



**EKOLOGICZNA PRODUKCJA ZIARNA
ORAZ PRZETWARZANIE POZOSTAŁOŚCI
BROWARNICZYCH NA MĄCZKĘ Z WYKORZYSTANIEM
INNOWACYJNEGO SPOSOBU DEHYDRATACJI**



„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich:
Europa inwestująca w obszary wiejskie”

Instytucja Zarządzająca PROW 2014-2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi
Publikacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach działania „Współpraca”
Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020
Materiał opracowany przez Grupę Operacyjną „Grist”

Wyniki badań i rezultaty projektu pt. „Ekologiczna produkcja ziarna oraz przetwarzanie pozostałości browarniczych na mączkę z wykorzystaniem innowacyjnego sposobu dehydratacji”.

Opracowane przez:

mgr inż. Karolina Błaszczuk, dr hab. inż. Małgorzata Gumienna, dr hab. inż. Tomasz Knapowski, dr hab. inż. Karol Kotwica, dr hab. inż. Wojciech Kozera, dr hab. inż. Robert Lamparski, dr hab. inż. Małgorzata Lasik-Kurdyś, dr hab. inż. Grzegorz Lemańczyk, dr hab. Agnieszka Makowska, prof. dr hab. inż. Sylwia Mildner-Szkudlarz, dr inż. Rafał Nowak, dr hab. inż. Mariusz Piekarczyk, dr hab. inż. Anetta Siwik-Ziomek, prof. dr hab. Małgorzata Szczepanek

Red. prof. dr hab. inż. Małgorzata Szczepanek
kierownik projektu

Wydawca:

Kujawsko-Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Minikowie
89-122 Minikowo, tel. 52 386 72 14
e-mail: sekretariat@kpodr.pl www.kpodr.pl

Druk:

ZAKŁAD AKTYWNOŚCI ZAWODOWEJ w Bydgoszczy
85-502 Bydgoszcz, ul. Ludwikowo 3
www.zazdrukbydgoszcz.eu

ISBN 978-83-68137-01-9

Bydgoszcz 2025



**Ekologiczna
produkcja ziarna
oraz przetwarzanie
pozostałości
browarniczych
na mączkę
z wykorzystaniem
innowacyjnego
sposobu
dehydratacji**

Spis treści

Wstęp	7
1. Ekologiczna technologia uprawy jęczmienia kapturkowego	
ze stymulacją odżywiania roślin azotem	9
1.1. Warunki prowadzenia doświadczeń	9
1.2. Ocena plonowania	12
1.3. Ocena presji agrofagów	14
1.3.1. Ocena presji chorób	14
1.3.2. Ocena liczebności szkodników	17
1.3.3. Ocena zachwaszczenia	18
1.4. Ocen stanu środowiska glebowego	20
1.4.1. Ocena zawartości makroelementów w glebie	20
1.4.2. Analiza właściwości biochemicznych gleby	24
1.4.3. Analiza cech fizycznych gleby	27
1.5. Ocena odżywiania roślin	28
1.5.1. Zawartość N w liściu flagowym i podflagowym.....	28
1.5.2. Zawartość N w biomasie	29
1.6. Ocena parametrów fizjologicznych	30
1.6.1. Fluorescencja chlorofilu	30
1.6.2. Indeks powierzchni liści LAI	32
1.6.3. Indeks chlorofilu SPAD.....	33
1.7. Laboratoryjna ocena jakości ziarna	34
1.7.1. Ocena towaroznawcza	34
1.7.2. Zawartość makro i mikroelementów	35
1.7.3. Udział aminokwasów w białku ziarna	39
1.7.4. Zawartość substancji redukujących, skrobi	
oraz składników bioaktywnych	41
1.7.5. Zdolność i energia kiełkowania	44
1.7.6. Zawartość związków fenolowych i aktywność	
przeciwutleniająca	46
1.7.7. Właściwości technologiczne ziarna	48
2. Ekologiczna technologia uprawy jęczmienia kapturkowego w warunkach	
różnych sposobów uprawy roli i nawożenia.....	53
2.1. Warunki prowadzenia doświadczeń.....	53
2.2. Ocena plonowania	55
2.3. Ocena presji agrofagów	57
2.3.1. Ocena presji chorób	57
2.3.2. Ocena liczebności szkodników.....	59
2.3.3. Ocena zachwaszczenia	59
2.4. Ocen stanu środowiska glebowego.....	62
2.4.1. Ocena zawartości makroelementów w glebie.....	62
2.4.2. Analiza właściwości biochemicznych gleby	66
2.4.3. Analiza cech fizycznych gleby	68



2.5. Ocena odżywienia roślin	70
2.5.1. Zawartość N w liściu flagowym i podflagowym.....	70
2.5.2. Zawartość N i K w biomase.....	71
2.6. Ocena parametrów fizjologicznych	73
2.6.1. Fluorescencja chlorofilu	73
2.6.2. Indeks powierzchni liści LAI	74
2.6.3. Indeks chlorofilu SPAD	75
2.7. Laboratoryjna ocena jakości ziarna	77
2.7.1. Ocena towaroznawcza	77
2.7.2. Zawartość makro i mikroelementów	77
2.7.3. Udział aminokwasów w białku ziarna	81
2.7.4. Zawartość substancji redukujących, skrobi, oraz składników bioaktywnych	83
2.7.5. Zdolność i energia kiełkowania	86
2.7.6. Zawartość związków fenolowych i aktywność przeciwutleniająca	88
2.7.7. Właściwości technologiczne ziarna	90
 3. Ekologiczna technologia uprawy pszenicy okrągłoziałowej	
Trispa w warunkach różnych sposobów uprawy roli, nawożenia organicznego i biostymulacji	93
3.1. Warunki prowadzenia doświadczeń.....	93
3.2. Ocena plonowania	95
3.3. Ocena presji agrofagów	97
3.3.1. Ocena presji chorób	97
3.3.2. Ocena liczebności szkodników	99
3.3.3. Ocena zachwaszczenia	100
3.4. Ocen stanu środowiska glebowego	102
3.4.1. Ocena zawartości makroelementów w glebie	102
3.4.2. Analiza właściwości biochemicznych gleby	105
3.4.3. Analiza cech fizycznych gleby	107
3.5. Ocena odżywienia roślin	109
3.5.1. Zawartość N w liściu flagowym	109
3.5.2. Zawartość N w biomase	110
3.6. Ocena parametrów fizjologicznych	110
3.6.1. Fluorescencja chlorofilu	110
3.6.2. Indeks powierzchni liści LAI	111
3.6.3. Indeks chlorofilu SPAD	112
3.7. Laboratoryjna ocena jakości ziarna	113
3.7.1. Ocena towaroznawcza	113
3.7.2. Zawartość makro i mikroelementów	114
3.7.3. Udział aminokwasów w białku ziarna	116
3.7.4. Zawartość substancji redukujących, skrobi oraz składników bioaktywnych	118



3.7.5. Zdolność i energia kiełkowania	121
3.7.6. Zawartość związków fenolowych i aktywność przeciwutleniająca	123
3.7.7. Właściwości technologiczne ziarna	125
4. Technologia otrzymywania i cechy jakościowe funkcjonalnych mączek z pozostałości browarniczych (młóta) z pszenicy okrągłoziałowej	128
4.1. Technologia otrzymywania mączek	128
4.1.1. Proces słodowania	128
4.1.1.1. Wpływ temperatury na proces słodowania i jakość srodu	128
4.1.1.2. Parametry brzeczek kongresowych	130
4.1.2. Proces dehydratacji	132
4.1.2.1. Parametry procesu	132
4.1.2.2. Ocena jakościowa młóta po dehydratacji	134
4.2. Cechy jakościowe mączek funkcjonalnych	138
4.2.1. Parametry składu chemicznego	138
4.2.2. Właściwości technologiczne	141
5. Technologia otrzymywania i cechy jakościowe funkcjonalnych mączek z pozostałości browarniczych (młóta) z jęczmienia kapturkowego	143
5.1. Technologia otrzymywania mączek	143
5.1.1. Proces słodowania	143
5.1.1.1. Wpływ temperatury na proces słodowania i jakość srodu	143
5.1.1.2. Parametry brzeczek kongresowych	147
5.1.2. Proces dehydratacji	149
5.1.2.1. Parametry procesu	149
5.1.2.2. Ocena jakościowa młóta po dehydratacji	150
5.2. Cechy jakościowe mączek funkcjonalnych	153
5.2.1. Parametry składu chemicznego	154
5.2.2. Właściwości technologiczne	156
6. Ocena przydatności technologicznej mączek	158
6.1. Zdolność do fermentacji	158
6.2. Parametry próbnego wypieku	159
6.3. Wpływ procesów mikrobiologicznych i obróbki termicznej	164
Podsumowanie	170



WSTĘP

Rosnące oczekiwania konsumentów wobec żywności, przejawiające się zwiększeniem zapotrzebowania na produkty o wysokich walorach odżywczych i prozdrowotnych, o sprawdzonym pochodzeniu, w tym na żywność produkowaną metodami ekologicznymi stwarzają potrzebę rozwoju tego sektora produkcji pierwotnej oraz związanego z nim sektora przetwórczego.

Przedmiotem operacji były pierwotne gatunki zbóż: jęczmień kapturkowy (*H. vulgare* L. var. *rimpaii* Wittm.), odmiana Kaptur (Fot.1), o czarnej barwie ziarna oraz pszenica okrągłozianowa (*Triticum sphaerococcum* Perc.), odmiana Trispa (Fot. 2). Ziarno tych gatunków charakteryzuje się pożądaną przez konsumentów wysoką wartością odżywczą i prozdrowotną.



Fot. 1. Jęczmień kapturkowy (*Hordeum vulgare* L. var. *rimpaii* Wittm cv. Kaptur) w fazie dojrzewania

Celem głównym operacji było opracowanie technologii wytwarzania ekologicznego ziarna zbóż jako surowca do produkcji słodu, a następnie dehydratacji pozostałości browarniczych (młóta) i wytworzenie mączki funkcjonalnej, o wysokiej wartości prozdrowotnej.

Rezultatami operacji są:

A. Nowe technologie:

- 1) ekologicznej uprawy jęczmienia kapturkowego na glebie lekkiej ze stymulacją odżywiania roślin azotem, w warunkach różnych sposobów uprawy roli i nawożenia
- 2) ekologicznej uprawy pszenicy okrągłozianowej jarej na glebie lekkiej, w warunkach uproszczeń w uprawie roli, nawożenia organicznego



i biostymulacji otrzymywania funkcjonalnych mączek z pozostałości browarniczych (młóta) z ekologicznego ziarna:

- a) pszenicy okrągłoziałowej
- b) jęczmienia kapturkowego

B: Innowacyjne produkty - mączki z pozostałości browarniczych (młóta):

- a) jęczmienia kapturkowego
- b) pszenicy okrągłoziałowej

Uzyskane mączki, ze względu na wysoką wartość odżywczą i aktywność biologiczną mogą być wykorzystane jako funkcjonalny dodatek do mąk i wyrobów piekarniczych. Zaproponowane rozwiązanie pozwala w kompleksowy sposób zagospodarować produkt uboczny przemysłu browarniczego jakim jest młóto. Jego zagospodarowanie jest zdecydowanie istotne, gdyż stanowi do 80 % wszystkich odpadów produkcyjnych (poza wodą).

W ramach operacji opracowano ekologiczne technologie uprawy jęczmienia kapturkowego i pszenicy okrągłoziałowej, na glebach lekkich, z mikrobiologiczną stymulacją odżywienia roślin azotem, w warunkach bezpłujnej uprawy roli, z wykorzystaniem zróżnicowanych źródeł materii organicznej dla poprawy żyzności gleby. Są to technologie odpowiadające na wyzwania przyszłości, zmierzające do ograniczenia wpływu rolnictwa na środowisko.



Fot. 2. Pszenica okrągłoziałowa (*Triticum sphaerococcum* Percival cv. Trispa) w fazie kwitnienia

Zapraszamy do zapoznania się z wynikami badań przedstawionych w niniejszym opracowaniu. Dodatkowe informacje na temat naszej operacji są dostępne pod adresem www.grist.eu.



1. Ekologiczna technologia uprawy jęczmienia kapturkowego ze stymulacją odżywiania roślin azotem

1.1. Warunki prowadzenia doświadczenia

W doświadczeniu prowadzonym w certyfikowanym gospodarstwie ekologicznym, zlokalizowanym w województwie wielkopolskim badano reakcję genotypu jęczmienia o czarnym ziarnie na uproszczenia w uprawie roli, gęstość siewu oraz aplikację preparatów stymulujących odżywienie roślin azotem. Porównywano sposoby uprawy roli: 1) płużną (orka przedzimowa) i 2) bezpłużną (uproszczoną) z użyciem pługa dłutowego; gęstości siewu jęczmienia: 1) 350 szt. $\cdot$ m⁻² i 2) 450 szt. $\cdot$ m⁻²; stymulację odżywiania roślin azotem: 1) jednokrotną aplikację preparatu BlueN zawierającego bakterie wiążące azot z powietrza (*Methylobacterium symbioticum*), 2) dwukrotną aplikację bakterii wiążących azot z powietrza oraz 3) brak aplikacji bakterii wiążących azot z powietrza (kontrola). Doświadczenie prowadzono przez dwa kolejne sezony wegetacyjne, w latach 2023 i 2024. Przedplonem dla jęczmienia był ziemniak. Przedmiotem badania był jęczmień kapturkowy (*Hordeum vulgare* L. var. *rimpaii* Wittm).

W okresie jesiennym (listopad), poprzedzającym wegetację jęczmienia wykonywano tradycyjną orkę na głębokość 25 cm lub uprawę uproszczoną (bezpłużną) z użyciem pługa dłutowego, na głębokość 25 cm. W obu latach uprawa wiosenna koncentrowała się na dwukrotnym zastosowaniu agregatu uprawowego, składającego się z brony talerzowej oraz wału strunowego. Siew jęczmienia kapturkowego wykonano w drugiej lub trzeciej dekadzie marca, odpowiednio w 2023 i 2024 roku, na głębokość 3-4 cm, w rozstawie rzędów 12,5 cm. Ilość wysiewu ustalono opierając się na masie tysiąca ziaren (MTZ), gęstości siewu (GS), zdolności kiełkowania (ZK) ziarna i polowego wskaźnika wschodów (PWW). Materiałem siewnym był ekologiczny jęczmień kapturkowy, zaprawiony naturalnym preparatem Chito będącym naturalnym chitozanem, a jego masa tysiąca ziaren wynosiła 41,0 g w pierwszym i 39,8 g w drugim roku badań. Gęstość siewu stanowiła jeden z czynników doświadczalnych i wynosiła 350 szt. $\cdot$ m⁻² lub 450 szt. $\cdot$ m⁻². Zdolność kiełkowania jęczmienia w 2023 wynosiła 90% a w 2024 roku 96%. W obliczaniu ilości wysiewu za polowy wskaźnik wschodów (PWW) przyjęto wartość 0,9.

W prowadzonym doświadczeniu, w celu wzbogacenia gleby w składniki odżywcze oraz pokrycia potrzeb pokarmowych roślin jęczmienia zastosowano nawożenie mineralne w postaci naturalnych kopalin. Jesienią przed orką lub pługiem dłutowym, w pierwszym i drugim roku badań zastosowano nawozy mineralne dozwolone w rolnictwie ekologicznym. Nawożenie fosforowe opierało się na zastosowaniu fosforu w dawce 40 kg $\cdot$ ha⁻¹ P₂O₅ w postaci mączki fosforowej. Z kolei potas zaaplikowano w ilości 90 kg $\cdot$ ha⁻¹ K₂O w postaci kainitu.



$$\text{Ilość wysiewu (kg} \cdot \text{ha}^{-1}\text{)} = \text{MTZ (g)} \times \text{GS (szt.} \cdot \text{m}^{-2}\text{)} / \text{ZK (\%)} / \text{PWW}$$

Tabela 1. Ilość wysiewu jęczmienia czarnego kapturkowego w doświadczeniach

Masa tysiąca ziaren (MTZ) g	Gęstość siewu (GS) szt.·m ⁻²	Zdolność kiełkowania (ZK) %	Polowy wskaźnik wschodów (PWW)	Ilość wysiewu kg·ha ⁻¹
40,0	350	93	0,9	177
	450			228
39,8	350	96		161
	450			207



Fot. 3. Siew jęczmienia na wiosnę 2023 r.

Metody stymulacji odżywienia roślin azotem były jednym z badanych czynników doświadczenia. W wariancie z jednokrotnym zastosowaniem preparatu opartego o bakterie wiążące azot, aplikację nalistną wykonano w pełni krzewienia. W wariancie aplikacji dwukrotnej pierwszą dawkę preparatu zaaplikowano w pełni krzewienia, a drugą dawkę w fazie strzelania w źdźbło. W obu zabiegach zastosowano dawkę 333 g·ha⁻¹ preparatu mikrobiologicznego BlueN z dodatkiem Cropvit FeMo (0,2 l·ha⁻¹).

W uprawie ekologicznego jęczmienia kapturkowego odchwaszczenie plantacji oparte było o metody mechaniczne. W tym celu w obu latach wykonano bronowanie broną chwastownicą, w fazie 3 – 4 liści jęczmienia, ukośnie w stosunku do rzędów.

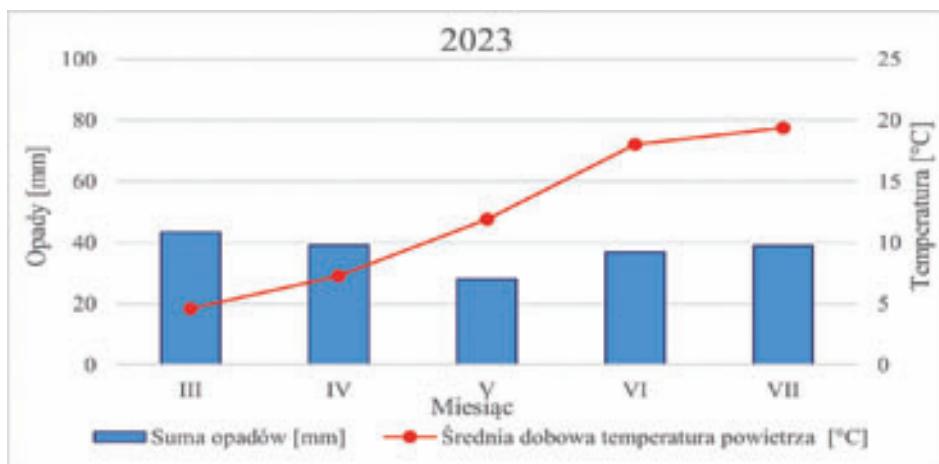
W certyfikowanym gospodarstwie ekologicznym nie stosowano pestycydów do walki ze sprawcami chorób oraz szkodnikami. Zbiór jęczmienia kapturkowego dokonano w pełnej dojrzałości ziarna, w połowie lipca, jednorazowo, przy użyciu kombajnu poletkowego.

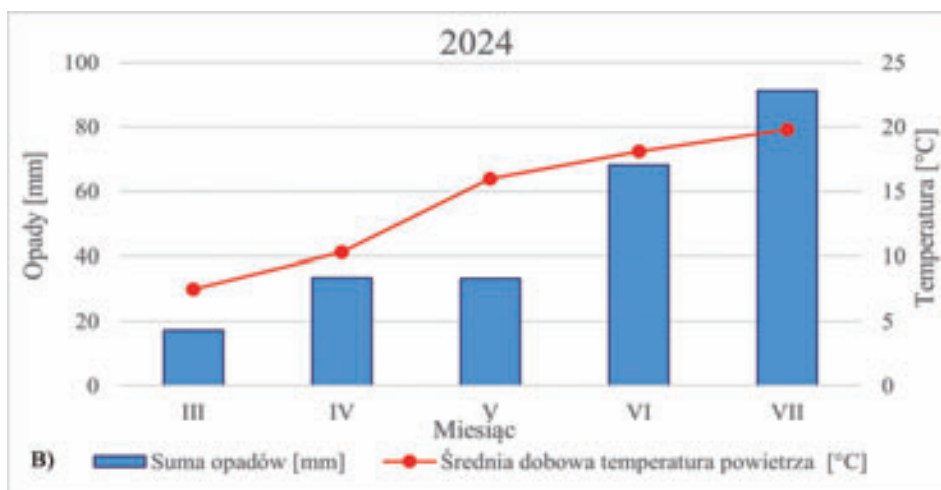




Fot. 4. Nalistna aplikacja preparatu mikrobiologicznego BlueN

Warunki meteorologiczne podczas wegetacji jęczmienia były zróżnicowane w latach badań (Wyk. 1). W 2023 roku średnia dobową temperatura powietrza w miesiącach marzec – maj była niższa od panującej temperatury w odpowiadającym okresie 2024. W kolejnych miesiącach wegetacji (VI – VII) średnia dobową temperatura powietrza była zbliżona w obu latach badań. Większe różnice można było zaobserwować w sumarycznej ilości opadów. W marcu 2023 opady były ponad 2,5-krotnie większe niż w marcu 2024. Kwiecień oraz maj charakteryzowały się zbliżoną stosunkowo niską sumaryczną ilością opadów w 2023 i 2024 roku, ograniczającą możliwości plonowania zbóż. Dostępność wody opadowej w miesiącach nalewania i dojrzewania ziarna (VI i VIII), była kolejno o ok. 1,8 i 2,3 razy większa w drugim roku prowadzenia doświadczenia.





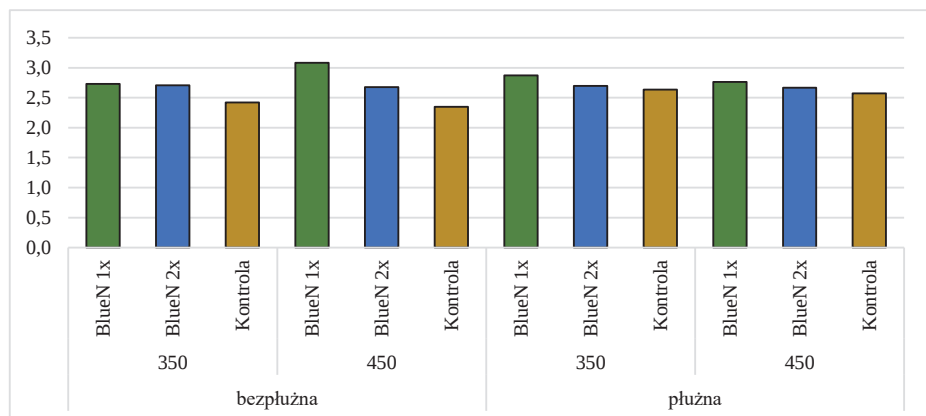
Wykres 1. Przebieg warunków pogodowych w Wolkowie w: A) 2023 i B) 2024

1.2. Ocena plonowania

Rok 2023 był zdecydowanie bardziej korzystny dla plonowania jęczmienia kapturkowego; średni plon ziarna wynosił $2,68 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Wyk. 2). W 2024 roku plon ziarna był aż o 34 % mniejszy i wynosił $1,76 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Wyk. 3).

