podobne zakresy zawartości potasu, manganu i cynku zbliżone do wyników uzyskanych w badaniach własnych. Uzyskano ponadto znacznie niższą zawartość magnezu i miedzi oraz znacznie wyższą zawartość żelaza w ziarnie owsa, niż te które są



przedstawione w niniejszej pracy. W badaniach Witkowicz i in. (2015), również uzyskano podobną zawartość manganu, jednak znacznie niższe zawartości miedzi i wyższe zawartości cynku i żelaza.

W badaniach Rubene i Kuka (2006), dla odmian oplewionych uzyskano średnio 97,29 – 120,40 mg Fe·kg<sup>-1</sup>, a dla odmian nieoplewionych 58,38-70,37 mg Fe·kg<sup>-1</sup>. W przeprowadzonych badaniach własnych, tak wysokie zawartości dla odmian nagoziarnistych uzyskano jedynie na obiektach, na których stosowano preparaty dolistne. Preparaty te mają w składzie żelazo, co mogło wpłynąć na zawartość tego składnika. Zwiększenie zawartości tego mikroelementu nastąpiło także gdy zastosowano preparat Akra Kombi wraz z dawką startową azotu. Różnice w zawartości tego pierwiastka w porównaniu do zawartości przedstawionych w pracy Rubene i Kuka (2006) są na tyle wysokie, iż można przypuszczać, że to nie różnice odmianowe, a właściwości chemiczne i fizykochemiczne gleby i dostępność tego składnika miały największy wpływ w tym zakresie. Potwierdza to również porównanie z wynikami mikroelementów w ziarnie owsa z opublikowanymi w pracy Witkowicz i in. (2015). Autorzy podają wartości dla dwóch różnych miejsc uprawy – Wierzbicy (około 59,4-62,3 mg Fe·kg<sup>-1</sup> s.m.) i Prus (49,5-56,3 mg Fe·kg<sup>-1</sup> s.m.), przy tych samych czynnikach doświadczalnych. Porównując wnioski Rubene i Kuka (2006) z wynikami badań własnych, nie potwierdza się jednak, by ziarno odmian oplewionych zawierało więcej żelaza.

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że zwiększona dostępność azotu wpływała na większe pobranie pozostałych składników pokarmowych. W większości przypadków, zawartości makro i mikroelementów utrzymywały się na podobnym poziomie dla danej odmiany, co w odniesieniu do wyższych plonów oznacza także wyższe pobranie każdego z tych składników. O zwiększonym pobraniu mikroelementów przez owies, po nawożeniu azotem i fosforem informuje także w swojej pracy Malik i in. (2015).

## **7 WNIOSKI**

---

1. Badane biopreparaty niezależnie czy stosowano je dolistnie, doglebowo czy poprzez zaprawianie ziarna, bez wspomagania dawką startową azotu nie zwiększały plonowania owsa nagiego.
2. Wykazano jednak wzrost zawartości azotu i pobrania tego składnika niezależnie od sposobu aplikacji badanych biopreparatów.
3. Żaden ze stosowanych biopreparatów nie zwiększał zawartości fosforu, potasu i magnezu w ziarnie owsa, natomiast wszystkie poprawiały wykorzystanie tych makroskładników z gleby.
4. Niezależnie od rodzaju biopreparatów i sposobu ich stosowania nie stwierdzono różnic w zawartości badanych mikroskładników w ziarnie owsa.
5. Niedobór wody w podłożu przy stosowaniu biopreparatów doglebowo i dolistnie istotnie ograniczał plonowanie wszystkich badanych odmian owsa, a także obniżał zawartość i pobranie makroskładników.
6. Mimo wykazanego w wielu przypadkach pozytywnego oddziaływania badanych biopreparatów, najwyższy plon, zawartość oraz pobranie składników pokarmowych uzyskano stosując w uprawie owsa tradycyjne nawożenie mineralne
7. Badane porównawczo odmiany oplewione owsa, w każdym przypadku plonowały wyżej, wykazywały lepszy skład jakościowy ziarna i pobierały więcej składników pokarmowych z gleby.
8. Spośród pięciu odmian owsa nagiego jako najbardziej przydatną do uprawy w warunkach stosowania biopreparatów wskazano odmianę Amant a najmniej przydatne Polar i Maczo.
9. Stwierdzono że badane biopreparaty nie zdołają zastąpić nawożenia mineralnego w uprawie owsa nagiego na dużych powierzchniach, jednak mogą być wykorzystane w uprawach ekologicznych gdzie startowa dawka azotu może być wprowadzona do gleby w formie organicznej.