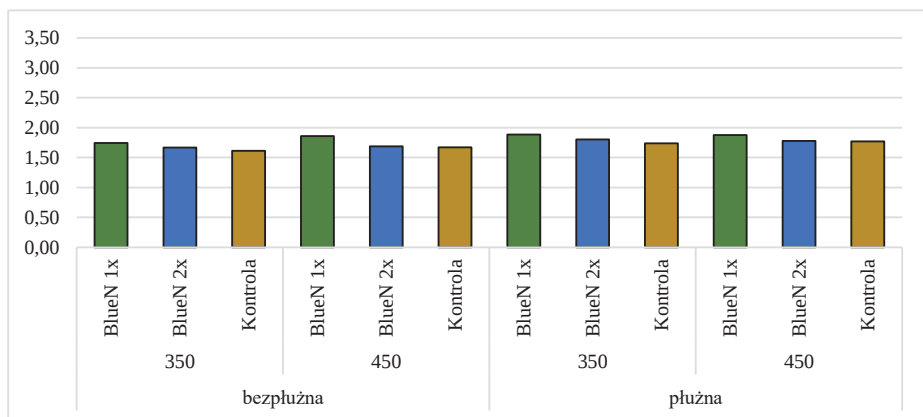
W 2023 roku największy plon ziarna ($3,08 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) odnotowano po jednorazowym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego BlueN w uprawie bezpłuznej jęczmienia, w gęstości siewu $450 \text{ szt} \cdot \text{m}^{-2}$. Ten wariant aplikacji preparatu był również najbardziej korzystny dla plonowania jęczmienia w uprawie płuznej, w obu gęstościach siewu.

Podobnie w 2024 roku największe plony ziarna uzyskano po jednorazowej stymulacji mikrobiologicznej z użyciem preparatu BlueN w uprawie płuznej jęczmienia, w obu gęstościach siewu (350 i $450 \text{ szt} \cdot \text{m}^{-2}$) oraz w uprawie bezpłuznej, w gęstości siewu $450 \text{ szt} \cdot \text{m}^{-2}$. W obu latach badań, w wariancie



Wykres 2. Plon ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$), 2023 r.

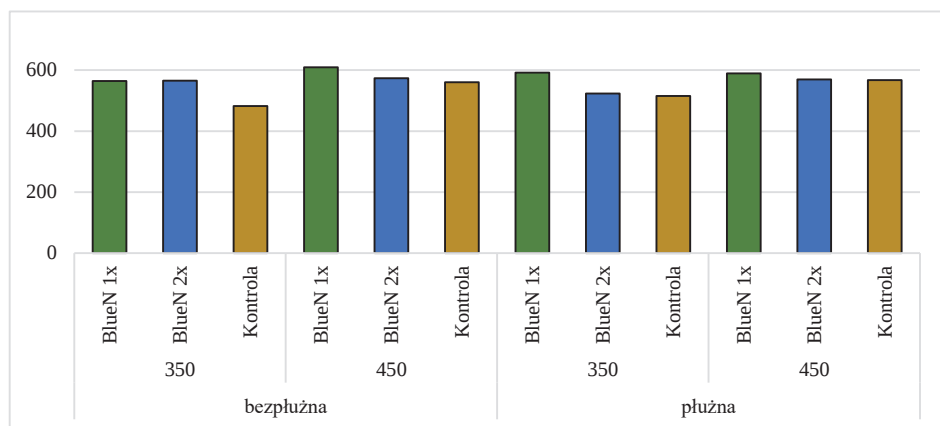




Wykres 3. Plon ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (t·ha⁻¹), 2024 r.

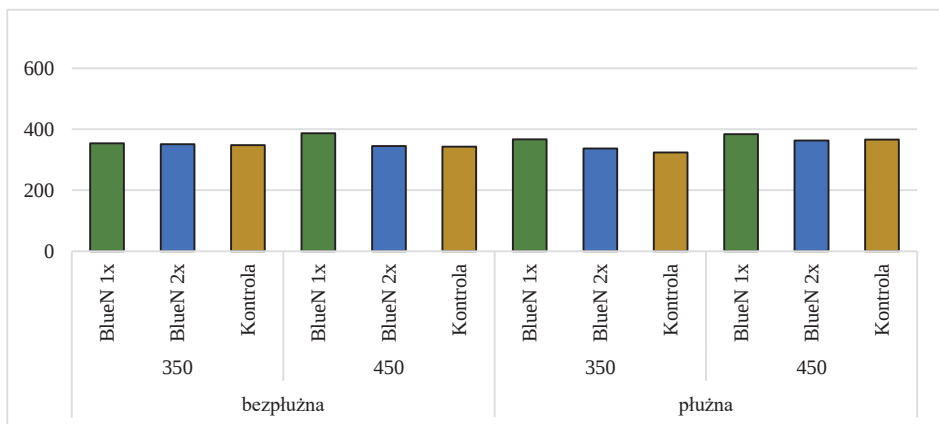
dwukrotnej aplikacji biostymulatora plon ziarna był nieco większy niż w kontroli, ale mniejszy niż po jednorazowym zastosowaniu preparatu.

Średnia liczba pędów generatywnych była o 36% mniejsza w 2024 w porównaniu z liczbą takich pędów w 2023 roku (Wyk. 4 i 5). Zwiększenie gęstości siewu spowodowało wzrost średniej liczby pędów generatywnych o 7 % w 2023 i o 5% w 2024 roku. W obu latach badań jednorazowa aplikacja biostymulatora mikrobiologicznego wpływała na zwiększenie liczby pędów generatywnych w uprawie bezpłuznej i gęstości siewu jęczmienia 450 szt·m⁻², a także w uprawie płuznej w obu gęstościach siewu (350 i 450 szt·m⁻²). Nie odnotowano jednak korzystnej reakcji jęczmienia na dwukrotne zastosowanie tego preparatu.



Wykres 4. Liczba pędów generatywnych jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (szt·m⁻²), 2023 r.





Wykres 5. Liczba pędów generatywnych jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (szt·m⁻²), 2024 r.

1.3. Ocena presji agrofagów

1.3.1. Ocena presji chorób

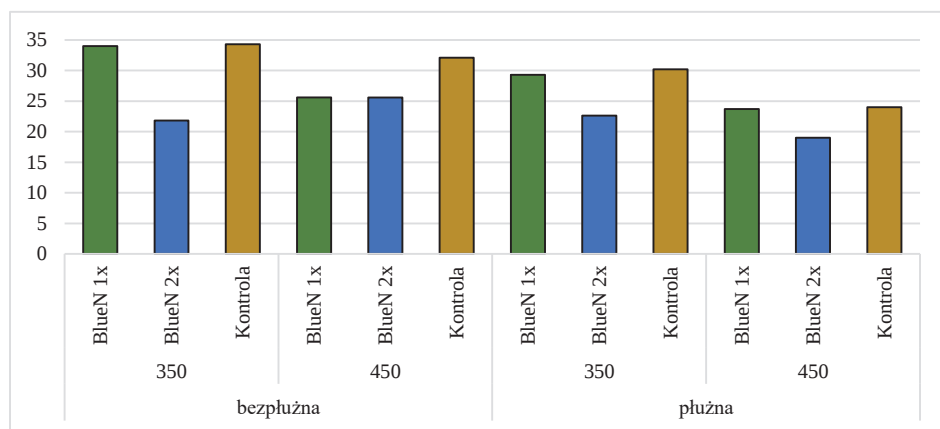


Fot. 5. Ocena nasilenia występowania chorób w okresie wegetacji

W doświadczeniu realizowanym w dwóch sezonach wegetacyjnych (2023 i 2024) w gospodarstwie ekologicznym w Wolkowie badano reakcję genotypu jęczmienia czarnego kapturkowego na preparat stymulujący jego odżywienie

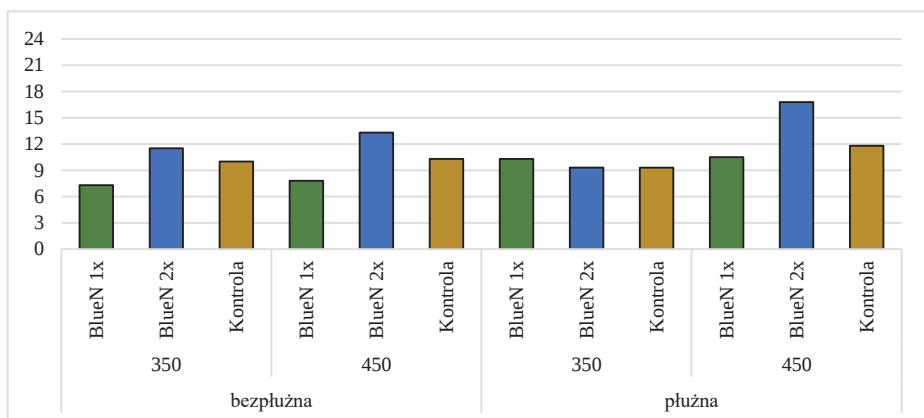


azotem (BlueN), dwie gęstości siewu (350 i 450 szt. $\cdot$ m⁻²) oraz uprawę roli (bezpłuzna i płuzna). W pierwszym roku badań (2023) nasilenie chorób kształtowało się na średnim poziomie. Na liściach jęczmienia czarnego kapturkowego dominowała rdza jęczmienia (*Puccinia hordei*), której objawy w szczególnie dużym nasileniu obserwowano w fazie dojrzewania jęczmienia (BBCH 71-75) (Wyk. 6). Średnio więcej objawów tej choroby obserwowano na obiektach kontrolnych bez stosowania preparatu stymulującego odżywienie azotem. Ponadto na liściach jęczmienia odnotowano objawy mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*Blumeria graminis*), które widoczne były już w fazie strzelania w źdźbło. W fazie dojrzewania stwierdzono również obecność objawów plamistości siatkowej jęczmienia (*Pyrenophora teres*). Jednak nasilenie tych chorób było znacznie słabsze. Spośród chorób podsuszkowych najczęściej obserwowano objawy łamliwości źdźbła zbóż i traw (*Oculimacula yallundae*, *Oculimacula acuformis*) (Wyk. 7). Więcej objawów tej choroby stwierdzono po dwukrotnym zastosowaniu preparatu stymulującego BlueN, co szczególnie widoczne było na obiektach z wykonaną uprawą płuzną i wyższą gęstością siewu. Na roślinach jęczmienia obserwowano także niewielkie nasilenie objawów fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła (*Fusarium* spp.) i zgorzeli korzeni (kompleks patogenów).



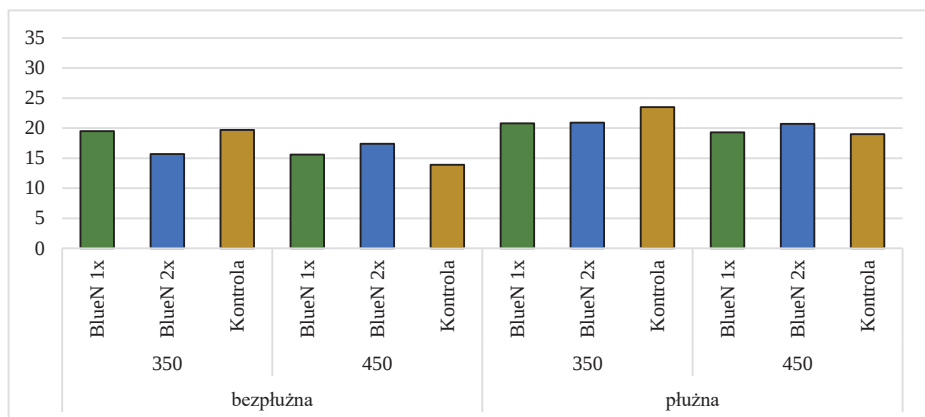
Wykres 6. Udział powierzchni liści jęczmienia kapturkowego z objawami rdzy jęczmienia w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (%), 2023 r.





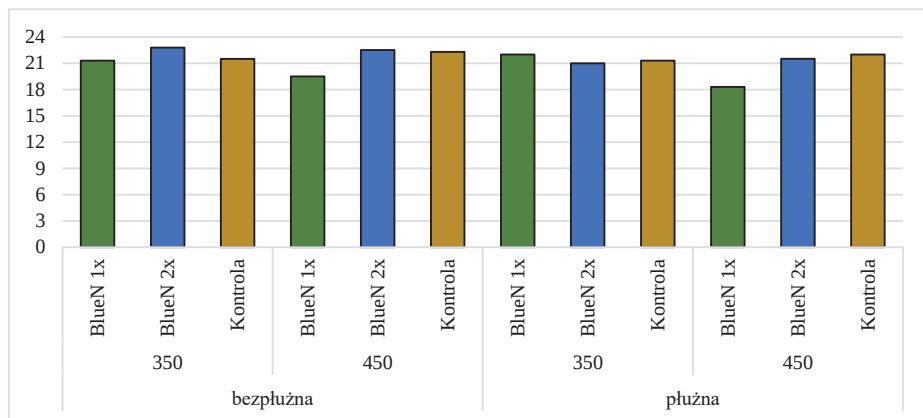
Wykres 7. Nasilenie objawów łamliwości źdźbła zbóż i traw na jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (indeks chorobowy w %), 2023 r.

W kolejnym roku badawczym (2024) na liściach jęczmienia również dominowała rdza jęczmienia, której objawy widoczne były już w fazie strzelania w źdźbło, jednak znaczne większe ich nasilenie obserwowano w fazie dojrzewania. Wówczas więcej objawów rdzy stwierdzono na obiektach z uprawą płuzną oraz mniejszą gęstością siewu (Wyk. 8). W fazie strzelania w źdźbło odnotowano także objawy mączniaka prawdziwego zbóż i traw. Objawy mączniaka obserwowane również w fazie dojrzewania jęczmienia, jednak już w mniejszym nasileniu. W fazie tej odnotowano także bardzo niewielkie nasilenie plamistości siatkowej jęczmienia. Z chorób podsuszkowych najwięcej zaobserwowano objawów łamliwości źdźbła zbóż i traw. Nie obserwowano jednak wyraźnego zróżnicowania w zależności od badanych czynników (Wyk. 9). Ponadto na jęczmieniu obserwowano niewielkie nasilenie objawów fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła i zgorzeli korzeni.



Wykres 8. Udział powierzchni liści jęczmienia kapturkowego (BBCH 35-37) z objawami rdzy jęczmienia w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (%), 2024 r.

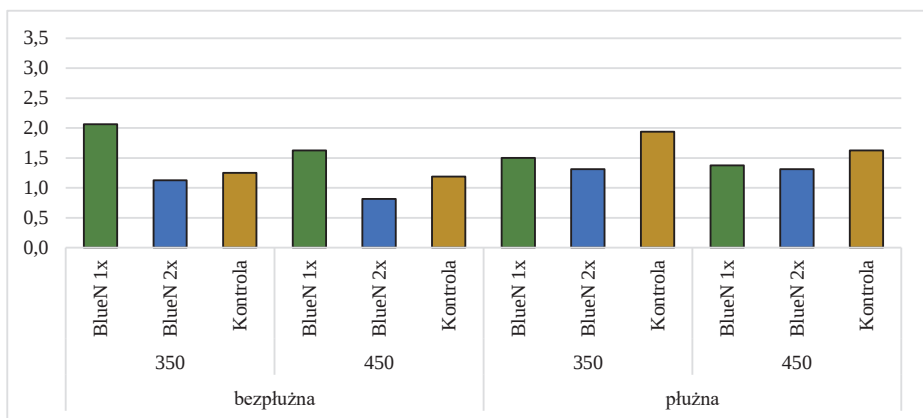




Wykres 9. Nasilenie objawów tlamliwości źdźbła zbóż i traw na jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (indeks chorobowy w %), 2024 r.

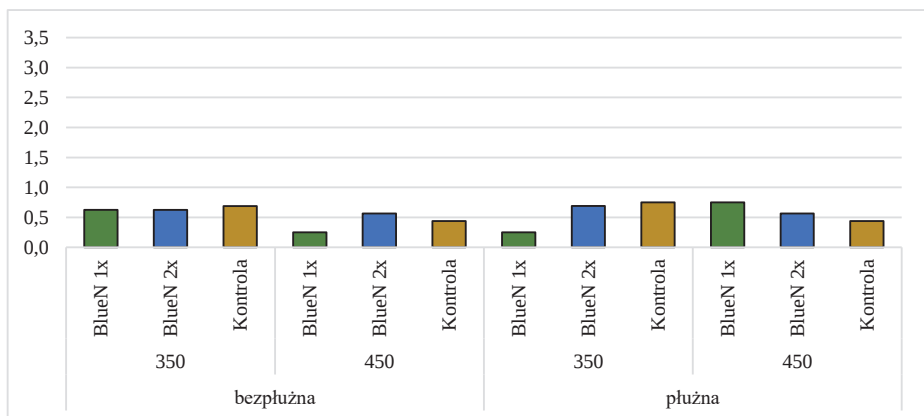
1.3.2. Ocena liczebności szkodników

Liczebność larw skrzypionki (*Oulema* spp.) oceniano w fazie rozwoju liścia flagowego. Pierwszy rok prowadzenia doświadczeń (2023) był bardziej korzystny dla rozwoju *Oulema* spp. co skutkowało zwiększeniem liczebności tego szkodnika w porównaniu do 2024 roku (Wyk. 10). W 2023 roku, w uprawie bezpłuznej zaobserwowano największą liczebność skrzypionki po jednorazowym zastosowaniu preparatu BlueN. Z kolei w uprawie płuznej zwiększenie liczebności larw *Oulema* spp. odnotowano w obiekcie kontrolnym. W roku 2024 liczebność tego szkodnika była niewielka, bez wyraźnej reakcji na zastosowane czynniki doświadczalne (Wyk. 11).



Wykres 10. Liczebność larw *Oulema* spp. (BBCH 39) w jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (szt./25 źdźbeł), 2023 r.





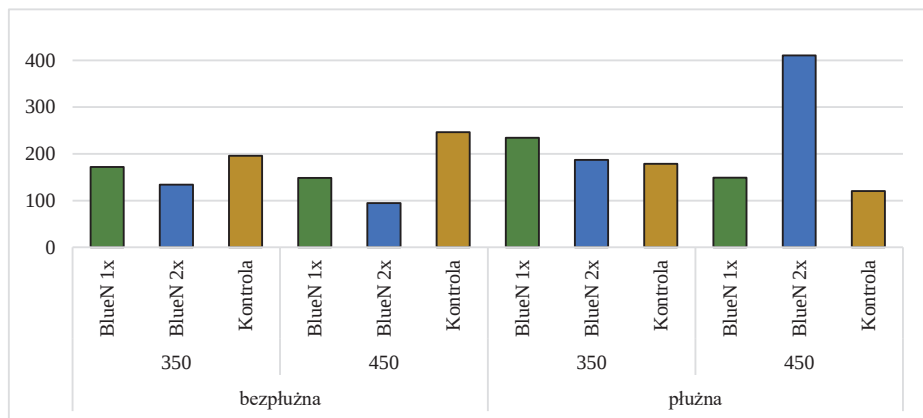
Wykres 11. Liczebność larw *Oulema* spp. (BBCH 39) w jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (szt./25 źdźbeł), 2024 r.

1.3.3. Ocena zachwaszczenia

W doświadczeniu realizowanym w gospodarstwie ekologicznym w Wolkowie badano reakcję genotypu jęczmienia czarnego kapturkowego (*Hordeum vulgare* L. var. *rimpaui* Wittm) na preparaty stymulujące jego odżywienie azotem (*Methylobacterium symbioticum*), dwie gęstości siewu (350 i 450 szt. $\cdot$ m⁻²) oraz uprawę roli (bezpłuzna i płuzna). Doświadczenie prowadzono przez dwa kolejne sezony wegetacyjne (2023 i 2024).

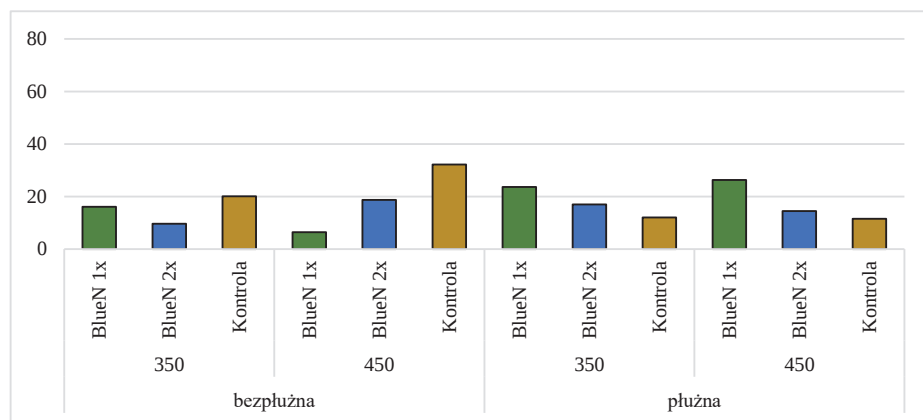
W pierwszym roku prowadzenia doświadczenia (2023) w Wolkowie zachwaszczenie można uznać za dość duże – średnio wyniosło ono 189,2 szt. $\cdot$ m⁻² i 17,3 g $\cdot$ m⁻². Łącznie zidentyfikowano 17 gatunków chwastów, z których dominującymi w zasiewach jęczmienia jarego kapturkowego były: perz właściwy (*Elymus repens*) wiechlina roczna (*Poa annua*), chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus galli*), rdestówka powojowata (*Fallopia convolvulus*), komosa biała (*Chenopodium album*), gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*). Stosunkowo największą liczbę chwastów zaobserwowano na obiektach z uprawą płuzną (213,4 szt. $\cdot$ m⁻²) w porównaniu do uprawy bezpłuznej (165,1 szt. $\cdot$ m⁻²), natomiast sucha masa chwastów w obu sposobach uprawy była podobna i wyniosła odpowiednio 17,5 i 17,2 g $\cdot$ m⁻². Różnice w zachwaszczeniu poletek w zależności od obsady roślin jęczmienia i aplikacji biostymulatora BlueN były niewielkie (Wyk. 12 i 13).





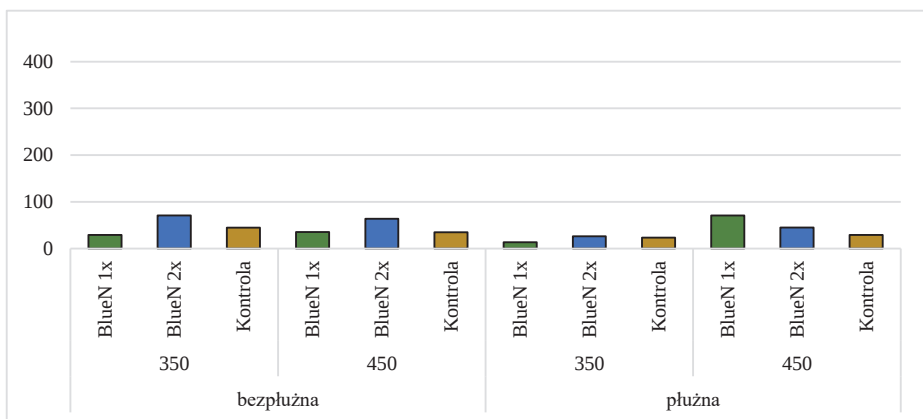
Wykres 12. Liczba chwastów w jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (szt·m⁻²), 2023 r.

W kolejnym roku badawczym (2024) ogółem zidentyfikowano w jęczmieniu jarym kapturkowym 19 gatunków chwastów, z których najczęściej występującymi były: perz właściwy (*Elymus repens*) rdestówka powojowata (*Fallopia convolvulus*), komosa biała (*Chenopodium album*), bodziszek drobny (*Geranium pusillum*), nostryk biały (*Melilotus albus*). Występujące zachwaszczenie można uznać za stosunkowo nieduże – średnio wyniosło ono 36,1 szt·m⁻² i 23,6 g·m⁻². Największą liczbę i masę chwastów zaobserwowano na obiektach z uprawą bezpłuzną (46,4 szt·m⁻² i 42,4 g·m⁻²) w porównaniu do uprawy płuznej (25,9 szt·m⁻² i 4,9 g·m⁻²). Różnice w zachwaszczeniu poletek jęczmienia kapturkowego w zależności od metod odżywiania roślin azotem i gęstości siewu były niewielkie, zauważono jedynie nieco większą masę chwastów w jęczmieniu wysiewanym w mniejszej gęstości (Wyk. 14 i 15).