## 8 WYKAZ LITERATURY

---

- Aazadi, M.S. & Siyadat, S.A. & Syahbidi, M. & Younesi, E. (2014). The Study Effect of Nitrogen, Azotobacter Spp. and Azospirillum Spp. on Phenological and Morphological Traits of Durum Wheat Cultivars in Dehloran Region, Iran. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 47. 10.2478/cerce-2014-0002.
- Alabdulla, S. A. (2019). Effect of foliar application of humic acid on fodder and grain yield of oat (*Avena sativa* L.). *Research on Crops*, 20(4), 880-885.
- Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2021). Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants*, 10(3), 531.
- ALrubaiee, S. H. (2021). Response of three cultivars of oats (*Avena Sativa* L.) To humic acid and its effect on yield and its components. *Int. J. Agricult. Stat. Sci.* Vol, 17(1), 2201-2205.
- Al-Zubade, A., Phillips, T., Williams, M. A., Jacobsen, K., & Van Sanford, D. (2021). Effect of Biofertilizer in Organic and Conventional Systems on Growth, Yield and Baking Quality of Hard Red Winter Wheat. *Sustainability*, 13(24), 13861.
- Anjum, S. A., Wang, L., Farooq, M., Xue, L., i Ali, S. (2011). Fulvic acid application improves the maize performance under well-watered and drought conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197(6), 409-417.
- Baris, O., Sahin, F., Turan, M., Orhan, F., & Gulluce, M. (2014). Use of plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) seed inoculation as alternative fertilizer inputs in wheat and barley production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45(18), 2457-2467.
- Begum, M., Bordoloi, B. C., Singha, D. D., & Ojha, N. J. (2018). Role of seaweed extract on growth, yield and quality of some agricultural crops: A review. *Agricultural Reviews*, 39(4), 321-326.
- Benson, G. O., (1971), The response of the corn plant to foliar applications of nitrogen and phosphorus under different environmental conditions, *Retrospective Theses and Dissertations*. 4938. <https://lib.dr.iastate.edu/rtd/4938> data: 06.08.2021
- Bélanger, R. R., Benhamou, N., & Menzies, J. G. (2003). Cytological evidence of an active role of silicon in wheat resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. tritici). *Phytopathology*, 93(4), 402-412.
- Biel, W., Bobko, K., & Maciorowski, R. (2009). Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. *Journal of cereal science*, 49(3), 413-418.
- Bilal, M., Ayub, M., Tariq, M., Tahir, M., & Nadeem, M. A. (2017). Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(3), 236-241.