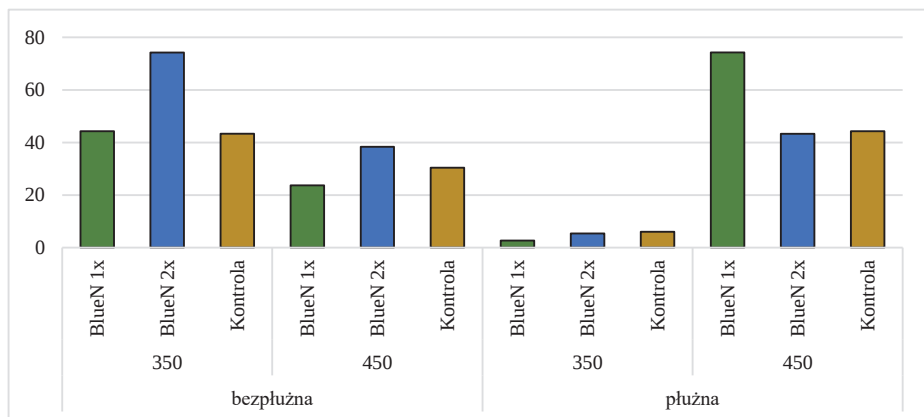


Wykres 13. Sucha masa chwastów w jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (g·m⁻²), 2023 r.





Wykres 14. Liczba chwastów w jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (szt·m⁻²), 2024 r.



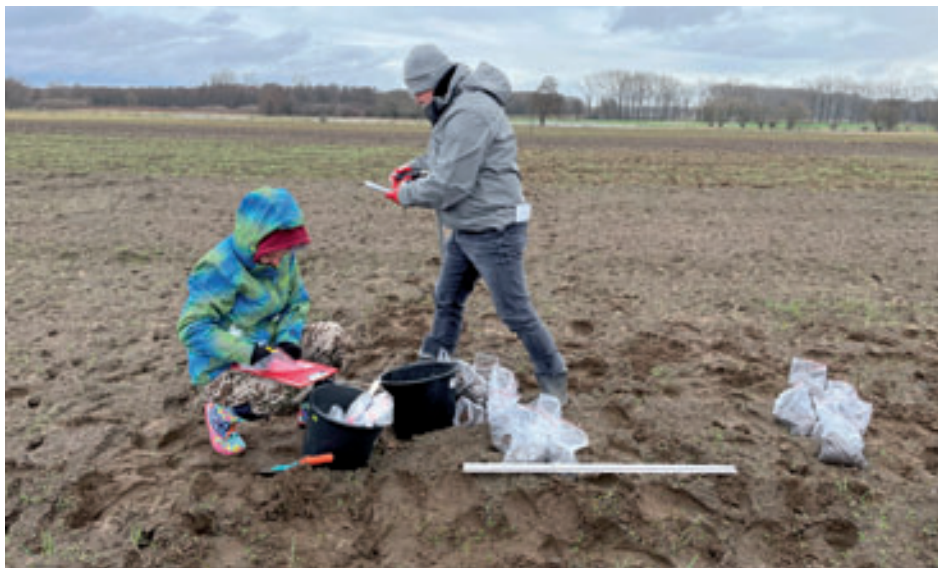
Wykres 15. Sucha masa chwastów w jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (g·m⁻²), 2024 r.

1.4. Ocen stanu środowiska glebowego

1.4.1. Ocena zawartości makroelementów w glebie

W pierwszym roku prowadzenia badań (2023) eksperyment polowy zlokalizowano na glebie płowej lekko kwaśnej i obojętnej (pH w 1 M KCl – 6,5-6,6) o uziarnieniu piasku gliniastego i średniej zawartości próchnicy (1,19-1,29%). Gleba ta charakteryzowała się bardzo wysoką zawartością przyswajalnych dla roślin form fosforu (P₂O₅) i magnezu (Mg) oraz wysoką i bardzo wysoką zawartością dostępnych form potasu (K₂O). Natomiast zasobność gleby w dostępne dla roślin mikroelementy była następująca: mangan 89,9 - 132,2 mg Mn·kg⁻¹ (średnia), miedź 3,25-3,30 mg Cu·kg⁻¹ (średnia), cynk 17,5-20,3 mg Zn·kg⁻¹ (wysoka), żelazo 927-970 mg Fe·kg⁻¹ (średnia). Zawartość azotu mineralnego w glebie wiosną wahała się w zakresie od 33,2-37,3 kg N·ha⁻¹.





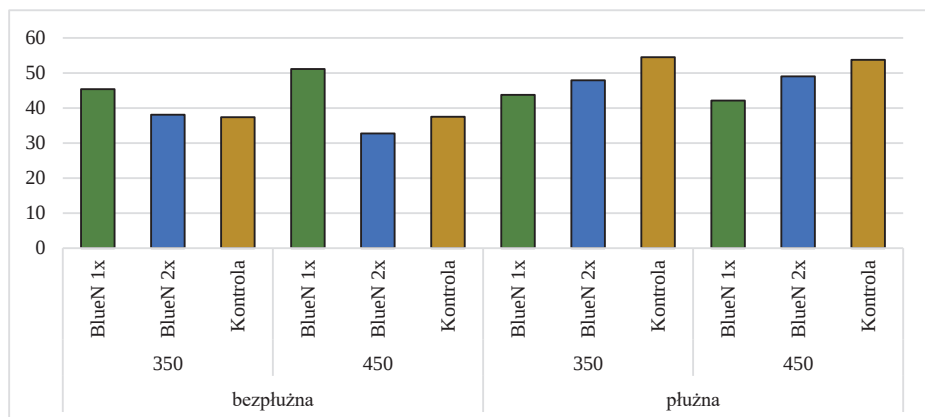
Fot. 6. Pobranie próbek glebowych na wiosnę

W pierwszym roku prowadzenia eksperymentu polowego nie stwierdzono po zbiorze jęczmienia wyraźnych różnic w badanych właściwościach chemicznych gleby w zależności od różnej gęstości siewu, uprawy roli i sposobów odżywiania azotem (Wyk. 16, 18, 20, 22). Zauważono jedynie większą koncentrację substancji organicznej w glebie po uprawie bezpłужnej na tle uprawy płужnej.

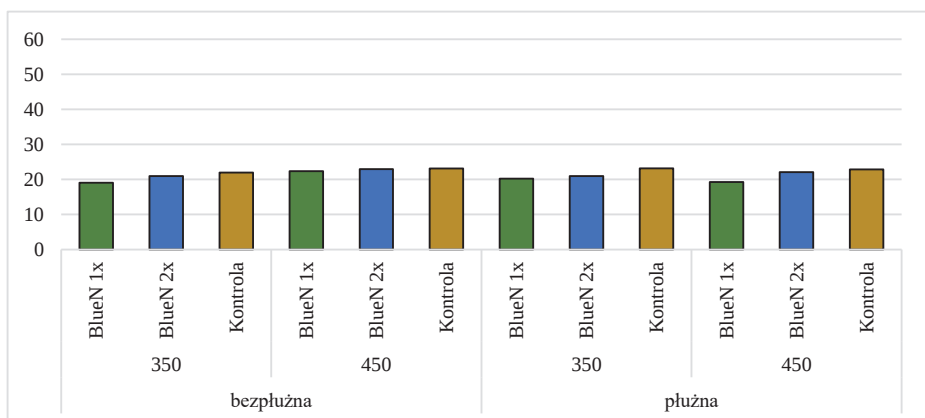
W kolejnym roku badawczym (2024) eksperyment polowy prowadzono na glebie płowej lekko kwaśnej o uziarnieniu piasku gliniastego i średniej do bardzo wysokiej zawartości próchnicy. Gleba ta charakteryzowała się bardzo wysoką zawartością przyswajalnych form fosforu (P_2O_5) i magnezu (Mg) oraz wysoką zasobnością w dostępne formy potasu (K_2O). Zawartość N mineralnego w glebie wiosną wahała się w przedziale od 72,3-137,7 $kg \cdot ha^{-1}$.

W drugim roku realizacji eksperymentu polowego w Wolkowie nie stwierdzono po zbiorze jęczmienia kapturkowego wyraźnych różnic w badanych właściwościach chemicznych gleby w zależności od różnej gęstości siewu, uprawy roli i aplikacji biostymulatora BlueN (Wyk. 17, 19, 21, 23). Zauważono jednak większą koncentrację w glebie przyswajalnych dla roślin form potasu po uprawie bezpłужnej na tle uprawy płужnej.

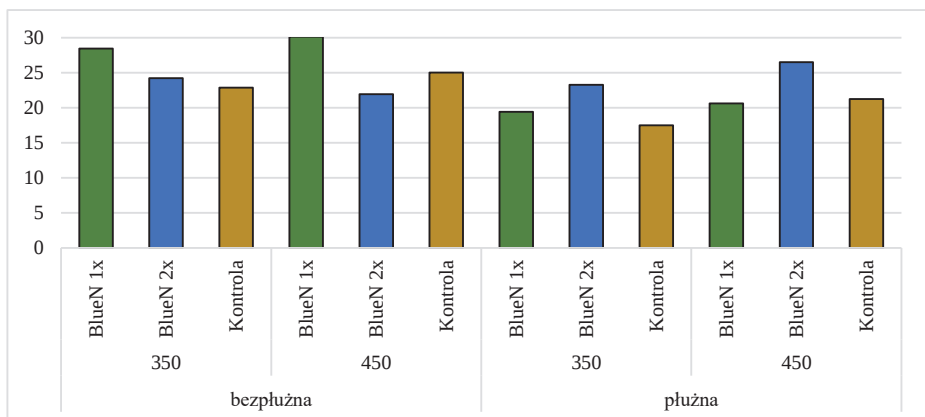




Wykres 16. Zawartość P_2O_5 w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($mg \cdot 100 g^{-1}$), 2023 r.

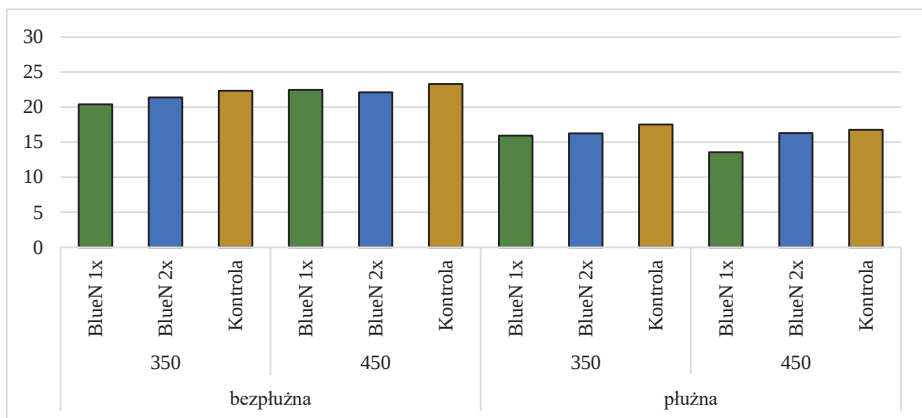


Wykres 17. Zawartość P_2O_5 w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($mg \cdot 100 g^{-1}$), 2024 r.

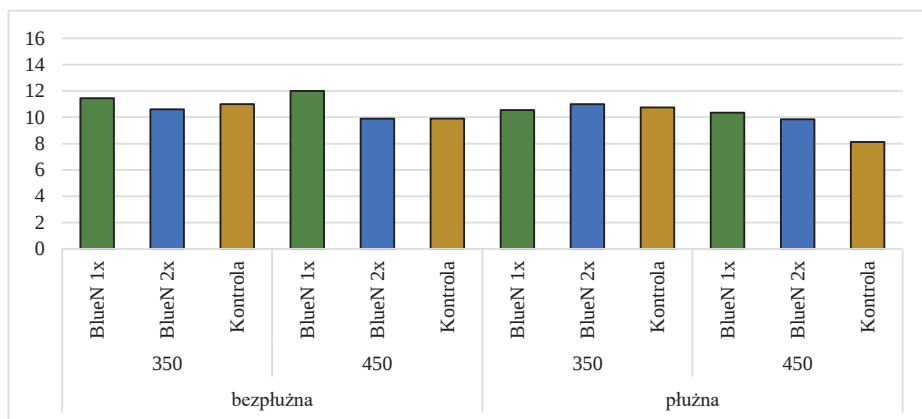


Wykres 18. Zawartość K_2O w glebie po zbiorze jęczmienia w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($mg \cdot 100 g^{-1}$), 2023 r.

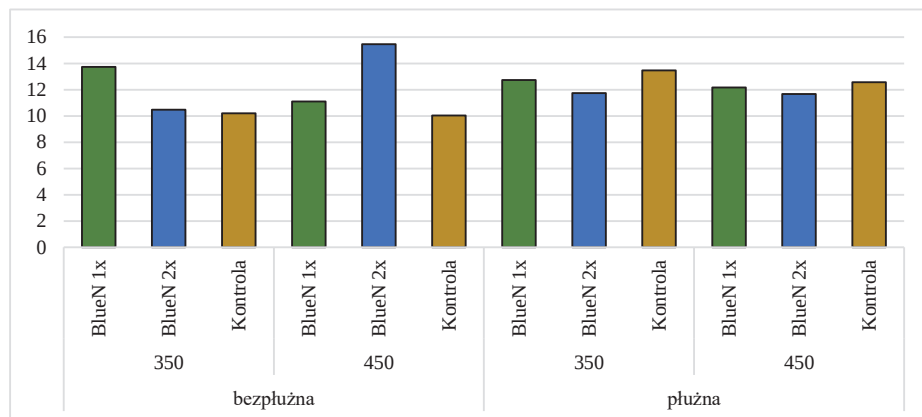




Wykres 19. Zawartość K₂O w glebie po zbiorze jęczmienia w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (mg·100 g⁻¹), 2024 r.

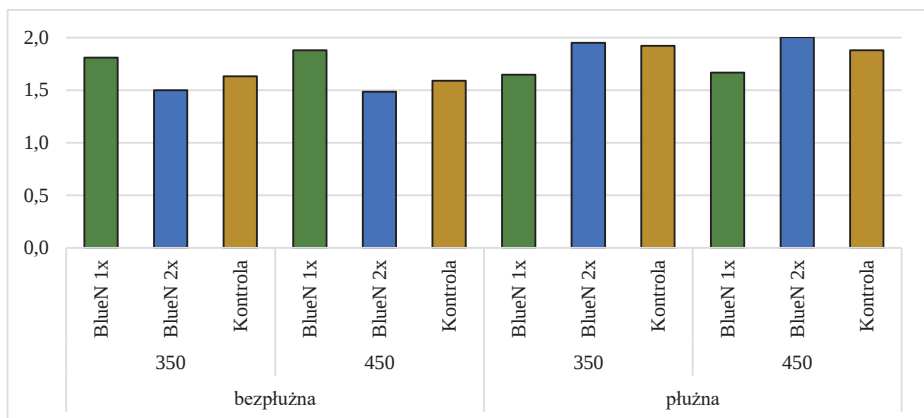


Wykres 20. Zawartość Mg w glebie po zbiorze jęczmienia w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (mg·100 g⁻¹), 2024 r.

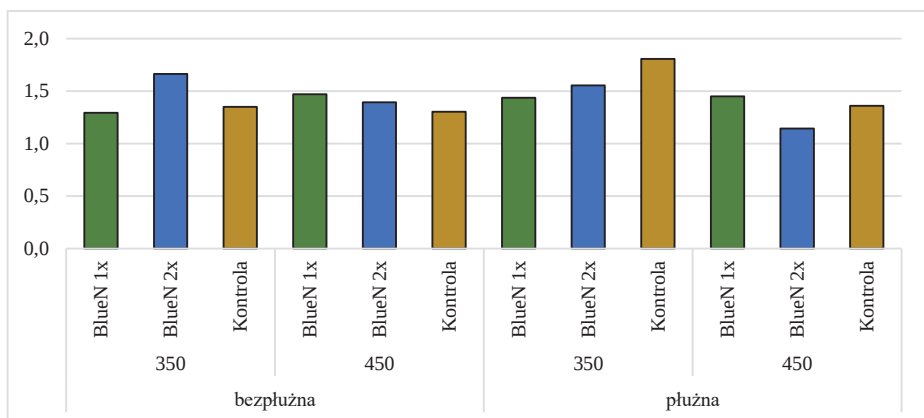


Wykres 21. Zawartość Mg w glebie po zbiorze jęczmienia w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (mg·100 g⁻¹), 2024 r.





Wykres 22. Zawartość próchnicy w glebie po zbiorze jęczmienia w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (%), 2023 r.



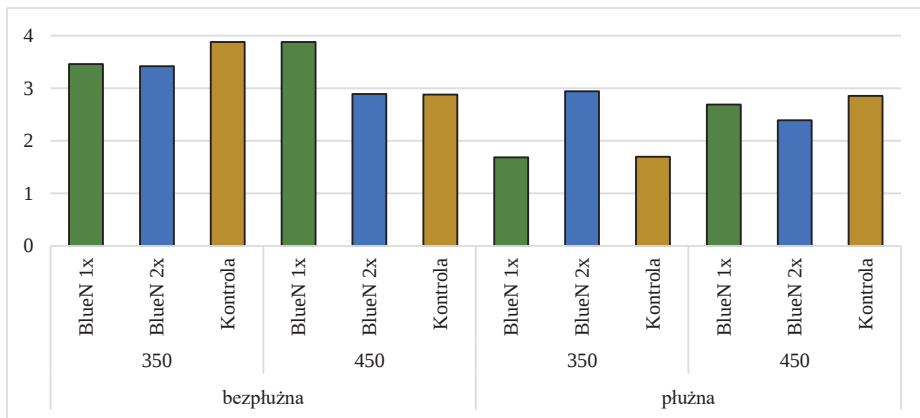
Wykres 23. Zawartość próchnicy w glebie po zbiorze jęczmienia w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (%), 2024 r.



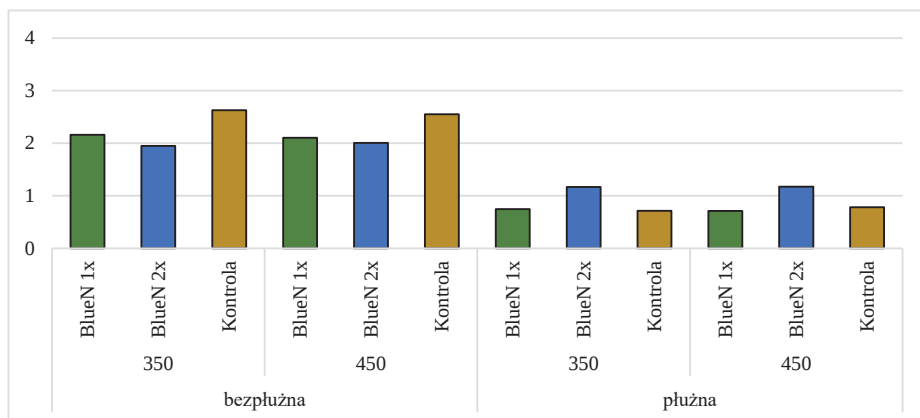
1.4.2. Analiza właściwości biochemicznych gleby

W badaniach stwierdzono wpływ zastosowanych czynników doświadczenia na aktywność badanych enzymów w uprawie jęczmienia kapturkowego. Zaobserwowano zmniejszenie aktywności analizowanych enzymów w drugim roku przeprowadzanego doświadczenia.

W pierwszym roku prowadzenia badań największą aktywność nitroreduktazy stwierdzono w próbkach glebowych pobranych z poletek jęczmienia kapturkowego w uprawie bezplużnej w obiekcie kontrolnym przy gęstości siewu 350 szt. $\cdot$ m⁻² oraz po dwukrotnym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego



Wykres 24. Aktywność nitroreduktazy w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{mg NO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 24\text{h}^{-1}$), 2023 r.

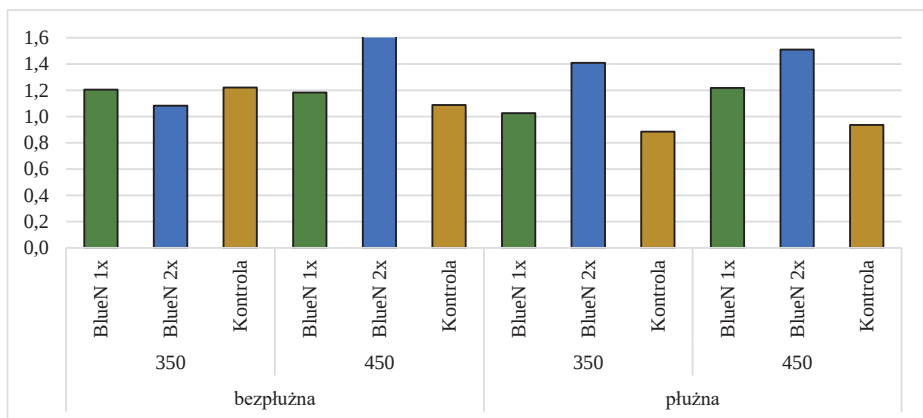


Wykres 25. Aktywność nitroreduktazy w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{mg NO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 24\text{h}^{-1}$), 2024 r.

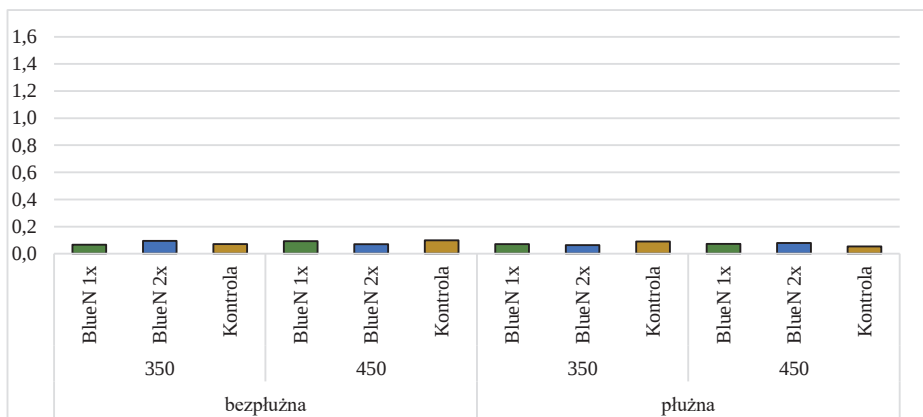
BlueN przy gęstości siewu $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ (Wyk. 24). Natomiast w kolejnym roku badań aktywność nitroreduktazy średnio była o 34% niższa w uprawie bezpłuznej i o 62% niższa w uprawie płuznej w porównaniu do pierwszego roku badań (Wyk. 25). Największą jej aktywność zaobserwowano w glebie pobranej z obiektów kontrolnych w uprawie bezpłuznej i po dwukrotnym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego BlueN.

W pierwszym roku prowadzenia badań aktywność glukozydazy była największa w obiektach po dwukrotnym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego BlueN przy gęstości siewu $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ w uprawie bezpłuznej a także po dwukrotnym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego BlueN przy gęstości





Wykres 26. Aktywność glukozydazy w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{mg pNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), 2023 r.



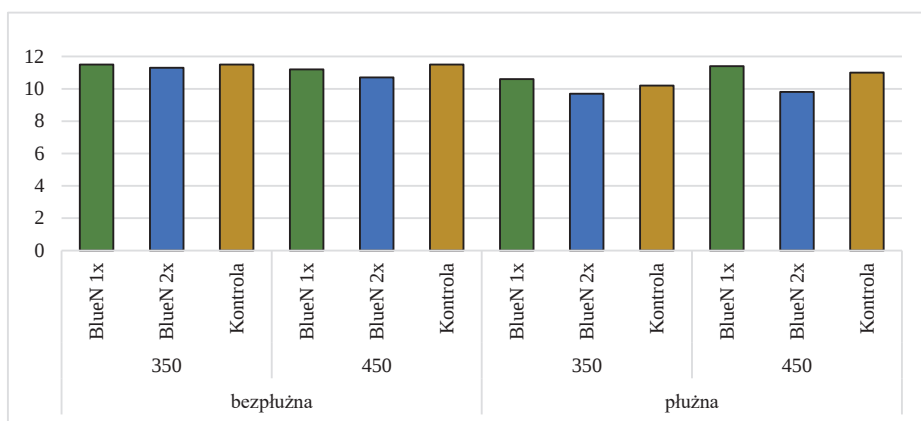
Wykres 27. Aktywność glukozydazy w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{mg pNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), 2024 r.



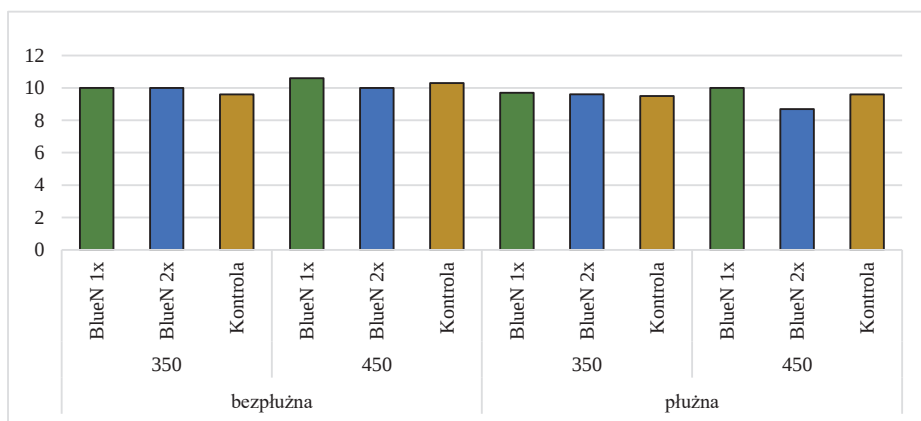
siewu zarówno $350 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ jak i $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ w uprawie plużnej (Wyk. 26). Natomiast w kolejnym roku badań aktywność tego enzymu była na podobnym poziomie w uprawie plużnej i bezplużnej oraz średnio o 93% niższa w uprawie zarówno bezplużnej jak w uprawie plużnej w porównaniu do pierwszego roku badań (Wyk. 27).

1.4.3. Analiza cech fizycznych gleby

Ocenę wilgotności gleby (wyrażonej objętościową zawartością wody VWC), oraz jej oporu penetracyjnego tzw. zwięzłości (w MPa) dokonywano corocznie w dwu terminach tj. w fazie krzewienia jęczmienia oraz podczas kłoszenia. Obydwa parametry oceniano w zakresie głębokości 0-20 cm gleby. W obu latach badań wyższą wilgotność objętościową stwierdzono w glebie uprawianej bezpłuznia (Wyk. 28 i 29). W przypadku oporu penetracyjnego gleby uprawa bezpłuznia sprzyjała wyższym jego wartościom - szczególnie w roku 2024 (Wyk. 30 i 31).

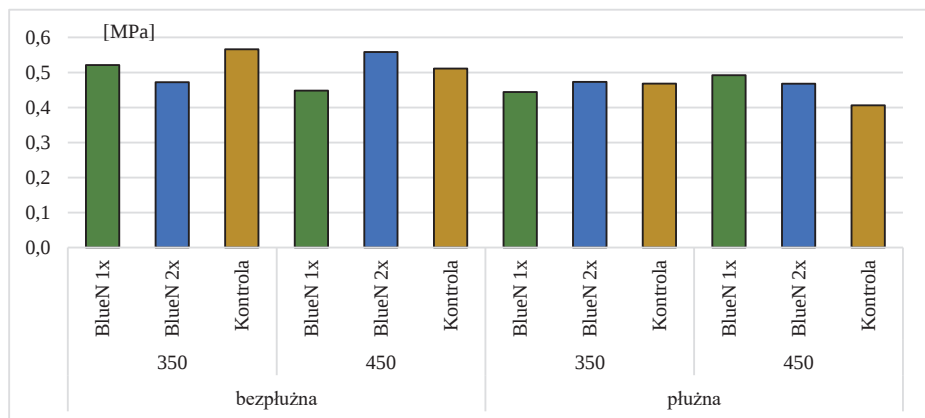


Wykres 28. Wilgotność gleby w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu jęczmienia kapturkowego, średnia z dwóch terminów pomiaru (%VWC), 2023 r.

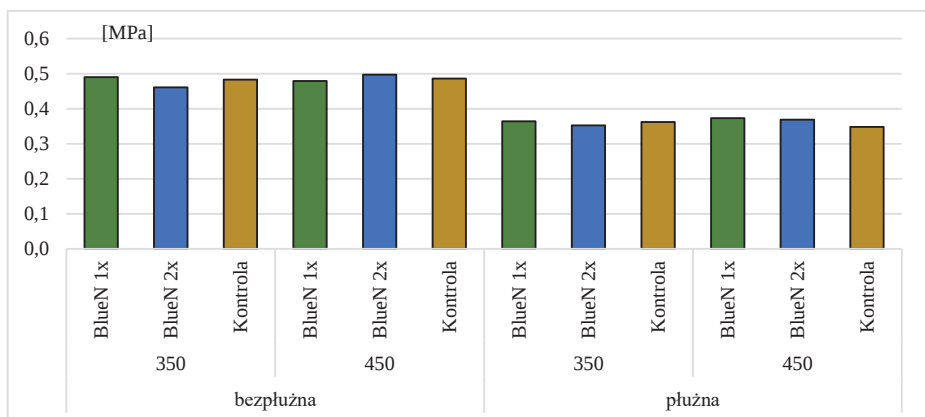


Wykres 29. Wilgotność gleby w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu jęczmienia kapturkowego, średnia z dwóch terminów pomiaru (%VWC), 2024 r.





Wykres 30. Zwięzłość (opór penetracyjny) gleby w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu jęczmienia kapturkowego, średnia z dwóch terminów pomiaru, 2023 r.



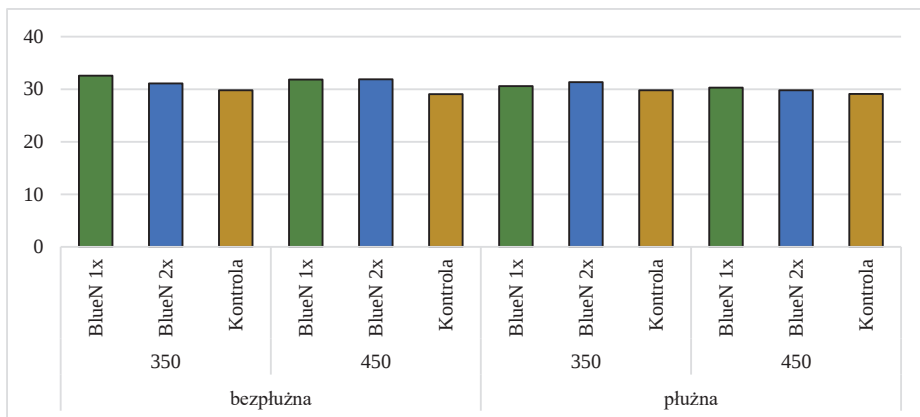
Wykres 31. Zwięzłość (opór penetracyjny) gleby w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu jęczmienia kapturkowego, średnia z dwóch terminów pomiaru, 2024 r.

1.5. Ocena odżywienia roślin

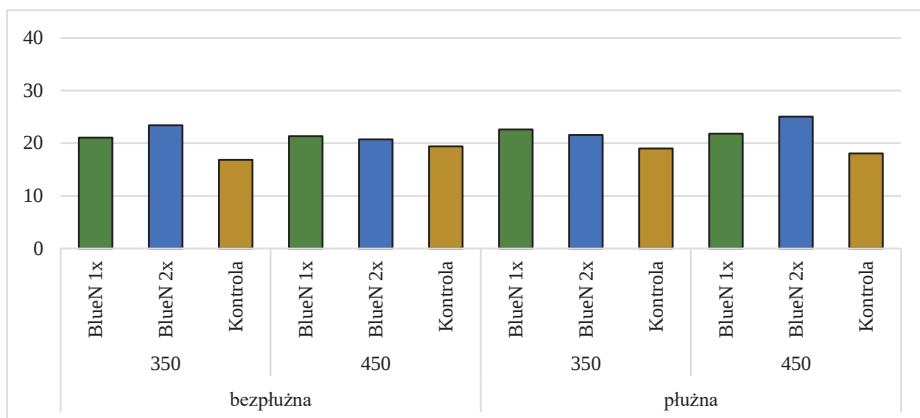
1.5.1. Zawartość N w liściu flagowym i podflagowym

Dla oceny stanu odżywienia roślin azotem oceniano zawartość tego składnika w liściu flagowym i podflagowym w fazie liścia flagowego (BBCH39). W 2024 roku wielkość tego parametru była o 1/3 mniejsza niż z w 2023 (Wyk. 32 i 33). W obu latach badań, w uprawie płuznej i bezpłuznej zawartość N w liściu flagowym i podflagowym, po jednorazowej i dwukrotnej aplikacji preparatu BlueN była większa niż w kontroli. Nie zaobserwowano znaczącego wpływu gęstości siewu ani sposobu uprawy roli na omawianą cechę.





Wykres 32. Zawartość N w liściu flagowym i podflagowym jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 2023 r.

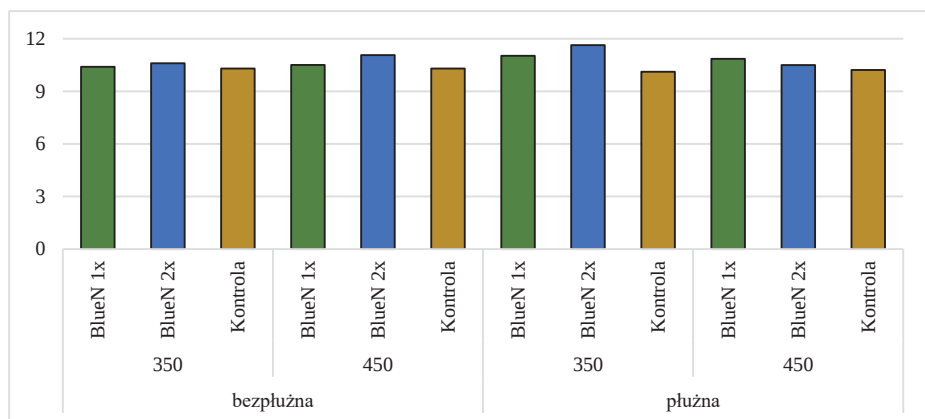


Wykres 33. Zawartość N w liściu flagowym i podflagowym jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 2024 r.

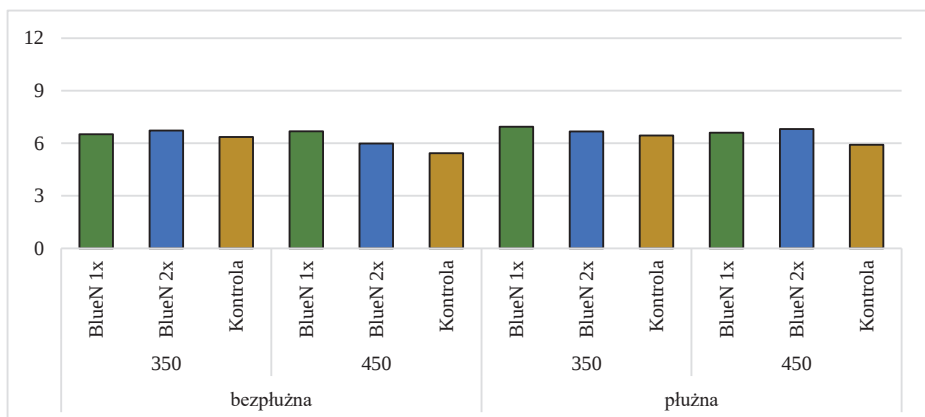
1.5.2. Zawartość N w biomasie

Zawartość N w biomasie nadziemnej jęczmienia w fazie kwitnienia (BBCH 65) była o 40% mniejsza w 2024 roku w porównaniu z 2023 (Wyk. 34 i 35). Spośród badanych czynników największy wpływ na wielkość tego parametru miało zastosowanie biostymulatora BlueN. Po jednorazowej i dwukrotnej aplikacji, średnio dla sposobów uprawy roli i gęstości siewu, zawartość N w biomasie zwiększyła się w porównaniu z obiektem kontrolnym.





Wykres 34. Zawartość N w biomase jęczmienia kapturkowego w fazie kwitnienia w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 2023 r.



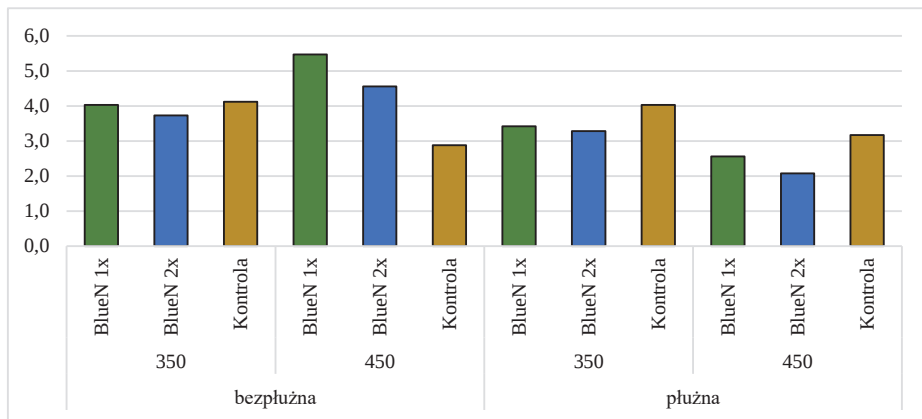
Wykres 35. Zawartość N w biomase jęczmienia kapturkowego w fazie kwitnienia w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 2024 r.

1.6. Ocena parametrów fizjologicznych

1.6.1. Fluorescencja chlorofilu

W pierwszym roku badań rośliny jęczmienia kapturkowego na ogół wykazywały większą wartość wskaźnika witalności fotosystemu drugiego (PIabs) liścia flagowego niż w drugim roku badań. W 2023 r. największą wartość tego wskaźnika odnotowano dla roślin poddanych jednokrotnej aplikacji preparatu BlueN w warunkach uprawy bezplużnej przy gęstości siewu 450 ziaren na 1 m^2 (Wyk. 36). W pozostałych kombinacjach nie potwierdzono stymulującego oddziaływania preparatu bakteryjnego na funkcjonowanie PSII. Jednokrotna aplikacja bakterii azotowych okazała się skuteczniejsza od wariantu z dwukrotną aplikacją niezależnie od gęstości siewu i sposobu uprawy roli w 2023 roku.





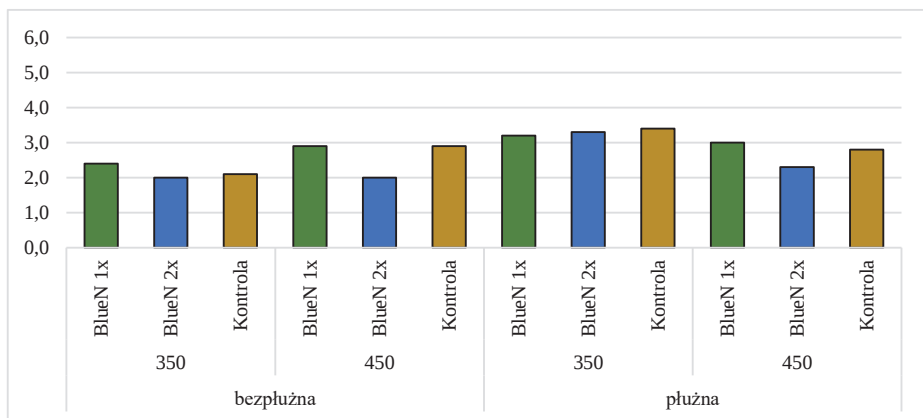
Wykres 36. Wskaźnik Plabs liścia podflagowego jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu, 2023 r.



Fot. 7. Pomiary parametrów fizjologicznych w trakcie wegetacji

W 2024 roku największą wartością wskaźnika witalności fotosystemu drugiego (Plabs) liścia podflagowego charakteryzowały się rośliny uprawiane w systemie płużnym przy gęstości siewu 350 ziaren na 1 m² (Wyk. 37) Nie potwierdzono korzystnego działania biostymulatora BlueN na wskaźnik Plabs liścia flagowego jęczmienia kapturkowego w drugim roku badań. Podobnie jak w pierwszym roku również w 2024 dwukrotna aplikacja preparatu bakteryjnego na ogół wpływała na mniejszy wskaźnik Plabs w stosunku do kontroli i jednokrotnej aplikacji tego preparatu.

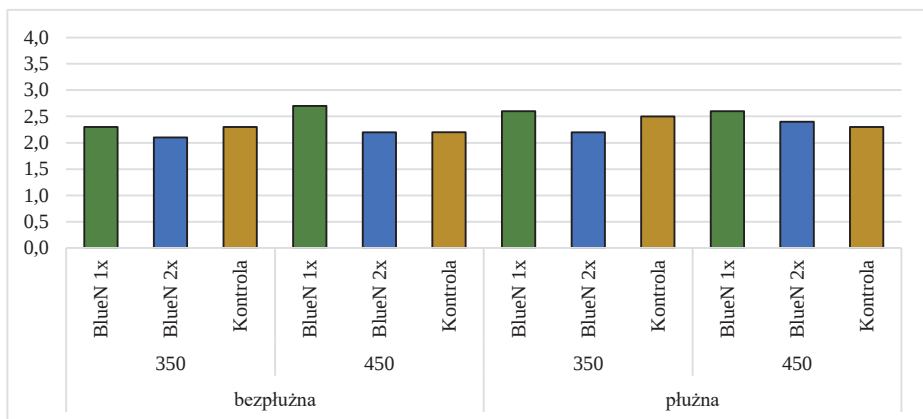




Wykres 37. Wskaźnik Plabs liścia podflagowego jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu, 2024 r

1.6.2. Indeks powierzchni liści LAI

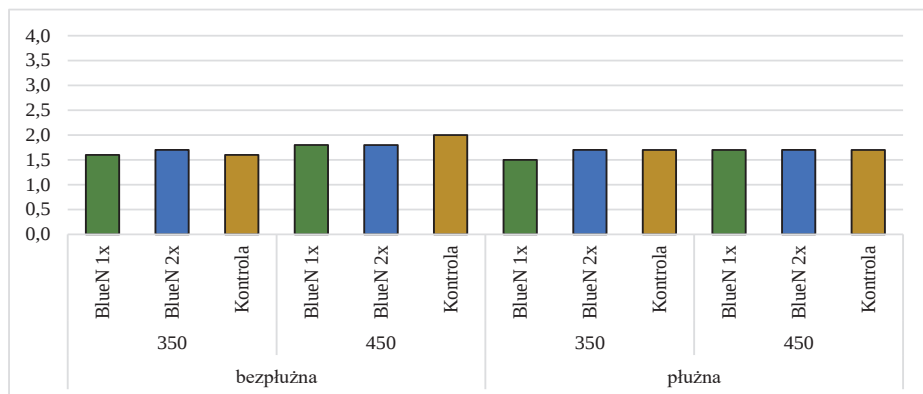
Powierzchnia liściowa jęczmienia kapturkowego w fazie liścia flagowego również była większa w 2023 r. niż w 2024 r. (Wyk. 38 i 39). Jednokrotna aplikacja BlueN wpłynęła na ogół na wzrost indeksu LAI badanych roślin w porównaniu z kontrolą bez aplikacji oraz dwukrotną aplikacją tego preparatu. Nie obserwowano jednoznacznych różnic w wartości wskaźnika LAI pomiędzy systemami uprawy roli oraz gęstościami siewu.



Wykres 38. Wskaźnik LAI jęczmienia kapturkowego w fazie liścia flagowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu, 2023 r.

Wskaźnik LAI w drugim roku badań był największy u roślin niepoddanych aplikacji biostymulatora w warunkach uprawy bezplużnej przy gęstości siewu 450 ziaren na 1 m². Niezależnie od stosowanej metody uprawy roli i gęstości siewu nie potwierdzono oddziaływania preparatu BlueN na wskaźnik LAI jęczmienia kapturkowego w fazie liścia flagowego w drugim roku badań.

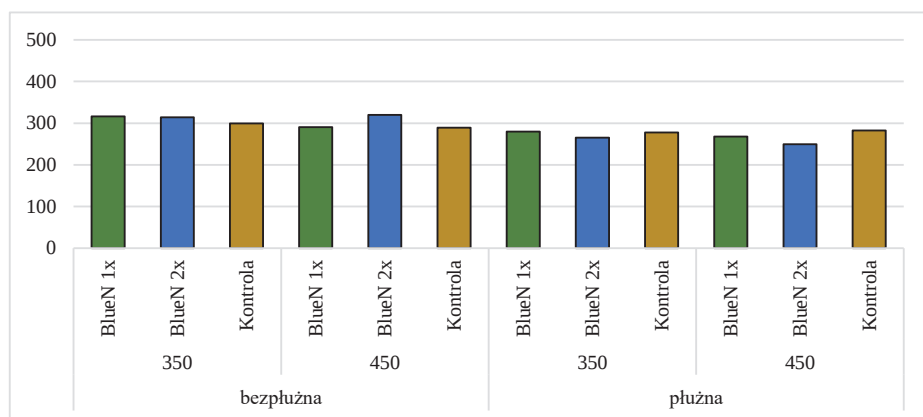




Wykres 39. Wskaźnik LAI jęczmienia kapturkowego w fazie liścia flagowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu, 2024 r.

1.6.3. Indeks chlorofilu SPAD

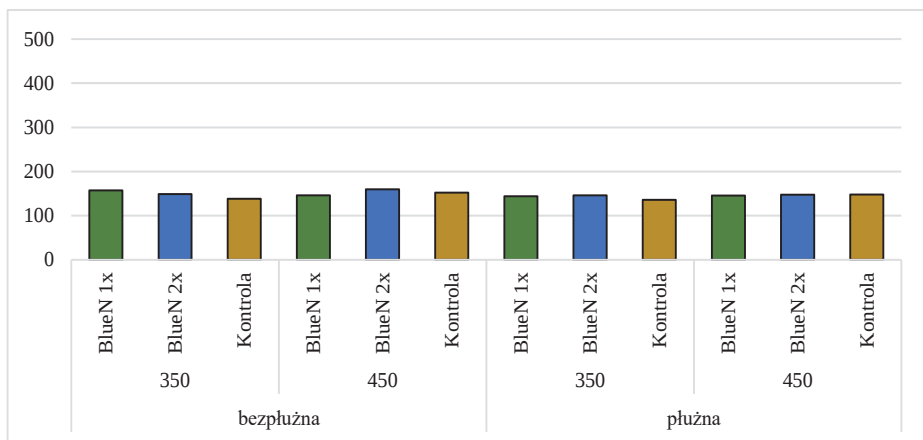
Wskaźnik względnej zawartości chlorofilu SPAD liścia flagowego w 2023 roku był na ogół prawie dwukrotnie większy niż w roku 2024 (Wyk. 40 i 41). Największą wartością tego wskaźnika w pierwszym roku badań charakteryzowały się rośliny poddane dwukrotnej aplikacji BlueN w warunkach bezpłuznej uprawy gleby oraz gęstości siewu 450 ziaren m^2 . W pierwszym roku badań nieznacznie większe wartości wskaźnika SPAD liścia flagowego obserwowano z reguły w warunkach bezpłuznej uprawy roli.