- Boczkowska M., Podyma W., Łapiński B., (2016), Oat. Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement, str. 159-225
- Bojórquez-Quintal E, Escalante-Magaña C, Echevarría-Machado I and Martínez-Estévez M (2017) Aluminum, a Friend or Foe of Higher Plants in Acid Soils. *Front. Plant Sci.* 8:1767. doi: 10.3389/fpls.2017.01767
- Buée M., De Boer W., Martin F., van Overbeek L & Jurkevitch E., (2009) The rhizosphere zoo: an overview of plant-associated communities of microorganisms, including phages, bacteria, archaea, and fungi, and of some of their structuring factors. *Plant Soil* 321: 189–212.
- Bushong, J. T., Miller, E. C., Mullock, J. L., Arnall, D. B., & Raun, W. R. (2016). Irrigated and rain-fed maize response to different nitrogen fertilizer application methods. *Journal of Plant Nutrition*, 39(13), 1874-1890.
- Chen, T.H.H., Murata, N., (2011). Glycinebetaine protects plants against abiotic stress: mechanisms and biotechnological applications. *Plant Cell Environ.* 34,1–20.
- Cheng Q., (2008), Perspectives in biological nitrogen fixation research, *J. Integr. Plant Biol.* 50(7), 784–796
- Chérif, M., Asselin, A., & Bélanger, R. R. (1994). Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. *Phytopathology*, 84(3), 236-242.
- Ciolek, A., Makarska, E., Wesolowski, M., & Cierpiala, R. (2012). Content of selected nutrients in wheat, barley and oat grain from organic and conventional farming. *Journal of Elementology*, 17(2).
- Cordell D., Drangert J.O., White S. (2009), *The Story of Phosphorus: Global Food Security and Food for Thought*, „Global Environmental Change”, vol. 19(2)
- Currie, H. A., i Perry, C. C. (2007). Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. *Annals of botany*, 100(7), 1383-1389.
- Dal Cortivo, C., Ferrari, M., Visioli, G., Lauro, M., Fornasier, F., Barion, G., ... & Vamerali, T. (2020). Effects of seed-applied biofertilizers on rhizosphere biodiversity and growth of common wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field. *Frontiers in plant science*, 11, 72.
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable development*, 25(2), 183-191.
- Dennis P.G., Miller A.J., Hirsch P.R., (2010), Are root exudates more important than other sources of rhizodeposits in structuring rhizosphere bacterial communities?, *FEMS Microbiology Ecology*, Volume 72, Issue 3, June 2010, Pages 313–327, <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00860.x>

- Di Martino, C., Delfine, S., Pizzuto, R., Loreto, F. and Fuggi, A., (2003). Free amino acids and glycine betaine in leaf osmoregulation of spinach responding to increasing salt stress. *New phytologist*, 158(3), pp.455-463.
- Drygaś, B., Depciuch, J., & Puchalski, C. (2021). Effect of *Ascophyllum nodosum* Alga Application on Microgreens, Yield, and Yield Components in Oats *Avena sativa* L. *Agronomy*, 11(7), 1446.
- Du Jardin, P., (2012). The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis. Adhoc Study Report to the European Commission DG ENTR. 2012; [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final\\_report\\_bio\\_2012en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final_report_bio_2012en.pdf).
- Du Jardin, P., (2015), Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation, *Sci. Hortic.* 196, 3–14. doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.021
- Du Jardin, P. 2019, 4th Biostimulants World Congress
- Fabijanska, M., Kosieradzka, I., & Bekta, M. (2003). Owies nagi w żywieniu trzody chlewnej i drobiu. Część I. Owies nagi w żywieniu tuczników. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 229, 317-328.
- Fageria, N. K., Filho, M. B., Moreira, A., i Guimarães, C. M. (2009). Foliar fertilization of crop plants. *Journal of plant nutrition*, 32(6), 1044-1064.
- Fauteux, F., Rémus-Borel, W., Menzies, J. G., & Bélanger, R. R. (2005). Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiology letters*, 249(1), 1-6.
- Ertani, A., Francioso, O., Tinti, A., Schiavon, M., Pizzeghello, D., & Nardi, S. (2018). Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches. *Frontiers in Plant Science*, 9, 428.
- Gad, N. (2006). Increasing the efficiency of nitrogen fertilization through cobalt application to pea plant. *Res J Agric Biol Sci*, 2(6), 433-442.
- Gąsiorowski H., (1995), Światowe tendencje w produkcji owsa. Owies chemia i technologia. Państwowe Wydawnictwo Rolne i Leśne, str. 12-16, ISBN: 83-09-01640-9
- Gąsiorowski H., (1995a), Pochodzenie, rozpowszechnienie i systematyka owsa. Owies chemia i technologia. Państwowe Wydawnictwo Rolne i Leśne, str. 20-22, ISBN: 83-09-01640-9
- Gąsiorowski H., (1995b), Przyrodniczo-rolnicze podstawy uprawy owsa. Owies chemia i technologia. Państwowe Wydawnictwo Rolne i Leśne, str. 25-35, ISBN: 83-09-01640-9
- Gąsiorowski H., (1995c), Aspekty profilaktyczne owsa i jego przetworów. Państwowe Wydawnictwo Rolne i Leśne, str. 117-125, ISBN: 83-09-01640-9