Wykres 40. Wskaźnik SPAD liścia flagowego jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu, 2023 r.

W drugim roku prowadzenia doświadczeń różnice w wartości indeksu zieloności liści SPAD liścia flagowego pomiędzy poszczególnymi testowanymi kombinacjami uprawy nawożenia i gęstości siewu nie były znaczące. Największą wartość tego parametru odnotowano u roślin poddanych podwójnej aplikacji BlueN, uprawianych bezpłuznie, w gęstości 450 ziaren m^2 .



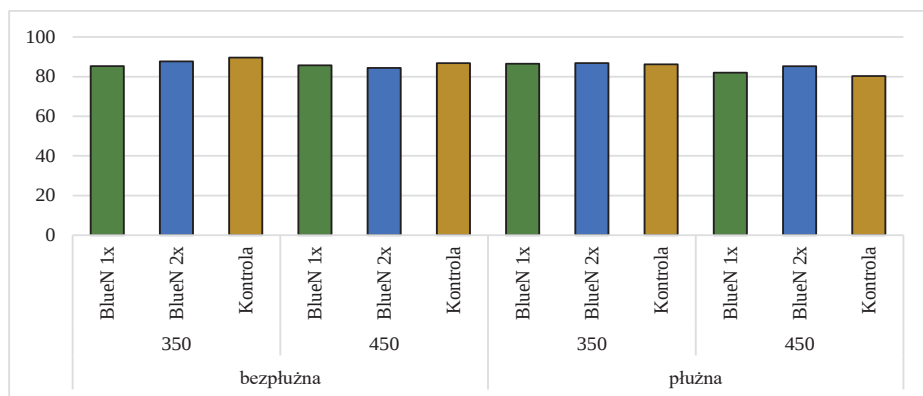


Wykres 41. Wskaźnik SPAD liścia flagowego jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu, 2024 r.

1.7. Laboratoryjna ocena jakości ziarna

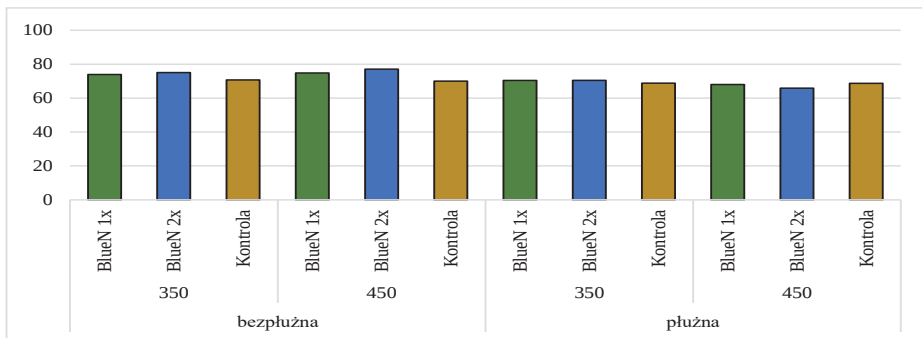
1.7.1. Ocena towaroznawcza

Uzyskane ziarno było bardziej dorodne w 2023 roku w porównaniu z 2024 (Wyk. 42 i 43). Udział masy ziarna pozostającej na sitach z otworami o średnicy powyżej 2,2 mm w całkowitej masie ziarna wynosił odpowiednio 86 % i 71%. W obu latach badań, niezależnie od pozostałych czynników, uprawa bezpłuzna przyczyniła się do zwiększenia tego parametru. Ponadto udział ziarna o średnicy powyżej 2,2 mm był większy przy mniejszej gęstości siewu. Zaobserwowano także tendencję do zwiększenia udziału takiego ziarna pod wpływem jednorazowej aplikacji biostymulatora BlueN.



Wykres 42. Udział ziarna o średnicy powyżej 2,2 mm w całkowitej masie ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu, 2023 r.



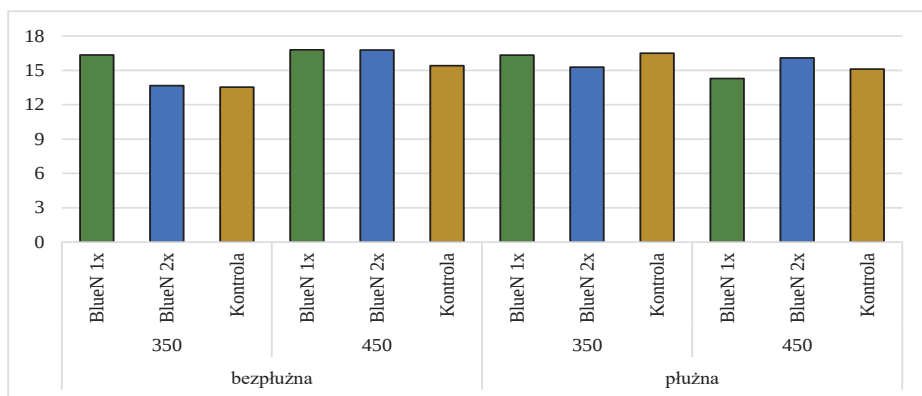


Wykres 43. Udział ziarna o średnicy powyżej 2,2 mm w całkowitej masie ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu, 2024 r.

1.7.2. Zawartość makro i mikroelementów

Rok 2023 okazał się korzystniejszy pod względem zawartości azotu (N) w ziarnie jęczmienia kapturkowego; średnia zawartość wynosiła $15,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ W 2024 roku wartość tej cechy była mniejsza o 3,2%.

W 2023 roku największą zawartość N w ziarnie uzyskano po jednorazowym lub dwukrotnym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego BlueN w uprawie bezpłuznej, przy gęstości siewu $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ (Wyk. 44). W uprawie płuznej przy gęstości siewu $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ najkorzystniejszym wariantem dla wartości omawianej cechy było dwukrotne aplikowanie preparatu BlueN. Z kolei mniejsza gęstość siewu w tym systemie uprawy nie determinowała dodatniego efektu stosowania biostymulatora BlueN w stosunku do zawartości azotu w ziarnie, która była najwyższa na obiekcie kontrolnym.

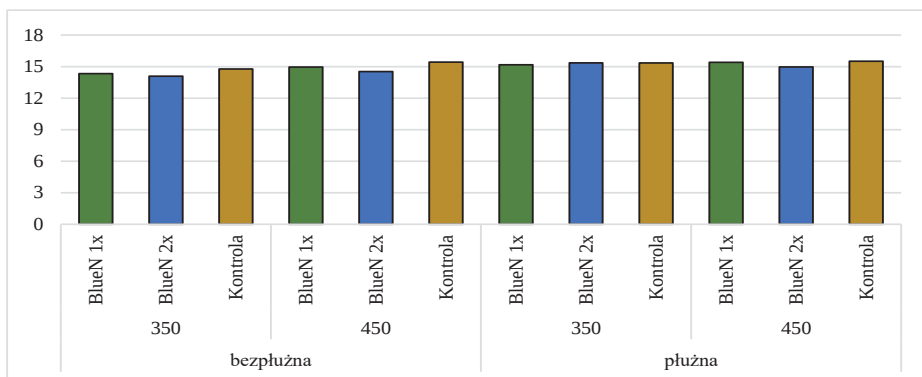


Wykres 44. Zawartość N w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), 2023 r.

W 2024 roku nie odnotowano kierunkowych zmian w zawartości N w ziarnie jęczmienia kapturkowego pod wpływem badanych czynników doświadczalnych



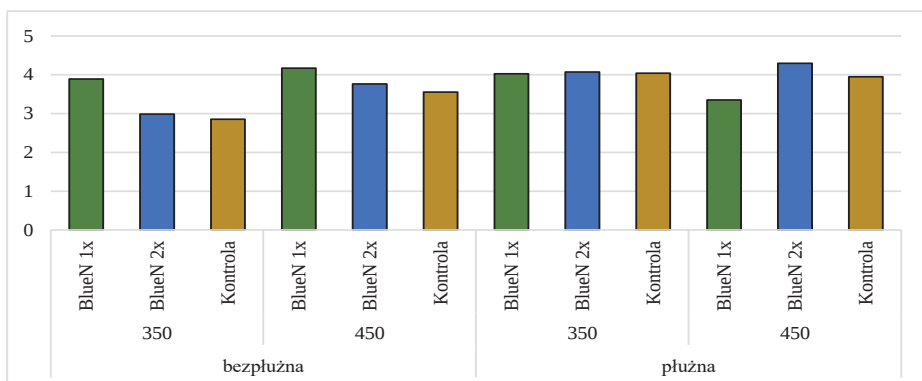
(Wyk. 45). Należy zauważyć, że niezależnie od pozostałych badanych czynników najkorzystniejsze wartości tej cechy stwierdzono przy uprawie płużnej.



Wykres 45. Zawartość N w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$), 2024 r.

W pierwszym roku badań, w wariantcie jednorazowej aplikacji biostymulatora, zawartość N w ziarnie była większa w porównaniu do obiektu kontrolnego i obiektu, na którym dwukrotnie stosowano preparat mikrobiologiczny BlueN. Natomiast w 2024 roku jednorazowa aplikacja biostymulatora skutkowała uzyskaniem wyższej wartości omawianej cechy ziarna jedynie w stosunku do obiektu BlueN 2x, ale niższej w porównaniu do kontroli.

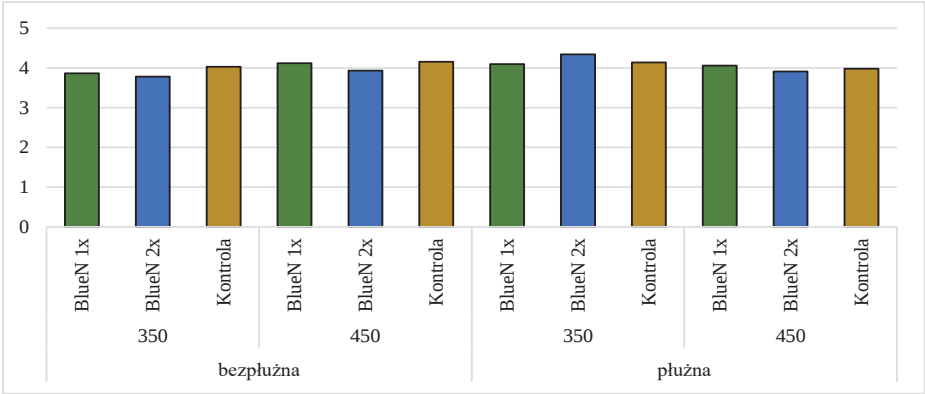
W 2023 roku odnotowano niższą zawartość fosforu (P) w ziarnie jęczmienia kapturkowego w stosunku do 2024 roku. W pierwszym roku prowadzenia badań największą zawartość fosforu w ziarnie uzyskano po dwukrotnym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego BlueN w uprawie płużnej, przy gęstości siewu 450 szt./m² (Wyk. 46). Z kolei w uprawie bezpłużnej, najkorzystniejszym wariantem dla wartości omawianej cechy było jednorazowe aplikowanie preparatu BlueN przy gęstości siewu 350 szt./m².



Wykres 46. Zawartość P w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$), 2023 r.

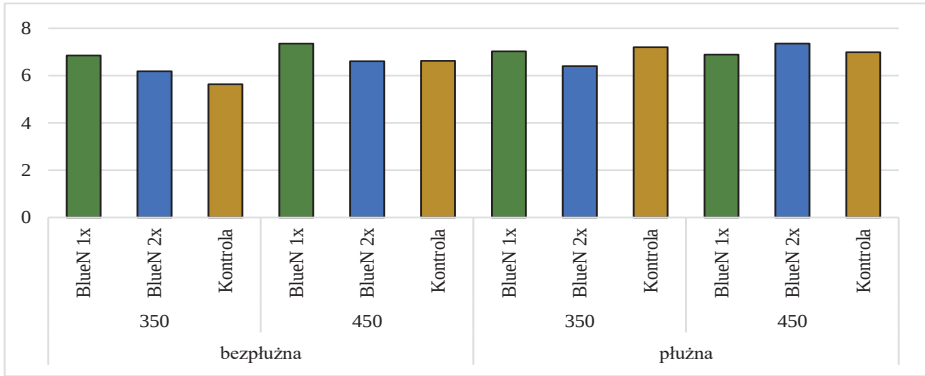


W 2024 roku największą zawartością omawianego składnika mineralnego, podobnie jak w 2023 roku, charakteryzowało się ziarno uzyskane z poletek, gdzie zastosowano dwukrotnie biostymulator BlueN w uprawie płuznej, ale przy gęstości siewu 350 szt. $\cdot$ m⁻² (Wyk. 47). Należy zauważyć, że średnio w obydwu latach badań, najkorzystniejsze wartości tej cechy jakościowej, stwierdzono przy uprawie płuznej. Nie odnotowano kierunkowych zmian w przypadku pozostałych czynników badawczych.



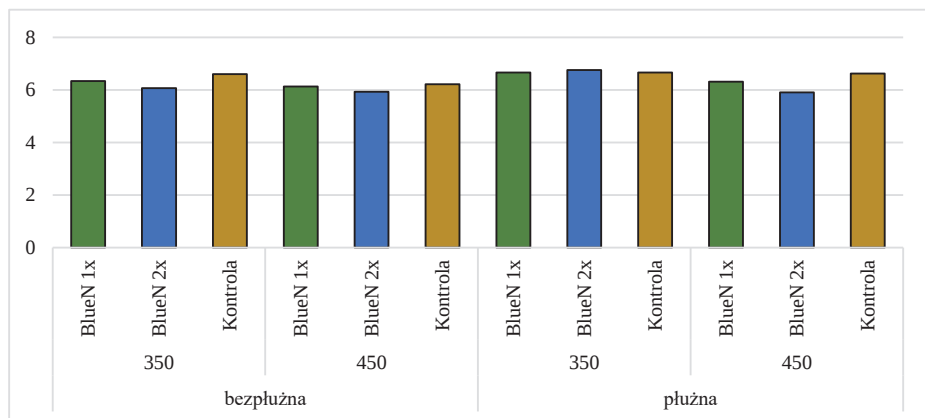
Wykres 47. Zawartość P w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (g $\cdot$ kg⁻¹s.m.), 2024 r.

W 2023 roku największe, zbliżone zawartości potasu w ziarnie badanego zboża uzyskano w obydwu systemach uprawy, przy gęstości siewu 450 szt. $\cdot$ m⁻² po jednorazowym i dwukrotnym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego BlueN (Wyk. 48). W kolejnym roku badań najkorzystniejsze wartości tej cechy stwierdzono w ziarnie zebranym z poletek uprawianych również płuznie, ale przy mniejszej gęstości siewu (350 szt. $\cdot$ m⁻²) i po dwukrotnej aplikacji biostymulatora BlueN (Wyk. 49).



Wykres 48. Zawartość K w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (g $\cdot$ kg⁻¹s.m.), 2023 r.





Wykres 49. Zawartość K w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$), 2024 r.

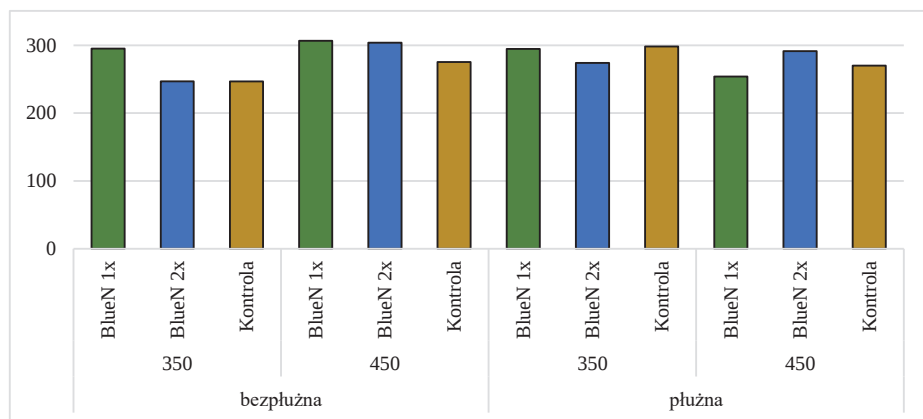
Biorąc jednak pod uwagę średnie dla efektów głównych prowadzonego eksperymentu stwierdzono, że wartości omawianej cechy jakościowej były największe po: i) zastosowaniu uprawy płuznej w obydwu latach badań, ii) wysiewie $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ (2023 r.) lub $350 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ (2024 r.), iii) jednorazowej aplikacji biostymulatora (2023 r.) lub braku oprysku tym preparatem (2024 r.).

W przypadku pozostałych badanych składników mineralnych ziarna jęczmienia kapturkowego zebranego w 2023 roku, średnio najwyższe zawartości, niezależnie od pozostałych czynników doświadczenia, stwierdzono: i) dla Mg - przy uprawie płuznej, gęstości siewu $350 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$, po dwukrotnym zastosowaniu biostymulatora BlueN, ii) dla Ca - przy uprawie bezpłuznej, gęstości siewu $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$, po jednorazowej aplikacji BlueN, iii) dla mikroelementów (Cu, Zn, Fe, Mn) - przy uprawie płuznej (z wyjątkiem Fe), gęstości siewu $350 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$, bez aplikacji preparatu BlueN (Zn, Fe i Mn) lub po jednorazowym zastosowaniu biostymulatora BlueN (Cu). W kolejnym roku (2024) zależności te były inne, tj.. najkorzystniejsze zawartości odnotowano dla: i) Mg i Ca - przy uprawie płuznej, gęstości siewu $350 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$, bez oprysku preparatem BlueN; ii) Cu i Fe - przy uprawie płuznej, gęstości siewu $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ oraz na obiektach odpowiednio: z dwukrotną aplikacją BlueN i bez oprysku preparatem BlueN; iii) Zn i Mn - przy uprawie bezpłuznej, gęstości siewu $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ i jednorazowym zastosowaniu biostymulatora BlueN.

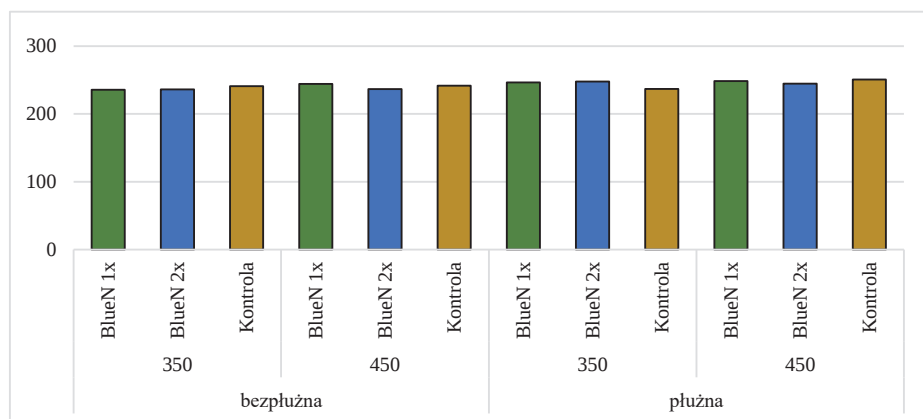


1.7.3. Udział aminokwasów w białku ziarna

Rok 2023 okazał się korzystniejszy pod względem sumy aminokwasów egzogennych (podobnie jak zawartości azotu/białka) w białku ziarna jęczmienia kapturkowego, która wynosiła 279,8. W kolejnym roku wartość tego parametru była mniejsza (o 13,3%). W pierwszym roku badań największą zawartość aminokwasów egzogennych w białku ziarna jęczmienia odnotowano w obiektach z uprawą bezpłużną, gęstością siewu 450 szt. $\cdot$ m⁻² i jednorazową aplikacją preparatu BlueN (Wyk. 50). Natomiast w 2024 roku suma omawianych aminokwasów była największa w białku ziarna uzyskanego z obiektu kontrolnego przy uprawie płuznej i gęstości siewu w ilości 450 szt. $\cdot$ m⁻² (Wyk. 51).



Wykres 50. Suma aminokwasów egzogennych w białku ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (g·kg⁻¹ białka), 2023 r.



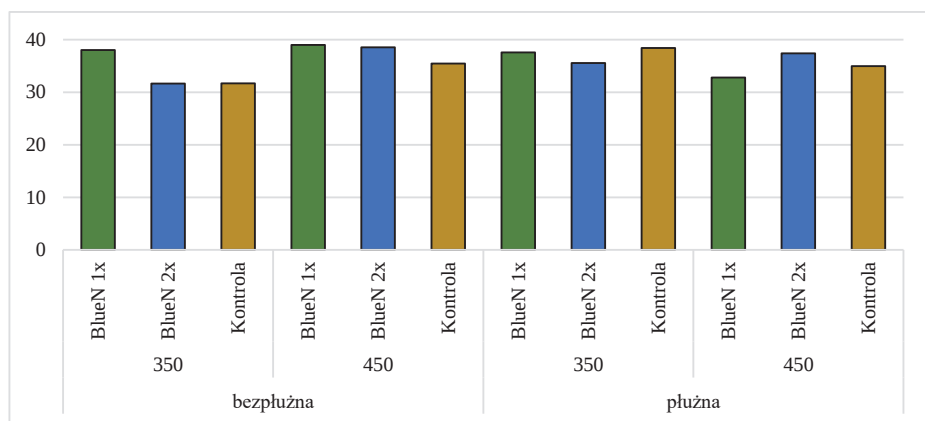
Wykres 51. Suma aminokwasów egzogennych w białku ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (g·kg⁻¹ białka), 2024 r.





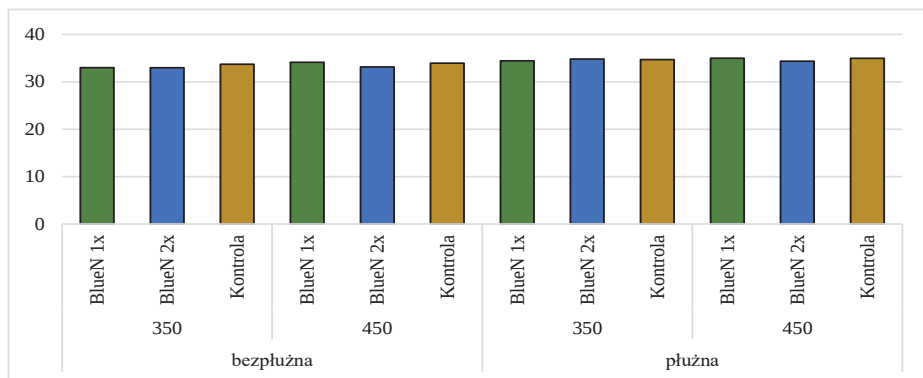
Fot. 8. Zbiór ziarna jęczmienia

Wskaźnik aminokwasu ograniczającego CS definiuje się jako wyrażony w % stosunek zawartości danego aminokwasu do jego udziału w białku wzorcowym. W przeprowadzonym doświadczeniu w 2023 roku CS dla lizyny był najwyższy po wykonaniu gęstości siewu na poziomie $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$, jednorazowej aplikacji preparatu BlueN i uprawy bezpłużnej (Wyk. 52). Z kolei w 2024 roku uprawa płużna, gęstość siewu $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ i jednorazowa aplikacja biostymulatora determinowały najwyższą wartość omawianego wskaźnika (Wyk. 53).



Wykres 52. Wartości wskaźnika aminokwasu ograniczającego (CS lizyny) białka ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu, 2023 r.



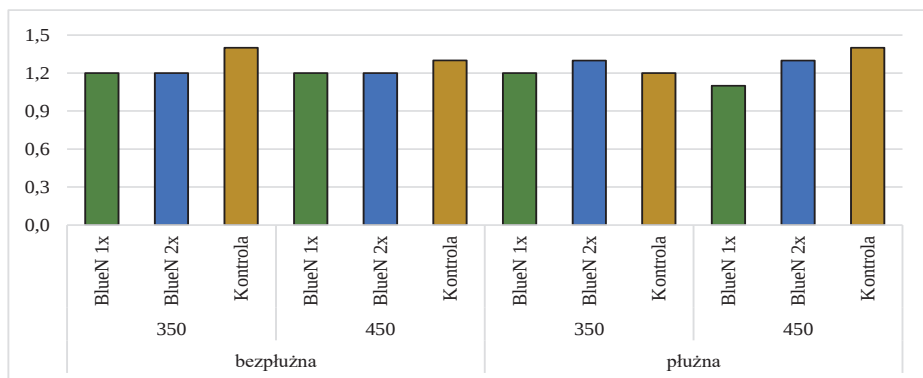


Wykres 53. Wartości wskaźnika aminokwasu ograniczającego (CS lizyny) białka ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu, 2024 r.

Bardzo zbliżone zależności, takie jak opisane powyżej dla wskaźnika CS_{liz.}, stwierdzono również w obydwu latach badań dla CS metioniny. Były one takie same w 2023 roku, natomiast w 2024 roku nie zadziałała aplikacja biostymulatora BlueN - najwyższą wartość uzyskano na obiekcie kontrolnym.

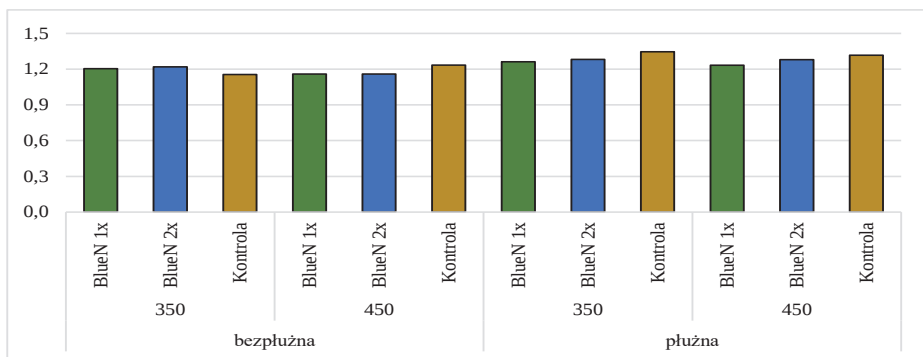
1.7.4. Zawartość substancji redukujących, skrobi oraz składników bioaktywnych

Skład chemiczny ziarna zależy z jednej strony od właściwości odmiany, z drugiej natomiast od czynników środowiskowych takich, jak: klimat, gleba, nawożenie i zabiegi agrotechniczne. Modyfikowanymi czynnikami, poza cechami odmianowymi, są nawożenie i zabiegi agrotechniczne. Poprzez ich zmianę, w ramach tej samej odmiany, można uzyskać ziarno o zróżnicowanej wartości odżywczej. Dlatego w kolejnym etapie badań oceniono wpływ technologii uprawy jęczmienia kapturkowego ze stymulacją odżywiania roślin azotem na skład chemiczny zboża (Wyk. 54-61).

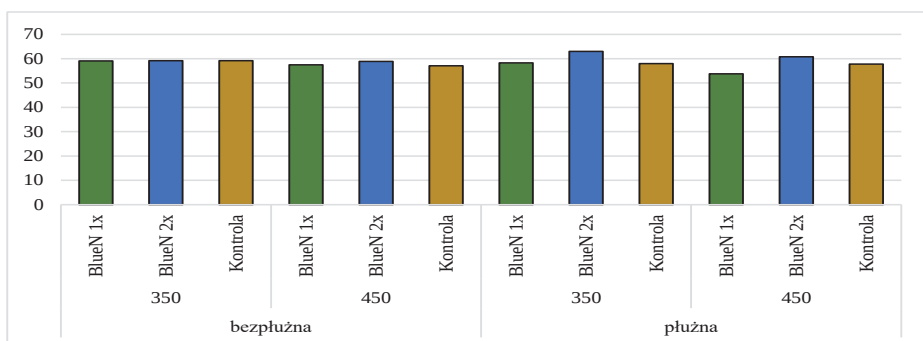


Wykres 54. Zawartość substancji redukujących w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (% s.s.), 2023 r.

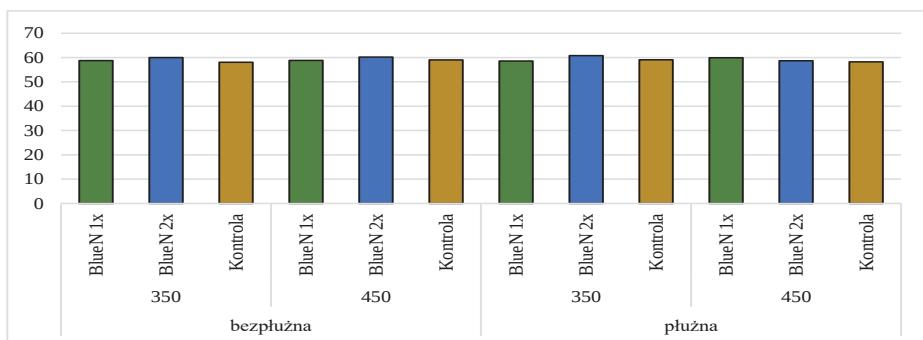




Wykres 55. Zawartość substancji redukujących w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (% s.s.), 2024 r.



Wykres 56. Zawartość skrobi w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (% s.s.), 2023 r.

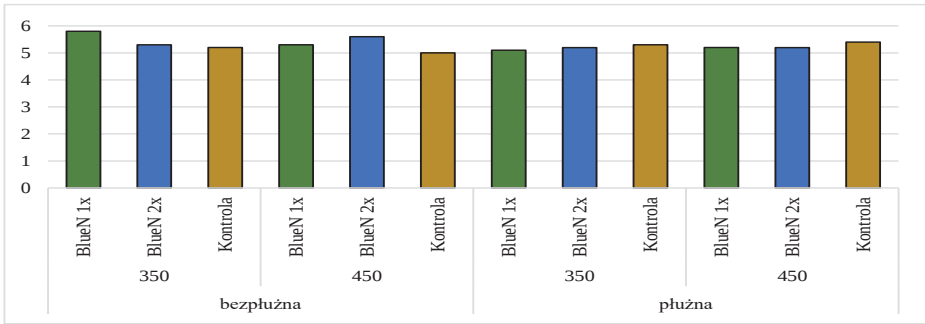


Wykres 57. Zawartość skrobi w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (% s.s.), 2024 r.

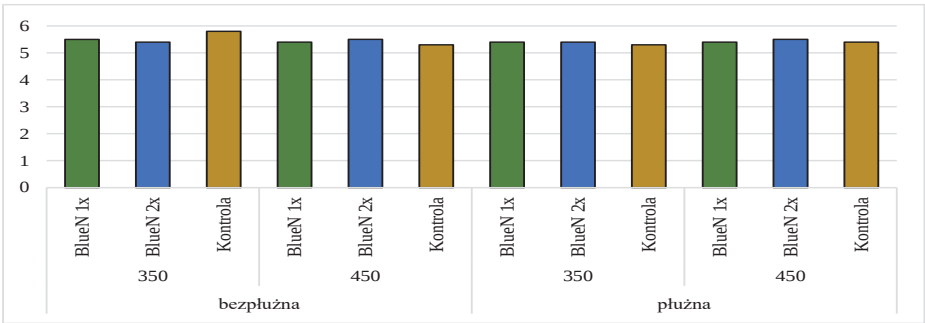
W żadnym roku badań aplikacja biostymulatora mikrobiologicznego nie wpływała na zwiększenie zawartości substancji redukujących w uprawie



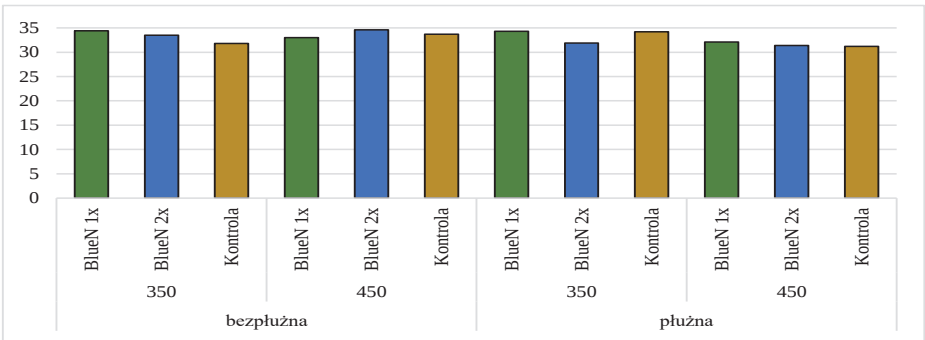
bezpłżnej ani w płżnej (Wyk. 54-55). W 2023 roku w uprawie bezpłżnej zaobserwowano największą zawartość β -glukanów ogółem i błonnika pokarmowego ogółem po jednorazowym zastosowaniu preparatu BlueN przy gęstości siewu 350 szt. $\cdot$ m⁻² (Wyk. 58 i 60). Największą zawartość skrobi odnotowano w uprawie płżnej przy gęstości siewu 350 szt. $\cdot$ m⁻² po dwukrotnym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego (Wyk. 56). Podobnych zależności nie obserwowano w kolejnym roku badań.



Wykres 58. Zawartość β -glukanów ogółem w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (% s.s.), 2023 r.

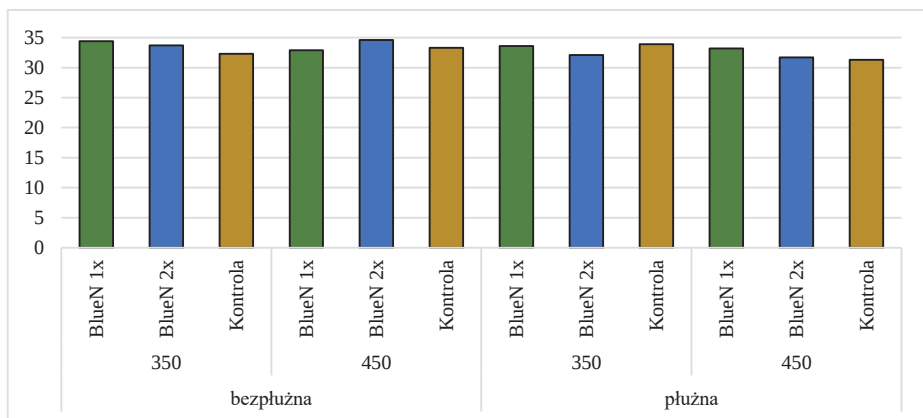


Wykres 59. Zawartość β -glukanów ogółem w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (% s.s.), 2024 r.



Wykres 60. Zawartość błonnika pokarmowego ogółem w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (% s.s.), 2023 r.

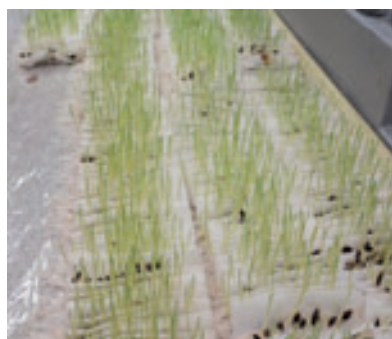




Wykres 61. Zawartość błonnika pokarmowego ogółem w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (% s.s.), 2024 r.

1.7.5. Zdolność i energia kiełkowania

Przyjmuje się, że zdolność i energia kiełkowania są miarą rzeczywistej żywotności ziarniaków. Oznaczanie zdolności kiełkowania materiału wykonano zgodnie z Polską Normą (PN-R-65950). Kiełkowanie przeprowadzono między bibułami w ściśle określonych warunkach opisanych w normie (Fot. 9). Pięćset wytypowanych do badań ziarniaków nawilżono i utrzymywano w temperaturze kontrolowanej przez 72 godz.

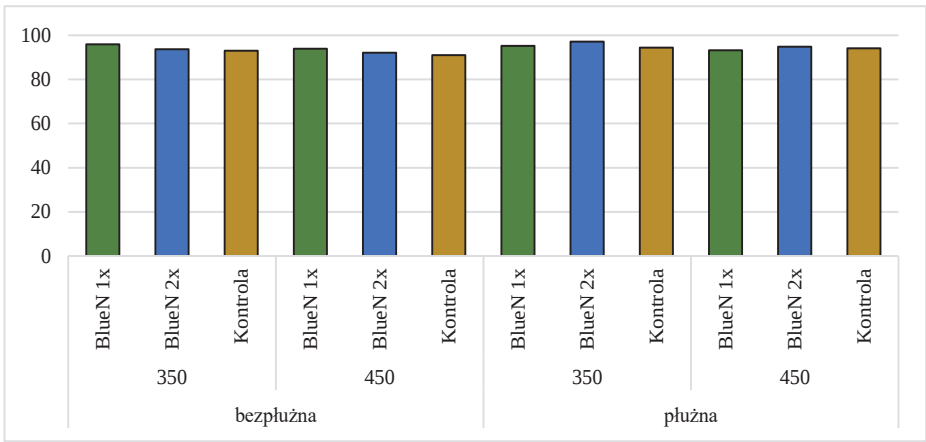


Fot. 9. Oznaczenie zdolności kiełkowania jęczmienia kapturkowego: A- wzrost w 3 dobie, B- wzrost w 5 dobie.

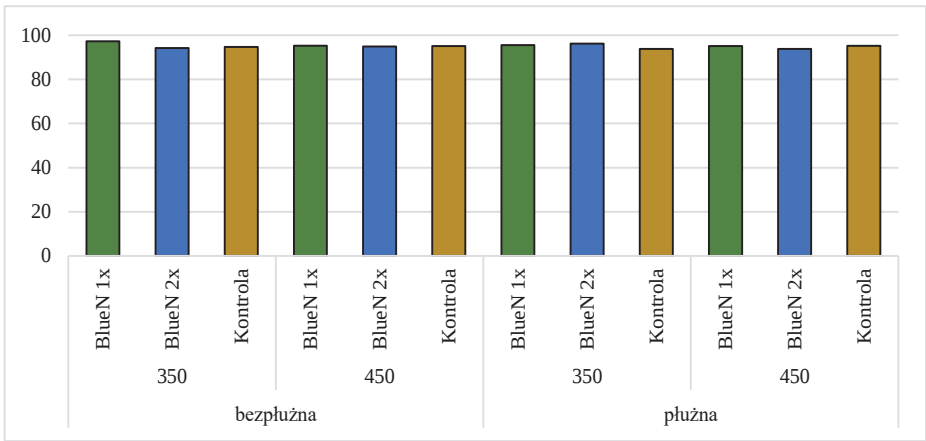
W 2023 r. energia kiełkowania ziarna jęczmienia kapturkowego oscylowała od 91% dla prób kontrolnych w uprawie bezplużnej i gęstości siewu 350 szt.·m⁻² do 97% dla prób w uprawie plużnej przy gęstości siewu 350 szt.·m⁻² po



dwukrotnym zastosowaniu stymulacji mikrobiologicznej (Wyk. 62). W kolejnym roku badań największą wartość energii kiełkowania (97%) odnotowano przy gęstości siewu 350 szt.·m⁻² w uprawie bezpłuznej i jednokrotnym zastosowaniu preparatu BlueN (Wyk. 63).



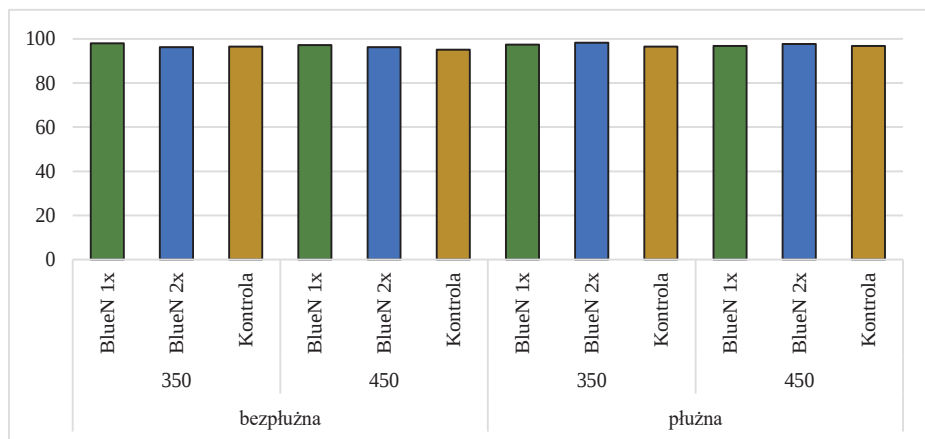
Wykres 62. Energia kiełkowania ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (%), 2023 r.



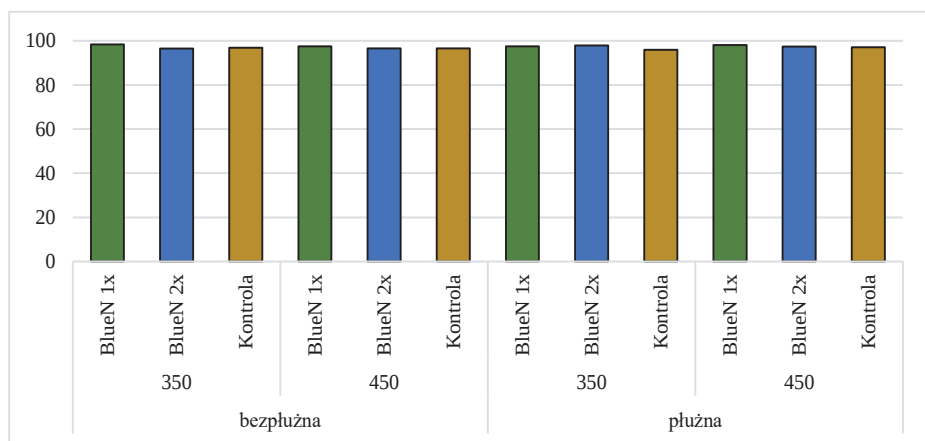
Wykres 63. Energia kiełkowania ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (%), 2024 r.

Zdolność kiełkowania kształtowała się na zbliżonym poziomie we wszystkich wariantach prowadzenia doświadczenia i wynosiła od 95% do 98% w 2023 r. i od 96% do 98% w 2024 r. prowadzenia doświadczenia (Wyk. 64 i 65).





Wykres 64. Zdolność kiełkowania ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (%), 2023 r.

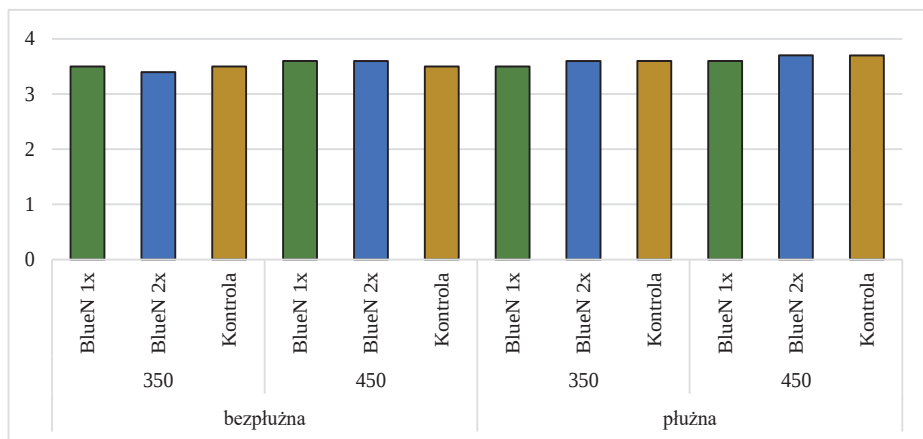


Wykres 65. Zdolność kiełkowania ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (%), 2024 r.

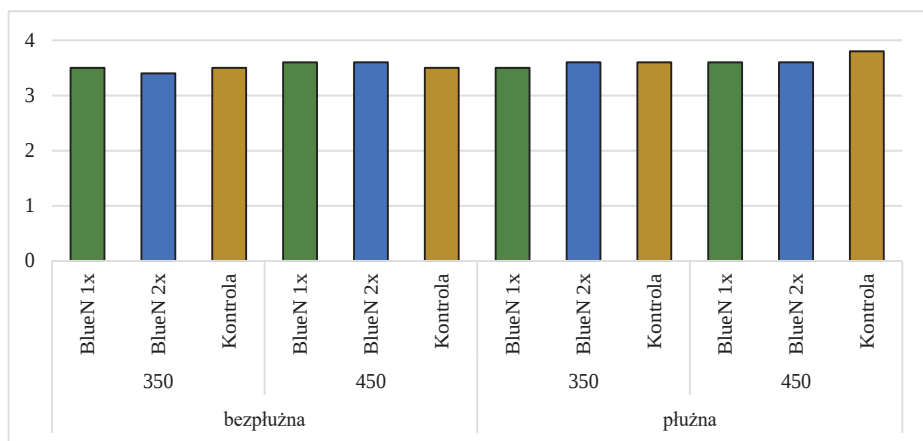


1.7.6. Zawartość związków fenolowych i aktywność przeciwutleniająca

Oznaczanie całkowitej zawartości związków fenolowych w ziarnie jęczmienia kapturkowego przeprowadzono z wykorzystaniem reakcji z odczynnikami fenolowym Folina i Ciocaltau. Nie odnotowano wpływu sposobu uprawy roli, gęstości siewu oraz stymulacji mikrobiologicznej na zawartość związków fenolowych (Wyk. 66 i 67). Suma związków fenolowych w przeliczeniu na kwas ferulowy wahała się w granicach od $3,5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ do $3,8 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ w dwóch latach prowadzenia doświadczenia.



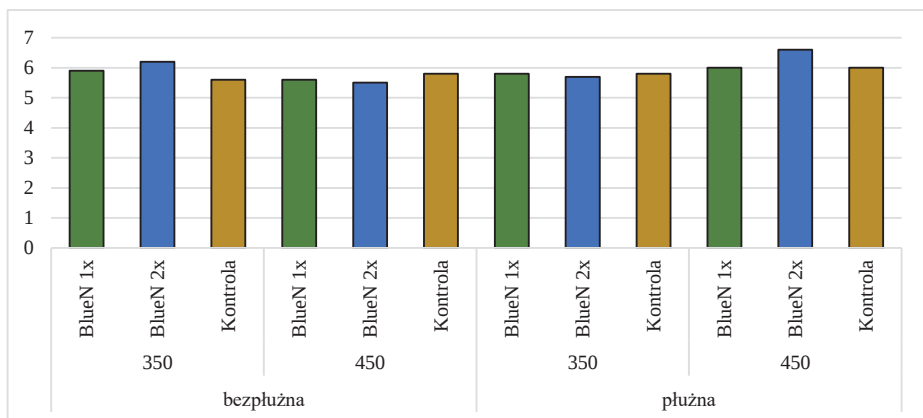
Wykres 66. Suma związków fenolowych w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (mg kwasu ferulowego·g⁻¹), 2023 r.