- Giri, J., (2011). Glycinebetaine and abiotic stress tolerance in plants. *Plant signaling & behavior*, 6(11), pp.1746-1751.
- Givens D.I., Davies T.W., Laverick R.M., (2004), Effect of variety, nitrogen fertiliser and various agronomic factors on the nutritive value of husked and naked oats grain. *Animal Feed Science and Technology*, 113, 169-181
- Glick B. R., (2015), *Beneficial Plant-Bacterial Interactions*, Springer, ISBN 978-3-319-13921-0
- Goswami, D., Thakker, J. N., i Dhandhukia, P. C. (2016). Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1127500. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1127500>
- Graham P.H., Vance C.P., (2000), Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs, *Field Crops Research* 65: 93-106
- GUS Grupa Robocza ds. PSR, (2011), *Powszechny spis rolny 2010. Uprawy rolne i wybrane elementy produkcji roślinnej*. ISBN: 978-83-7027-482-5
- GUS, (2019), *Rocznik statystyczny rolnictwa*, red. Rozkrut Dominik, Zakład Wydawnictw Statystycznych, ISSN 2080-879
- GUS (Departament Badań Przestrzennych i Środowiska), (2019a), *Ochrona Środowiska 2019*, raport dostępny online: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/srodowisko/ochrona-srodowiska-2019,1,20.html> , dostęp: 04.10.2020
- Guzman, M., J. L. Valenzuela, A. Sanchez, and L. Romero. (1990). A method for diagnosis the status of horticulture crops. II. Micronutrients. *Phyton, International Journal of Experimental Botany* 51: 43–56.
- Hackett, R. (2018). A comparison of husked and naked oats under Irish conditions. *Irish journal of agricultural and food research*, 57, 1-8.
- Hayashi, H., Sakamoto, A., & Murata, N. (1998). Enhancement of the tolerance of *Arabidopsis* to high temperatures by genetic engineering of the synthesis of glycinebetaine. *The Plant Journal*, 16(2), 155-161.
- Hristov, R., & Kolev, T. (2019). Effect Of Leaf Treatment Products On Some Structural Components In The Yield Of Common Wheat. *Agronomy Series of Scientific Research/Lucrari Stiintifice Seria Agronomie*, 61(2).
- Hurek, T., Reinhold-Hurek, B., Van Montagu, M., & Kellenberger, E. (1994). Root colonization and systemic spreading of *Azoarcus* sp. strain BH72 in grasses. *Journal of bacteriology*, 176(7), 1913-1923.
- Hurek, T., Handley, L. L., Reinhold-Hurek, B., & Piché, Y. (2002). *Azoarcus* grass endophytes contribute fixed nitrogen to the plant in an unculturable state. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 15(3), 233-242.
- Hurek T., Reinhold-Hurek B., (2003), *Azoarcus* sp. strain BH72 as a model for nitrogen-fixing grass endophytes, *Journal of Biotechnology*, 106 s. 169-178