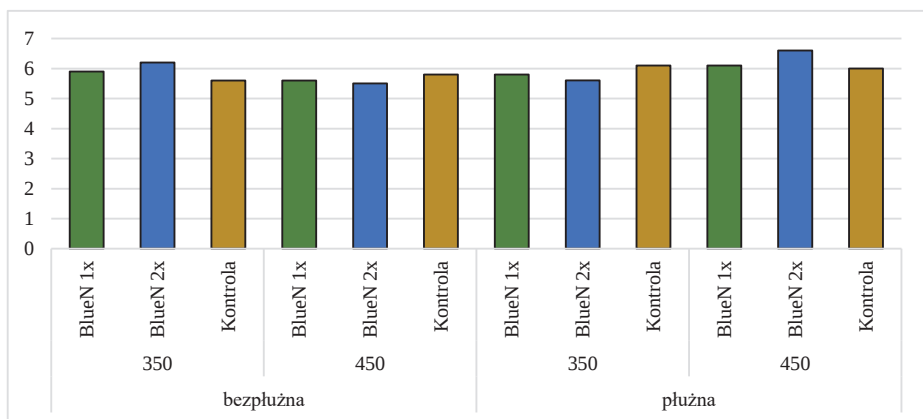
Wykres 67. Suma związków fenolowych w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (mg kwasu ferulowego·g⁻¹), 2024 r.

Do oznaczenia pojemności przeciwutleniającej ekstraktów wykorzystano metodę z kationorodnikami ABTS•+. Zmiany stężenia kationorodników ABTS•+ określono spektrofotometrycznie po 6 minutowej inkubacji z badanymi ekstraktami. Największą aktywnością antyoksydacyjną (6,6 mg Tx·g⁻¹) zarówno w pierwszym jak i drugim roku badań odnotowano w uprawie plużnej przy gęstości siewu 450 szt./m² po dwukrotnym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego (Wyk. 68 i 69).





Wykres 68. Aktywność antyoksydacyjna ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (mg Tx·g⁻¹), 2023 r.

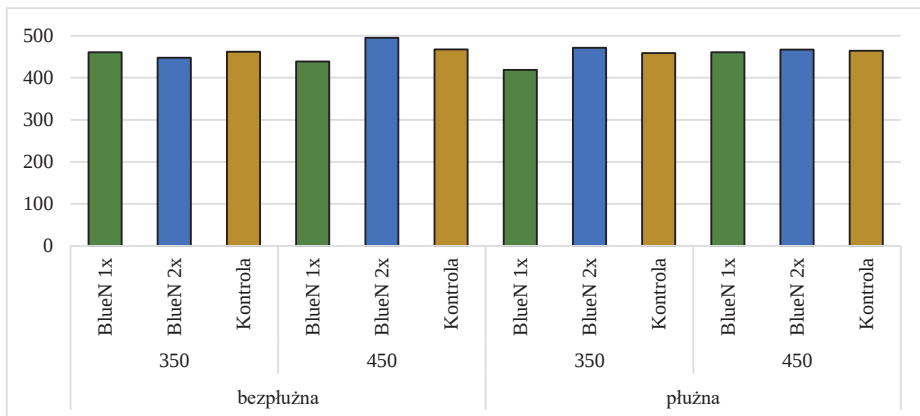


Wykres 69. Aktywność antyoksydacyjna ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (mg Tx·g⁻¹), 2024 r.

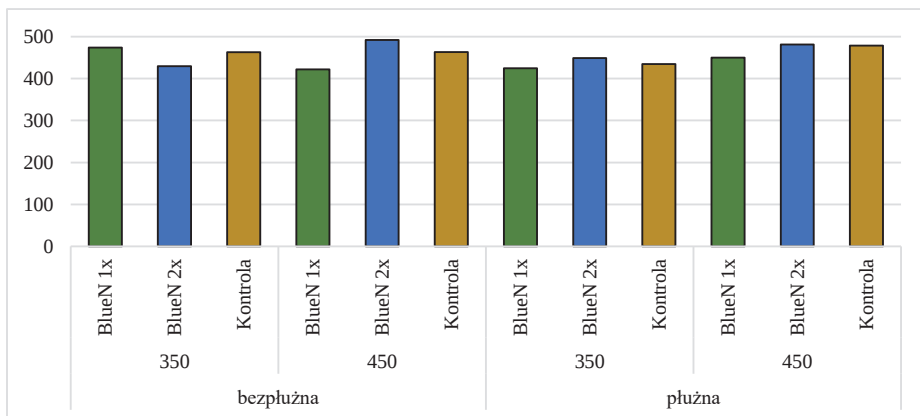
1.7.7. Właściwości technologiczne ziarna

Scharakteryzowano układ skrobiowo-amylolityczny próbek ziarna jęczmienia kapturkowego przez określenie liczby opadania ziarna zgodnie z Polską Normą (PN-EN ISO 3093:2010E) oraz przebiegu kleikowania skrobi zawartej w ziarnie według AACC 76-21.02 z wykorzystaniem urządzenia Rapid Visco Analyser. Liczba opadania jest wyznacznikiem aktywności amylolitycznej ziarna. Wszystkie badane próbki charakteryzowały się niską aktywnością enzymów amylolitycznych, gdyż liczba opadania wynosiła od 422 s do 496 s (Wyk. 70 i 71). Największą wartością liczby opadania w kolejnych dwóch latach doświadczenia charakteryzowało się ziarno z uprawy bezpłuznej przy gęstości siewu 450 szt.·m⁻² po dwukrotnym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego.





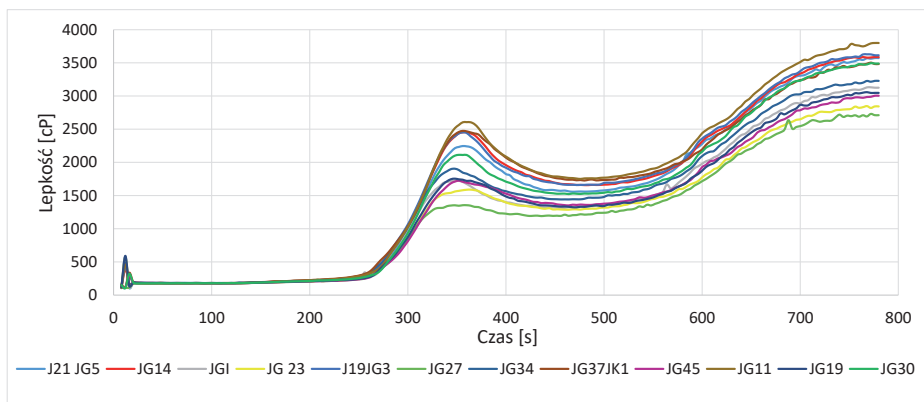
Wykres 70. Liczba opadania ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (s), 2023 r.



Wykres 71. Liczba opadania ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (s), 2024 r.

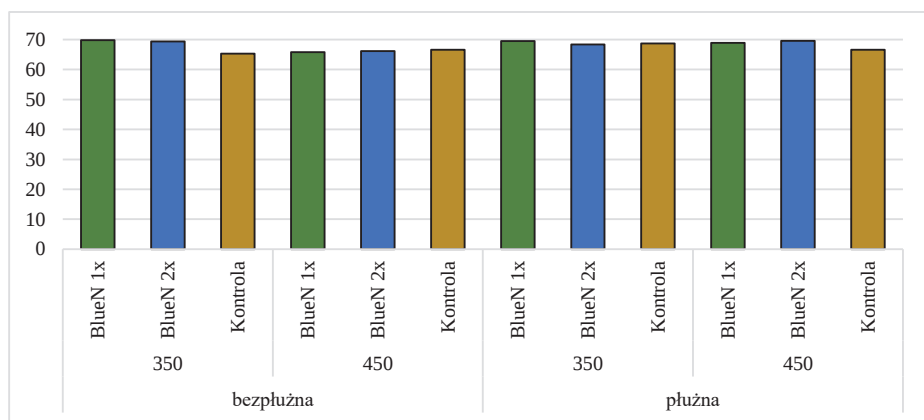
Przykładowe krzywe charakterystyki kleikowania badanych zawiesin pokazano na wykresie 72. Kształt otrzymanych krzywych był charakterystyczny dla procesu kleikowania skrobi, a kleiki poszczególnych analizowanych prób odznaczały się nieznacznie różnymi wartościami lepkości.





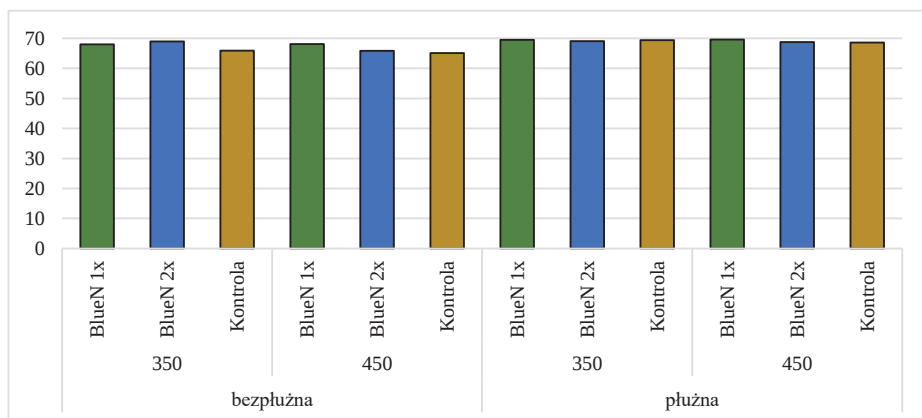
Wykres 72. Krzywe charakterystyki kleikowania ziarna jęczmienia kapturkowego

Temperatura kleikowania wahała się w przedziale 65,3 – 69,5°C (Wyk. 73 i 74). Wiskozymetryczna temperatura kleikowania związana jest ze zdolnością ziaren skrobiowych do pęcznienia i jest tym niższa im ziarna szybciej chłoną wodę i powiększają swoją średnicę. Największymi wartościami lepkości maksymalnej w 2023 r. (Wyk. 75) odznaczała się próbka bez stymulacji mikrobiologicznej z uprawy płuźnej przy gęstości siewu 450 szt. $\cdot$ m⁻² (2428 cP) a w 2024 r. (Wyk. 76) przy jednokrotnym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego (2631 cP). Z kolei największe wartości lepkości końcowej odnotowano dla ziarna pochodzącego z uprawy płuźnej bez stymulacji mikrobiologicznej przy gęstości siewu 450 szt. $\cdot$ m⁻² (Wyk. 77 i 78).

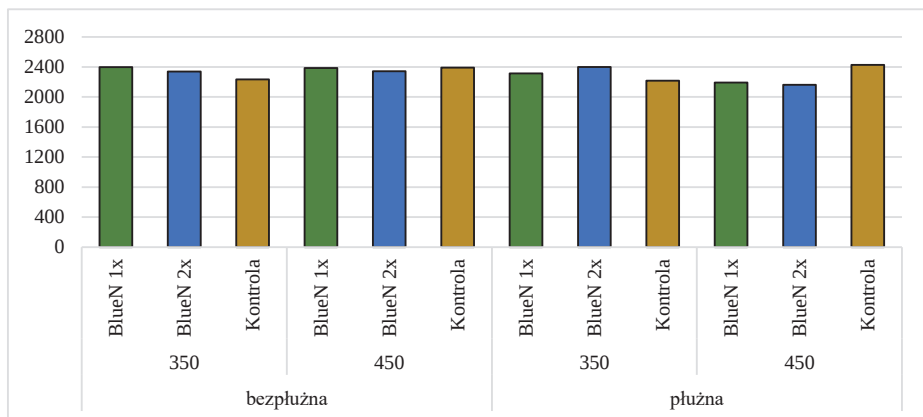


Wykres 73. Temperatura kleikowania zawiesziny z ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (°C), 2023 r.

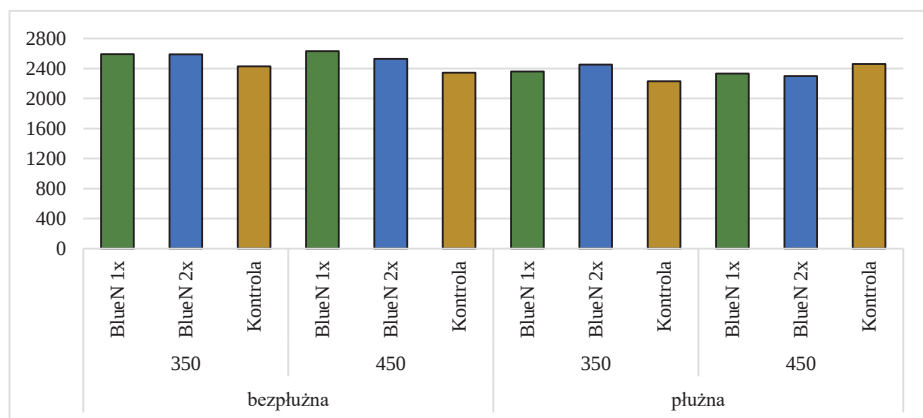




Wykres 74. Temperatura kleikowania zawiesin z ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (°C), 2024 r.

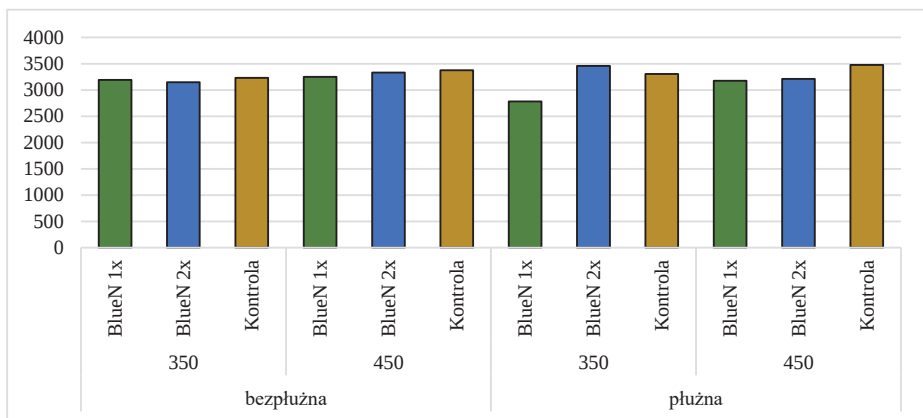


Wykres 75. Lepkość max. zawiesin z ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (cp), 2023 r.

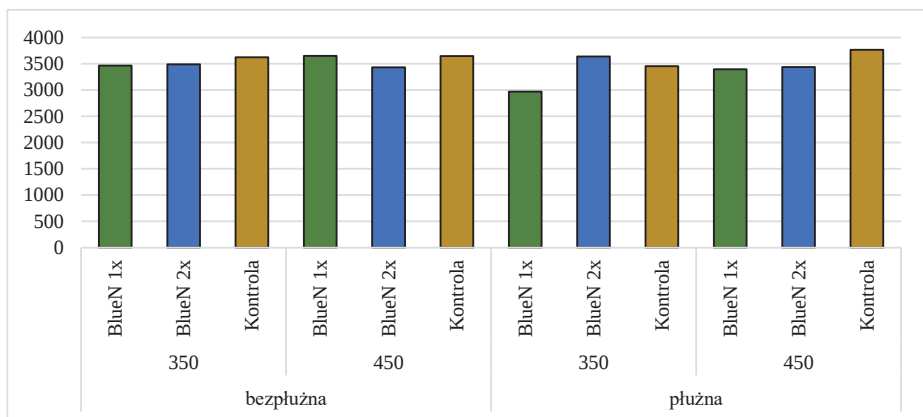


Wykres 76. Lepkość max. zawiesin z ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (cp), 2024 r.





Wykres 77. Lepkość końcowa zawiesin z ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (cP), 2023 r.



Wykres 78. Lepkość końcowa zawiesin z ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu (cP), 2024 r.



2. Ekologiczna technologia uprawy jęczmienia kapturkowego w warunkach różnych sposobów uprawy roli i nawożenia

2.1. Warunki prowadzenia doświadczeń

W doświadczeniu prowadzonym w certyfikowanym gospodarstwie ekologicznym badano reakcję jęczmienia kapturkowego jarego o czarnym ziarnie (*Hordeum vulgare* L. var. *rimpau* Wittm) na bezorkową uprawę roli. Porównywano: 1) uprawę bezpłużną (pług dłutowy) oraz 2) płużną. Ponadto w doświadczeniu analizowano wpływ nawożenia organicznego i biostymulacji. W 2023 roku badano reakcję jęczmienia kapturkowego o czarnym ziarnie na nawożenie obornikiem oraz bakterie wiążące azot z powietrza (*Methylobacterium symbioticum*). W kolejnym roku, oprócz nawożenia obornikiem i stymulacją mikrobiologiczną analizowano również wpływ międzyplonu. Doświadczenie prowadzono w ekologicznym gospodarstwie rolnym przez dwa kolejne sezony wegetacyjne (2023 i 2024).



Fot. 10. Jesienne zabiegi uprawy roli

Przedplonem dla zastosowanego układu doświadczalnego był ziemniak. W 2022 roku został on zebrany w późnym terminie, dlatego nie wysiano międzyplonu. W drugiej dekadzie listopada 2022, na odpowiednich fragmentach pola rozrzucono obornik w ilości $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, następnie wykonano orkę przedzimową oraz uprawę pługiem dłutowym w oznaczonych pasach, zgodnie z układem doświadczenia. Po wczesnym zbiorze ziemniaka w drugim roku doświadczenia



wysiano międzyplon, w skład którego wchodziły: groch siewny, łubin wąskolistny, gryka, facelia błękitna, słonecznik, seradela oraz olejarka abisyńska ($50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). W drugiej dekadzie października 2023 rozrzucono obornik ($20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) zgodnie z układem doświadczenia oraz wykonano orkę przedzimową lub uprawę głęboszem na odpowiednich fragmentach pola. W obu latach uprawa wiosenna polegała na dwukrotnym zastosowaniu agregatu uprawowego składającego się z brony talerzowej oraz wału strunowego.

Siew jęczmienia kapturkowego (*H. v. var. rimpai*) wykonano w drugiej lub trzeciej dekadzie marca, odpowiednio w 2023 i 2024 roku, na głębokość 3-4 cm, w rozstawie rzędów 12,5 cm. Ilość wysiewu ustalono opierając się na masie tysiąca ziaren (MTZ), gęstości siewu, zdolności kiełkowania (ZK) ziarna i połowego wskaźnika wschodów (PWW). Materiałem siewnym był ekologiczny jęczmień kapturkowy, zaprawiony naturalnym preparatem Chito będącym naturalnym chitozanem, a jego masa tysiąca ziaren wynosiła 41,0 g w pierwszym i 39,8 g w drugim roku badań. Gęstość siewu wynosiła $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$. Zdolność kiełkowania jęczmienia w 2023 wynosiła 90% a w 2024 roku 96%. W obliczaniu ilości wysiewu za połowy wskaźnik wschodów (PWW) przyjęto wartość 0,9.

W prowadzonym doświadczeniu, w celu wzbogacenia gleby w składniki odżywcze oraz pokrycia potrzeb pokarmowych roślin jęczmienia zastosowano nawożenie mineralne w postaci naturalnych kopalin. Jesienią przed orką lub pługiem dłutowym, w latach poprzedzających uprawę jęczmienia zastosowano nawozy mineralne dozwolone w rolnictwie ekologicznym. Nawożenie fosforowe opierało się na zastosowaniu fosforu w dawce $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ w postaci mączki fosforytowej. Z kolei potas zaaplikowano w ilości $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ w postaci kainitu.



Fot. 11. Prace wiosenne na polach doświadczalnych



Oprócz różnych sposobów uprawy roli, kolejnym badanym czynnikiem w doświadczeniu było nawożenie. W pierwszym roku badań analizowano wpływ: 1) obornika, 2) obornika + preparat mikrobiologiczny, 3) preparat mikrobiologiczny, 4) obiekt kontrolny. W drugim roku badań dodatkowo włączono do badań: 5) międzyplon, 6) międzyplon + preparat mikrobiologiczny, 7) międzyplon + obornik + preparat mikrobiologiczny. W wariantach: obornik + preparat mikrobiologiczny, międzyplon + preparat mikrobiologiczny oraz międzyplon + obornik + preparat mikrobiologiczny, jednokrotnie zastosowano preparat mikrobiologiczny (BlueN), w pełni krzewienia jęczmienia, w dawce $333 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ z dodatkiem Cropvit FeMo ($0,2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$). Natomiast, w wariantach z samą aplikacją bakterii *Methylobacterium symbioticum* preparat zastosowano dwukrotnie: pierwsza dawka preparatu w pełni krzewienia, a druga w fazie strzelania w źdźbło. W obu zabiegach zastosowano dawkę $333 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ preparatu mikrobiologicznego z dodatkiem Cropvit FeMo ($0,2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$).

W uprawie ekologicznego jęczmienia kapturkowego odchwaszczenie plantacji oparte było o metody mechaniczne. W tym celu w obu latach wykonano bronowanie (broną chwastownik) w fazie 3 – 4 liści jęczmienia, ukośnie w stosunku do rzędów. W certyfikowanym gospodarstwie ekologicznym nie stosowano pestycydów do walki ze sprawcami chorób oraz szkodnikami. Zbiór jęczmienia kapturkowego dokonano w pełnej dojrzałości ziarna, w połowie lipca, jednocześnie, przy użyciu kombajnu poletkowego.

Warunki meteorologiczne podczas wegetacji jęczmienia w latach badań zostały opisane w rozdziale 1.1.

2.2. Ocena plonowania

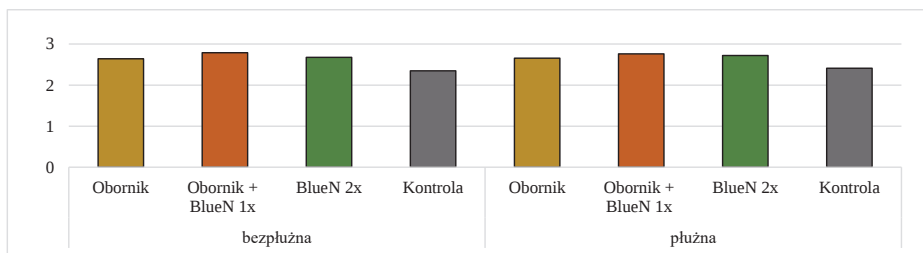
Pierwszy rok prowadzenia doświadczeń (2023) był bardziej korzystny dla wzrostu i rozwoju jęczmienia kapturkowego. Średni plon ziarna wynosił $2,62 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i był większy o 37% od plonu uzyskanego w 2024 roku (Wyk. 79 i 80).

W 2023 roku nie odnotowano znaczących różnic w plonie ziarna w uprawie płuznej i bezpłuznej, natomiast w 2024 średni plon ziarna w uprawie płuznej był większy o 7,3 % w porównaniu z uprawą bezpłuzną.