- Kapoore, R. V., Wood, E. E., & Llewellyn, C. A. (2021). Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. *Biotechnology Advances*, 49, 107754.
- Karpenko, V., & Marchenko, K. (2021). Productivity of hullless oats under the effect of microbiological preparation and a plant growth regulator. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*, 20(3), 113-122.
- Kawka A. i Achremowicz B., (2014), Owies – roślina xxi wieku. Wykorzystanie żywieniowe i przemysłowe, *Nauka Przyroda Technologie*, Tom 8, zeszyt 3, #41
- Khan, Z., Rahman, M., Haider, G., Amir, R., Ikram, R. M., Ahmad, S., ... & Fahad, S. (2021). Chemical and Biological Enhancement Effects of Biochar on Wheat Growth and Yield under Arid Field Conditions. *Sustainability* 2021 (13): 5890.
- Kłeczek, A., Anielak, A.M. (2021). Humic substances and significance of their application – a review. *Technical Transactions*: e2021012.
- Kocoń A., Jadczyzyn T., (2015), Wpływ preparatów mikrobiologicznych, sposobów ich stosowania oraz dawek nawożenia azotem na zawartość przyswajalnego fosforu w glebie i inne wybrane wskaźniki chemiczne żyzności gleby, *Polish Journal of Agronomy*, 2015, 21, 11–18
- Kordulasińska I., Bulińska-Radomska Z., (2014), Ocena cech morfologicznych, użytkowych i składu chemicznego obiektów owsa zgromadzonych w Krajowym Centrum Roślinnych Zasobów Genowych w Radzikowie, *Polish Journal of Agronomy*, 16, 3-12
- Kowalczyk Cz., Ratajczak P. (1995). *Produkcja owsa w Polsce i na świecie. „Owies - chemia i technologia”* red. H. Gąsiorowski, PWRiL, Poznań
- Kronzucker, H. J., Coskun, D., Schulze, L. M., Wong, J. R., & Britto, D. T. (2013). Sodium as nutrient and toxicant. *Plant and soil*, 369, 1-23.
- Kuś J., Jończyk K., Stalenga J., Feldyn-Szewczyk B., Mróz A., (2010), Plonowanie wybranych odmian pszenicy ozimej w uprawie ekologicznej i konwencjonalnej, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, vol. 55(3)
- Lawlor, D. W. (2002). Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *Journal of experimental Botany*, 53(370), 773-787.
- Leggett J.M., (1992), *Classification and speciation in Avena*. W: *Oat science and technology*. Am. Soc. Of Agronomy and Crop Sci. Soc. Of America, Madison, 1992.
- Liang, Y., Sun, W., Zhu, Y. G., & Christie, P. (2007). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. *Environmental pollution*, 147(2), 422-428.
- Liu, Y., Tao, J., Cao, J., Zeng, Y., Li, X., Ma, J., ... & Sun, L. (2020). The beneficial effects of aluminum on the plant growth in *Camellia japonica*. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20, 1799-1809.

- Ma, B. L., Biswas, D. K., Zhou, Q. P., & Ren, C. Z. (2012). Comparisons among cultivars of wheat, hulled and hullless oats: Effects of N fertilization on growth and yield. *Canadian journal of plant science*, 92(6), 1213-1222.
- Majid, H., & Salim, H. (2018). Impact of planting distances and humic acid on oat, *Avena sativa*. *J. Biol. Agric. and Healthcare*, 8, 25-33.
- Malik, P., Duhan, B. S., Midha, L. K., & SHEORAN, H. S. (2015). Interactive effect of nitrogen, phosphorus and cutting management on micro nutrients uptake by oat (*avena sativa* L.). *Forage Res*, 41, 68-71.
- Marilley L., Vogt G., Blanc M., Aragno M., (1998) Bacterial diversity in the bulk soil and rhizosphere fractions of *Lolium perenne* and *Trifolium repens* as revealed by PCR restriction analysis of 16S rDNA. *Plant Soil*198: 219–224.
- Martyniuk S., (2008), Znaczenie procesu biologicznego wiązania azotu atmosferycznego w rolnictwie ekologicznym, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 53(4)
- Martyniuk S., (2010), Wytwarzanie preparatów mikrobiologicznych na przykładzie bakterii symbiotycznych roślin motylkowych, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, vol. 55(4)
- Martyniuk S., Książak J., (2011), Ocena pseudomikrobiologicznych biopreparatów stosowanych w uprawie roślin, *Polish Journal of Agronomy*, 6, 27–33
- Matyjaszczyk E., (2015), Wprowadzenie biostymulatorów do obrotu handlowego w Polsce. Sytuacja bieżąca i uwarunkowania prawne. *Przemysł chemiczny*. 94/10, str. 1841-1844
- Matysiak, K. (2020). Effect of foliar application of humic substances on qualitative and quantitative traits of the yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) and sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Progress in Plant Protection*, 60(1).
- Mederski, H. J. i G.W. Volk, (1956), Foliar Fertilization of field crops. Ohio Agricultural Experiment Station Research Circular 35.
- Michalski T., Idziak R., Menzel L., (1999), Wpływ warunków pogodowych na plonowanie owsa, *Żywność*, 1 (18) supl.
- Mohr R.M, Grant C.A., May W.E., Stevenson F.C., (2007), The influence of nitrogen, phosphorus and potash fertilizer application on oat yield and quality, *Canadian Journal of Soil Science*, 87:459-468
- Muhammad, N., Zvobgo, G., & ZHANG, G. P. (2019). A review: The beneficial effects and possible mechanisms of aluminum on plant growth in acidic soil. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(7), 1518-1528.
- Murawska B., Piekut A., Jachymska J., Mitura K., Lipińska K. J., (2015), Ekologiczny i konwencjonalny system gospodarowania a wielkość i jakość plonu wybranych roślin uprawnych, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3(1), 663-675



Naseri R., Maleki A., Naserirad H., Shebibi S., Omidian A., (2013), Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Reduction Nitrogen Fertilizer Application in Rapeseed (*Brossica napus L.*), *Middle-East Journal of Scientific Research* 14 (2): 213-220

Nasiroleslami, E., Mozafari, H., Sadeghi-Shoae, M., Habibi, D., & Sani, B. (2021). Changes in yield, protein, minerals, and fatty acid profile of wheat (*Triticum aestivum L.*) under fertilizer management involving application of nitrogen, humic acid, and seaweed extract. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(4), 2642-2651.

Niewiadomska A. Sawicka A., (2005), Diazotrofia – Charakterystyka układu symbiotycznego roślin motylkowatych – Rhizobia W: Rośliny motylkowe w rolnictwie polskim: genetyka, hodowla, uprawa i użytkowanie. Konferencja naukowa, Poznań, 6 grudnia 2005, Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego, 2005, s. 83-94, ISBN: 83-7160-405-X

Noack, S. R., McBeath, T. M., & McLaughlin, M. J. (2010). Potential for foliar phosphorus fertilisation of dryland cereal crops: a review. *Crop and Pasture Science*, 61(8), 659-669.

Osaki, M., Watanabe, T., & Tadano, T. (1997). Beneficial effect of aluminum on growth of plants adapted to low pH soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 43(3), 551-563.

Pačuta, V., Rašovský, M., Michalska-Klimczak, B., & Wyszyński, Z. (2021). Grain yield and quality traits of durum wheat (*Triticum durum Desf.*) treated with seaweed- and humic acid-based biostimulants. *Agronomy*, 11(7), 1270.

Petkov K., Piech M., Łukaszewski Z., Kowieska A., (1999), Porównanie składu chemicznego i wartości pokarmowej owsa nieoplewionego i oplewionego, *Żywność* 1(18) supl. s. 253-259

Pilon-Smits, E. A., Quinn, C. F., Tapken, W., Malagoli, M., & Schiavon, M. (2009). Physiological functions of beneficial elements. *Current opinion in plant biology*, 12(3), 267-274.

Pink M. i Wojnarowska M. (red.), (2020), *Biogospodarka. Wybrane aspekty. rozdz. 7 Bioprodukty w rolnictwie*, wyd. Difin, Monografia projektu BLOOM, ISBN 978-8385-291-4, online: <https://depot.ceon.pl/bitstream/handle/123456789/18479/biogospodarka-srodkie-ceon.pdf> dostęp: 11.10.2020

Pisarska, K., & Pietr, S. J. (2014). Bakterie endofityczne – ich pochodzenie i interakcje z roślinami. *Post Mikrobiol*, 53, 141-151.

Pisulewska E., Poradowski R., Anonkiewicz J., Witkiewicz R., (2009), Wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego na plon oraz skład mineralny ziarna owsa oplewionego i nagoziarnistego, *J. Elementol.*, 14(4): 763-772

Płaczek A., (2021), Wpływ nawożenia selenem na jego zawartość w nadziemnych częściach kukurydzy, Praca doktorska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Pszczołkowski P., Sawicka B., (2016), Zmienność form i odmian owsa w Polsce, Polish Journal of Agronomy, 27, 106-117

Rees D.C., Tezcan F.A., Haynes C.A., Walton M.Y., Andrade S., Einsle O., Howard J.B., (2005), Structural basis of biological nitrogen fixation, Phil. Trans. R. Soc. A., vol. 363, s. 971-984

Reinhold B. i Hurek T., (1988), Location of diazotrophs in the root interior with special attention to the kallar grass association, Plant and Soil 110, 259-268

Reinhold, B., & Hurek, T. (1989). Location of diazotrophs in the root interior with special attention to the kallar grass association. In Nitrogen Fixation with Non-Legumes (pp. 209-218). Springer, Dordrecht.

Reyes, J. O., Bendezú, S. G., & Joaquín, A. H. (2016). Molybdenum and Cobalt Application in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with Two Fertilization Systems under No-Tillage. Journal of Agricultural Science and Technology B, 72.

Richmond, K. E., & Sussman, M. (2003). Got silicon? The non-essential beneficial plant nutrient. Current opinion in plant biology, 6(3), 268-272.

Robinson D., Hodge A., Fitter A., (2003), Constraints on the form and function of Root systems, in.: Root Ecology, Ecological Studies, Vol. 168, red. H. de Kroon E.J.W. Visser, ISBN 978-3-662-09784-7 (eBook)

Rombel-Bryzek, A., & Pisarek, I. (2017). Wpływ kwasów huminowych na aktywność metaboliczną buraka cukrowego w warunkach suszy. Proceedings of ECOpole, 11.

Rubene, D., & Kuka, P. (2006). Minerals in oats, barley and wheat grains. Research for Rural Development, 2006, 75-78.

Salehi, M., Zare, M., Bazrafshan, F., Aien, A., i Amiri, B. (2021). Effects of zeolite on agronomic and biochemical traits and yield components of zea mays l. cv Simone under drought stress condition. The Philippine Agricultural Scientist, 104(2), 6.

Sangeetha, C., i Baskar, P. (2016). Zeolite and its potential uses in agriculture: A critical review. Agricultural Reviews, 37(2), 101-108.

Sawyer, J. E., i Barker, D., (1994). Foliar fertilization of corn with mono-potassium phosphate and urea. Iowa State University: Ames, IA.

Semenov A.M., Van Bruggen A.H.C., Zelenev V.V., (1999) Moving waves of bacterial populations and total organic carbon along roots of wheat. Microb Ecol 37: 116–128.

Serafin-Andrzejewska M., Gniadzik M., Kozak M.K., (2016), Biostymulatory – wczoraj, dziś i jutro, Rolnictwo XXI wieku – Problemy i wyzwania, red. Deta Łuczycka, 114-122, ISBN 978-83945311-0-2

Shamili, M., Dehghanpour, S., & Atrash, S. (2020). Zeolite alleviates defense responses in drought stressed carrot (*Daucus carota* L.). Journal of Plant Process and Function, 9(37), 27-36.

- Sharma, H. S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J. R., & Martin, T. (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of applied phycology*, 26, 465-490.
- Sherif, A., ElKhalawy, S., & Hegab, E. (2017). Impact of nitrogen and cobalt rates on faba bean crop grown on clayey soil. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 8(9), 459-465.
- Shukla, P. S., Mantin, E. G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2019). *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in plant science*, 10, 655.
- Strychar, R (2011) World oat production, trade, and usage. In *Oats: Chemistry and Technology*, 2nd ed., pp. 77–94 [Webster, FH and Wood, PJ, editors]. Washington, DC: American Association of Cereal Chemists 27, 106–117
- Subbarao, G. V., Wheeler, R. M., Stutte, G. W., & Levine, L. H. (1999). How far can sodium substitute for potassium in red beet?. *Journal of plant nutrition*, 22(11), 1745-1761.
- Subbarao, G. V., Ito, O., Berry, W. L., & Wheeler, R. M. (2003). Sodium—a functional plant nutrient. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22(5), 391-416.
- Sulewska H., Ptaszyńska G., (2005), Reakcja kukurydzy uprawianej na ziarno na stosowanie preparatów mikrobiologicznych. *Pamiętnik Puławski*, 140: 271-285
- Szatanik-Kloc, A., Ambrozewicz-Nita, A., Franus, W., & Józefaciuk, G. (2019). Early effect of clinoptilolite on yield and quality of oat (*Avena sativa* L.). *International Agrophysics*, 33(1).
- Szatanik-Kloc, A., Szerement, J., Adamczuk, A., & Józefaciuk, G. (2021). Effect of low zeolite doses on plants and soil physicochemical properties. *Materials*, 14(10), 2617.
- Szczepanek, M., Wszelaczyńska, E., & Pobereżny, J. (2018). Effect of seaweed biostimulant application in spring wheat. *AgroLife Scientific Journal*, 7(1), 131-136.
- Szpunar-Krok, E., Depciuch, J., Drygaś, B., Jańczak-Pieniążek, M., Mazurek, K., & Pawlak, R. (2022). The Influence of Biostimulants Used in Sustainable Agriculture for Antifungal Protection on the Chemical Composition of Winter Wheat Grain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 12998.
- Szynkowska, M. I., Zwoździak, J. (red.). (2010). Współczesna problematyka odorów. Warszawa: Valentine J., 1995, Naked oats. *The Oat Crop: Production and utilization*. Red.Robert W. Welch, Chapman & Hall, Londyn, ISBN 0 412 373106
- Tyburski J., Łachacz A., (2009), Efektywność środków ulepszających gleby ciężkie w gospodarstwach ekologicznych. Sprawozdanie z badań podstawowych na rzecz

rolnictwa ekologicznego w zakresie upraw polowych metodami ekologicznymi,  
<http://www.uwm.edu.pl/wksir/systemy/badania/raporty>

Valentine, J. (1995). Naked oats. In *The oat crop* (pp. 504-532). Springer, Dordrecht.

Van Ittersum, 2019– 4th Biostimulants World Congress

Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4, 1-12.

Van Villet P.C.J., Bloem J., de Goede R.G.M., (2006), Microbial diversity, nitrogen loss and grass production after addition of Effective Microorganisms (EM) to slurry manure. *Appl. Soil Ecol.*, 32(2): 188-198

Vranova, V., Rejsek, K., Skene, K. R., & Formanek, P. (2011). Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions. *Plant and Soil*, 342(1), 31-48.

Wally, O. S., Critchley, A. T., Hiltz, D., Craigie, J. S., Han, X., Zaharia, L. I., ... & Prithiviraj, B. (2013). Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in *Arabidopsis* following treatment with commercial extract from the marine macroalga *Ascophyllum nodosum*. *Journal of plant growth regulation*, 32, 324-339.

Wakelin S.A., Warren R.A., Harvey P.R., Ryder M.H., (2004), Phosphate solubilization by *Penicillium* spp. Closely associated with wheat roots. *Biol. Fertil. Soils* 40: 36-43

Wei, Y., Han, R., Xie, Y., Jiang, C., & Yu, Y. (2021). Recent advances in understanding mechanisms of plant tolerance and response to aluminum toxicity. *Sustainability*, 13(4), 1782.

White, P. J. (2016). Selenium accumulation by plants. *Annals of botany*, 117(2), 217-235.

Withers, P. J., Sylvester-Bradley, R., Jones, D. L., Healey, J. R., & Talboys, P. J. (2014). Feed the crop not the soil: rethinking phosphorus management in the food chain.

Witkiewicz, R., Antonkiewicz, J., Pisulewska, E., & Bogocz, D. (2015). The impact of agronomic factors on the content of selected microelements in naked oat (*Avena sativa* var. *nuda*) grain. *Ecological Chemistry and Engineering. A*, 22(2), 239-250.

Xiubin, H., i Zhanbin, H. (2001). Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil. *Resources, conservation and recycling*, 34(1), 45-52.

Xu, Q., Wang, Y., Ding, Z., Song, L., Li, Y., Ma D., Wang Y., Shen J., Jia S., Sun H., Zhang, H. (2016). Aluminum induced metabolic responses in two tea cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry*, 101, 162-172.

Zhao B.P., Ma B.L., Hu Y.G., Liu J.H., (2011), Leaf Photosynthesis, Biomass Production and water and nitrogen use efficiencies of two contrasting naked vs. Hulled oat genotypes subjected to water and nitrogen stresses, *Journal of Plant Nutrition*, 34:2139-2157

Zuo Y., Zhang F., (2011), Soil and crop management strategies to prevent iron deficiency in crops. *Plant Soil* 339:83-95

4th Biostimulants World Congress 2019, 2020, NewAGInternational, Editor: Luke Huston, March/April