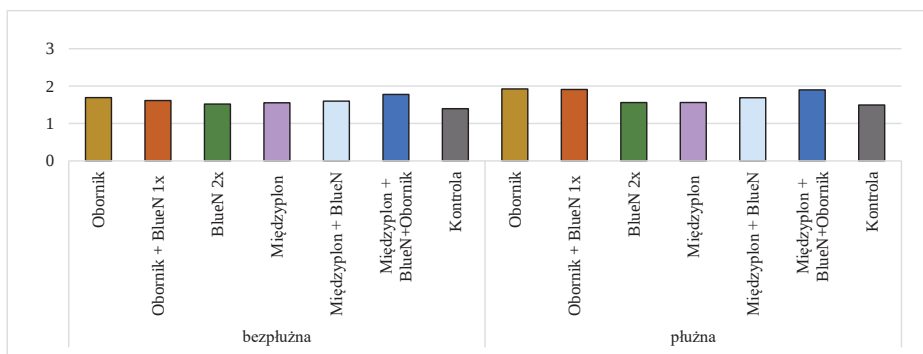
W 2023 roku, w uprawie płuznej i bezpłuznej plon ziarna w każdym wariantcie nawożenia (obornik, obornik + BlueN lub BlueN 2x) był większy niż w kontroli. Warto jednak zauważyć, że nawożenie obornikiem łącznie z pogłówną aplikacją preparatu mikrobiologicznego BlueN było najbardziej korzystne dla plonowania.

W 2024 największe plony ziarna uzyskano w uprawie płuznej po zastosowaniu samego obornika, obornika wraz z preparatem BlueN a także w obiekcie z międzyplonem, obornikiem i biostymulatorem. W uprawie bezpłuznej najlepsze efekty przyniosło kompleksowe podejście do poprawy warunków





Wykres 79. Plon ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$), 2023 r.



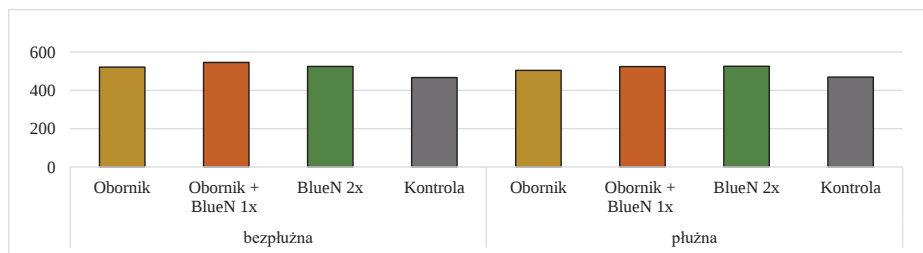
Wykres 80. Plon ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$), 2024 r.

wzrostu i odżywienia roślin poprzez uprawę międzyplonu, aplikację obornika oraz preparatu mikrobiologicznego.

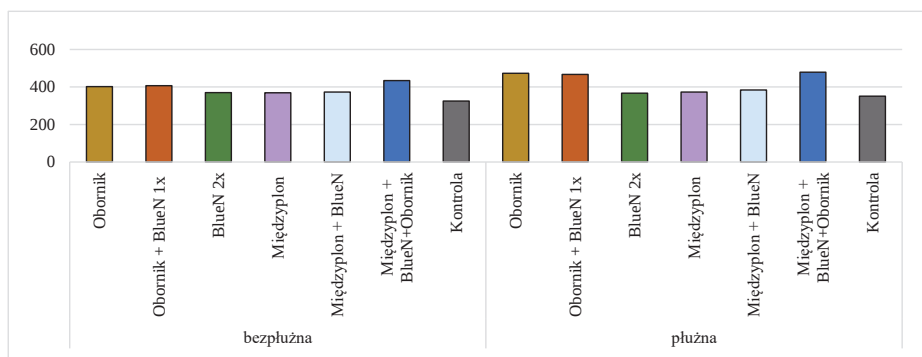
Podstawowym elementem struktury plonu jest liczba pędów generatywnych na jednostce powierzchni. W przypadku omawianego doświadczenia na parametr ten bardzo silny wpływ miały warunki pogodowe kolejnych lat badań. W 2023 roku charakteryzującym się większą sumą opadów w okresie krzewienia liczba pędów generatywnych była o 22% większa niż w roku 2024 (Wyk. 81 i 82).

W 2023 roku zastosowanie obornika, obornika z preparatem mikrobiologicznym lub aplikacja samego biostymulatora BlueN skutkowało zwiększeniem liczby pędów generatywnych jęczmienia. W 2024 roku najwięcej pędów generatywnych było w uprawie płużnej w obiekcie z międzyplonem, obornikiem i biostymulatorem. Nieco mniej takich pędów było po zastosowaniu samego obornika lub obornika i preparatu BlueN. W uprawie bezpułznej jęczmień wykształcił najwięcej pędów generatywnych w wariantcie z międzyplonem, obornikiem i biostymulatorem.





Wykres 81. Liczba pędów generatywnych jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (szt·m⁻²), 2023 r.



Wykres 82. Liczba pędów generatywnych jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (szt·m⁻²), 2024 r.

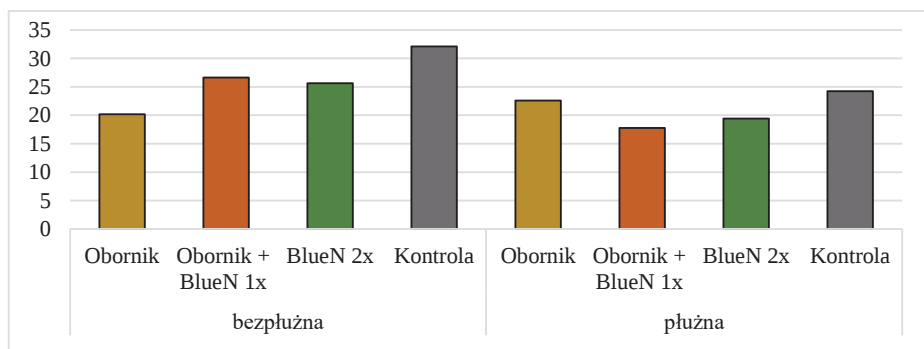
2.3. Ocena presji agrofagów

2.3.1. Ocena presji chorób

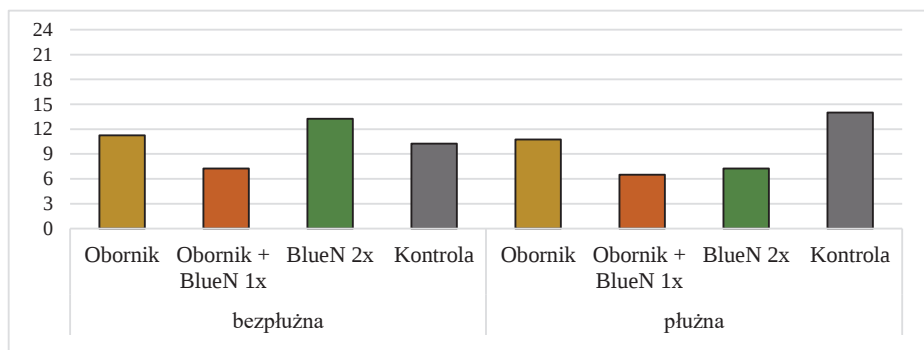
W pierwszym roku prowadzenia badań (2023) nad reakcją genotypu jęczmienia czarnego kapturkowego na uprawę roli (bezpłuzna i płuzna) oraz nawożenie obornikiem, preparatem stymulującym odżywienie azotem (BlueN) i wielogatunkową mieszką międzyplonową zaobserwowano średnie nasilenie objawów chorobowych. W fazie strzelania w źdźbło na liściach jęczmienia stwierdzono tylko obecność mączniaka prawdziwego zbóż i traw, i to w niewielkim nasileniu. Więcej objawów chorobowych, szczególnie rdzy jęczmienia, odnotowano w fazie dojrzewania jęczmienia. Najwięcej objawów rdzy było na obiektach kontrolnych. Ponadto średnio więcej było ich na obiektach bez uprawy płuznej (Wyk. 83). Na liściach jęczmienia obserwowano również objawy mączniaka prawdziwego zbóż i traw, które widoczne były już w fazie strzelania w źdźbło. W fazie dojrzewania stwierdzono również obecność objawów plamistości siatkowej jęczmienia. Nasilenie tych chorób było jednak niższe. Z chorób podsuszkowych najwięcej obserwowano objawów łamliwości źdźbła zbóż i traw. Najmniej objawów tej choroby stwierdzono na obiektach nawożonych obornikiem w połączeniu z jednokrotnym zastosowaniem preparatu stymulującego odżywienie azotem



BlueN (Wyk. 84). Rodzaj uprawy roli wpłynął niejednoznacznie na występowanie tej choroby. Na roślinach jęczmienia obserwowano także niewielkie nasilenie objawów fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła i zgorzeli korzeni.



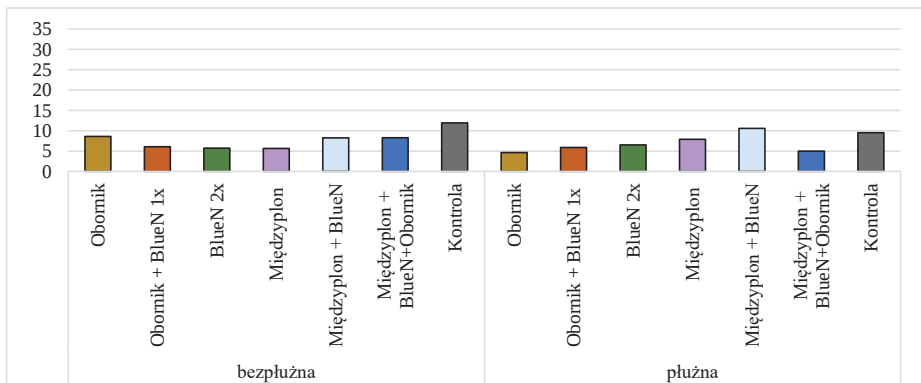
Wykres 83. Procent powierzchni liści jęczmienia kapturkowego z objawami rdzy jęczmienia w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2023 r.



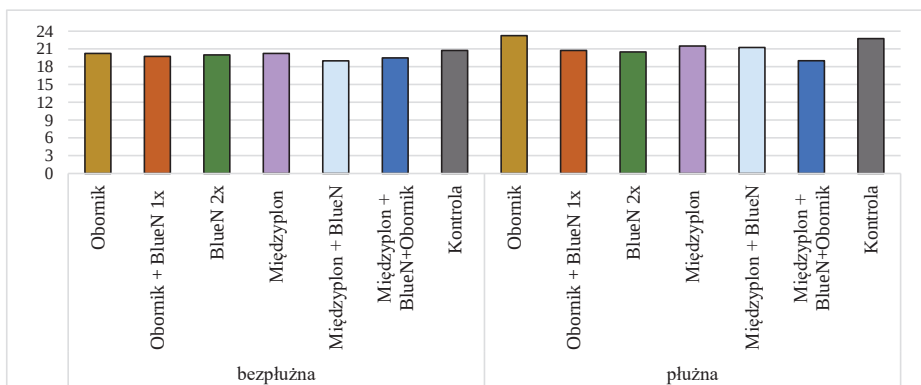
Wykres 84. Nasilenie objawów łamliwości źdźbła zbóż i traw na jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (indeks chorobowy w %), 2023 r.

W drugim roku badań (2024) na liściach jęczmienia również dominowała rdza jęczmienia, której objawy widoczne były już w fazie strzelania w źdźbło, jednak z czasem nasilenie tej choroby wzrastało. W fazie dojrzewania jęczmienia najwięcej objawów rdzy stwierdzono na obiektach kontrolnych, co szczególnie widoczne było przy zaniechaniu uprawy płuznej (Wyk. 85). W obu fazach obserwacji stwierdzono również występowanie mączniaka prawdziwego zbóż i traw, jednak w mniejszym nasileniu. W fazie dojrzewania jęczmienia odnotowano także niewielkie nasilenie występowania objawów plamistości siatkowej jęczmienia. Z chorób podsuszkowych głównie obserwowano objawy łamliwości źdźbła zbóż i traw. Na obiektach z uprawą bezpłuzną najwięcej objawów tej choroby stwierdzono w kombinacji kontrolnej, natomiast w przypadku zastosowania uprawy płuznej najwięcej było ich po zastosowaniu obornika (Wyk. 86). Ponadto na podstawie źdźbła jęczmienia obserwowano niewielkie nasilenie objawów fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła.





Wykres 85. Procent powierzchni liści jęczmienia kapturkowego (BBCH 71-75) z objawami rdzy jęczmienia w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2024 r.



Wykres 86. Nasilenie objawów fąkliwości źdźbła zbóż i traw na jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (indeks chorobowy w %), 2024 r.

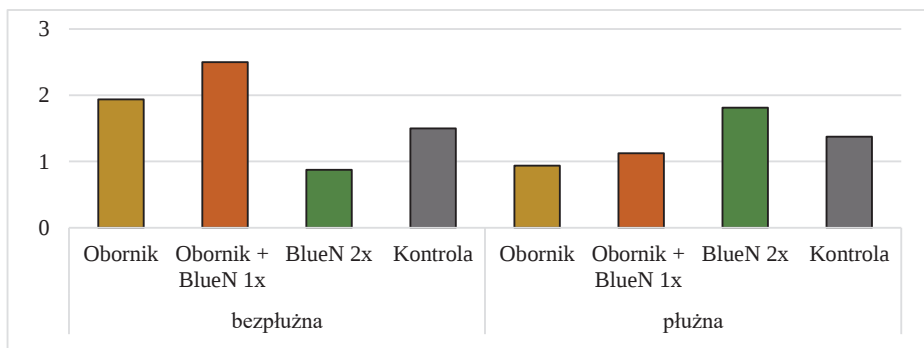
2.3.2. Ocena liczebności szkodników

Liczebność larw skrzypionki (*Oulema* spp.) określano w fazie rozwoju liścia flagowego. Rok 2023 był znacznie bardziej korzystny dla rozwoju tego szkodnika roślin, co skutkowało zwiększeniem jego liczebności w porównaniu rokiem 2024 (Wyk. 87 i 88). W 2023, w uprawie płuznej zaobserwowano większą liczebność *Oulema* spp. po zastosowaniu preparatu BlueN (aplikacja dwukrotna), natomiast w uprawie płuznej odnotowano sytuację odwrotną w przypadku zastosowania wariantu Obornik + BlueN 1x. W 2024 liczebność tego szkodnika była niewielka, bez wyraźnej reakcji na zastosowane czynniki doświadczalne.

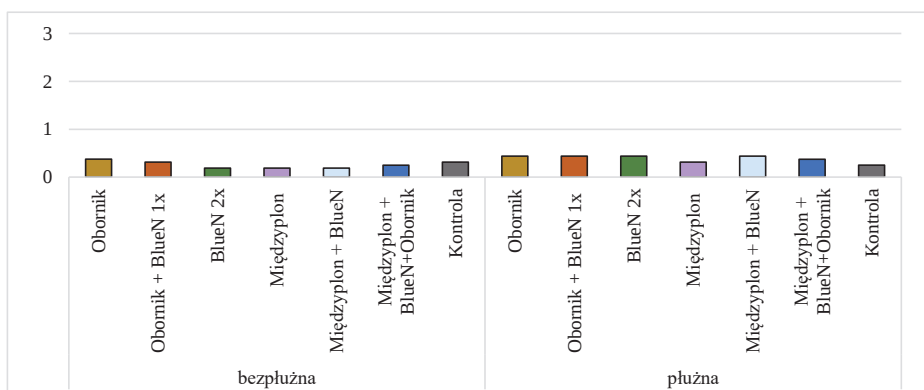
2.3.3. Ocena zachwaszczenia

W doświadczeniu realizowanym w gospodarstwie ekologicznym w Wolkowie w latach 2023-2024 badano reakcję genotypu jęczmienia czarnego kapturkowego (*Hordeum vulgare* L. var. *rimpaui* Wittm) na uprawę roli (bezpłuzna





Wykres 87. Liczebność larw *Oulema* spp. (BBCH 39) w jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (szt./25 źdźbeł), 2023 r.



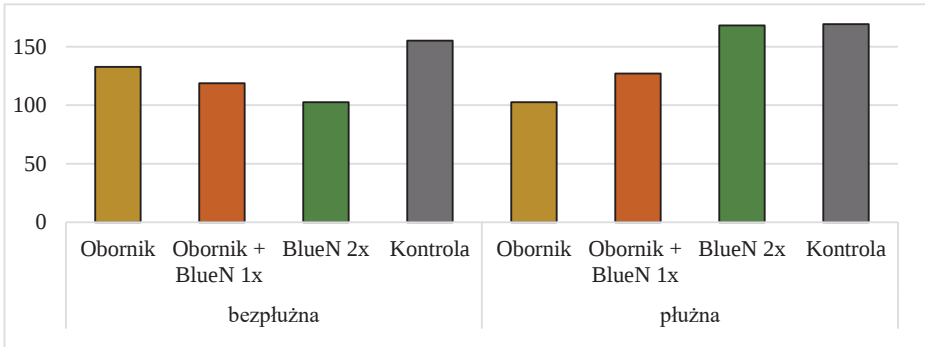
Wykres 88. Liczebność larw *Oulema* spp. (BBCH 39) w jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (szt./25 źdźbeł), 2024 r.

i płżna) oraz nawożenie obornikiem, preparaty stymulujące odżywienie azotem (*Methylobacterium symbioticum*) i wielogatunkową mieszankę międzyplonową.

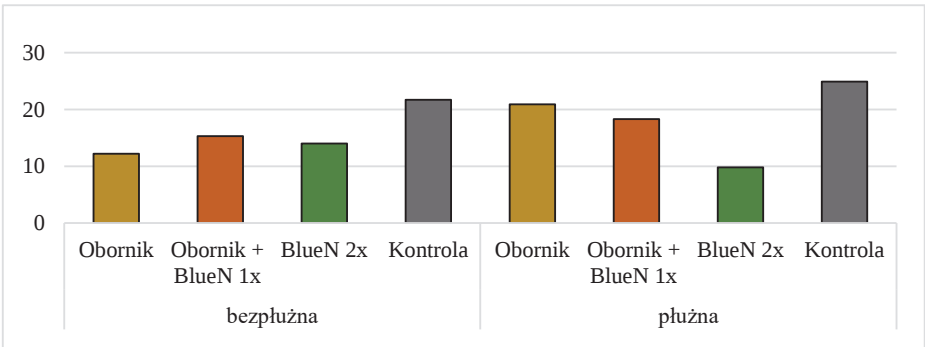
W pierwszym roku prowadzenia doświadczenia (2023) zachwaszczenie można uznać za dosyć duże – średnio wyniosło ono 134,6 szt.·m⁻² i 17,2 g·m⁻². Łącznie zidentyfikowano 15 gatunków chwastów, z których dominującymi w zasiewach jęczmienia jarego kapturkowego były: perz właściwy (*Elymus repens*), chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus galli*) i komosa biała (*Chenopodium album*). Stosunkowo największą liczbę chwastów zaobserwowano na obiektach z uprawą płżną (141,8 szt.·m⁻²) w porównaniu do uprawy bezpłżnej (127,3 szt.·m⁻²), natomiast sucha masa chwastów w obu sposobach uprawy była mniej zróżnicowana i wyniosła odpowiednio 18,5 i 15,8 g·m⁻². Różnice w zachwaszczeniu roślin jęczmienia w zależności od nawożenia, biostymulacji i międzyplonu były nieduże, stosunkowo najwięcej chwastów zaobserwowano na kontroli (Wyk. 89 i 90).



W kolejnym roku (2024) ogółem zidentyfikowano w jęczmieniu jarym kapturkowym 19 gatunków chwastów, z których najczęściej występującymi były: perz właściwy (*Elymus repens*) chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus galli*), miotła zbożowa (*Apera spica venti*), komosa biała (*Chenopodium album*), rdestówka powojowata (*Fallopia convolvulus*) i bodziszek drobny (*Geranium pusillum*). W doświadczeniu występowały również mniej spotykane w jęczmieniu jarym rośliny niepożądane, takie jak: nostrzyk biały (*Melilotus albus*), lucerna siewna (*Medicago sativa*), lucerna chmielowa (*Medicago lupulina*), koniczyna biała (*Trifolium repens*), bylica pospolita (*Artemisia vulgaris*). Występujące zachwaszczenie można uznać za stosunkowo nieduże – średnio wyniosło ono 42,8 szt.·m⁻² i 15,3 g·m⁻². Największą liczbę i masę chwastów zaobserwowano na obiektach z uprawą bezpłzną (62,4 szt.·m⁻² i 27,3 g·m⁻²) w porównaniu do uprawy płznej (23,2 szt.·m⁻² i 3,2 g·m⁻²). Różnice w zachwaszczeniu poletek jęczmienia kapturkowego w zależności od nawożenia obornikiem, metod odżywiania roślin azotem i międzyplonu były niewielkie, zauważono jedynie nieco większą liczbę i masę chwastów w jęczmieniu kapturkowym wysiewanym na kontroli (Wyk. 91 i 92).

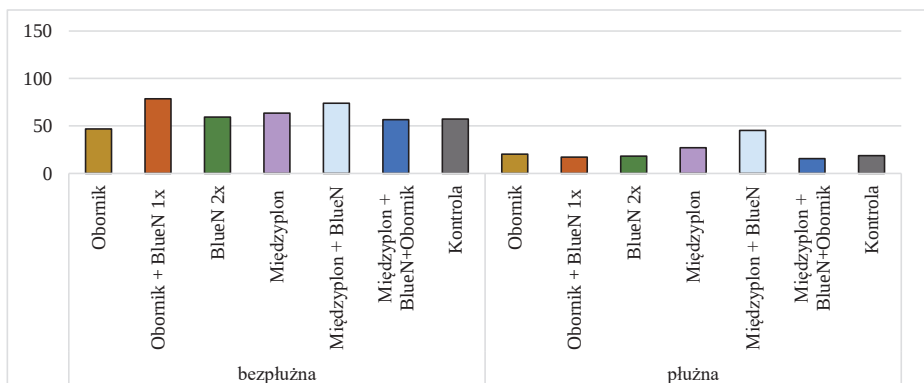


Wykres 89. Liczba chwastów w jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (szt·m⁻²), 2023 r.

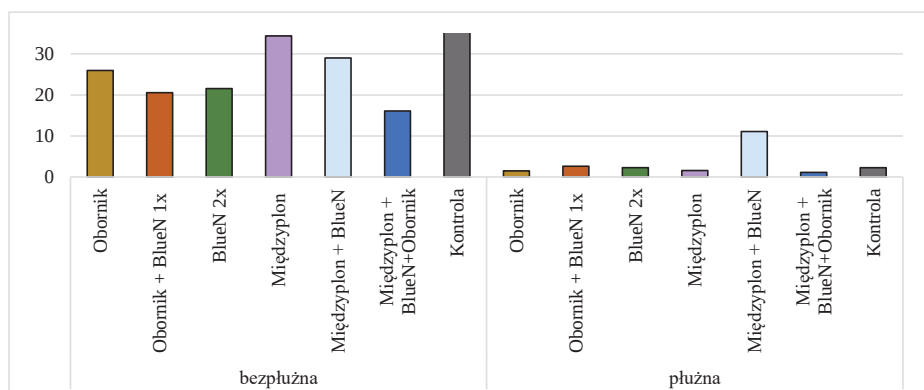


Wykres 90. Sucha masa chwastów w jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (g·m⁻²), 2023 r.





Wykres 91. Liczba chwastów w jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (szt·m⁻²), 2024 r.



Wykres 92. Sucha masa chwastów w jęczmieniu kapturkowym w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (g·m⁻²), 2024 r.

2.4. Ocena stanu środowiska glebowego

2.4.1. Ocena zawartości makroelementów w glebie

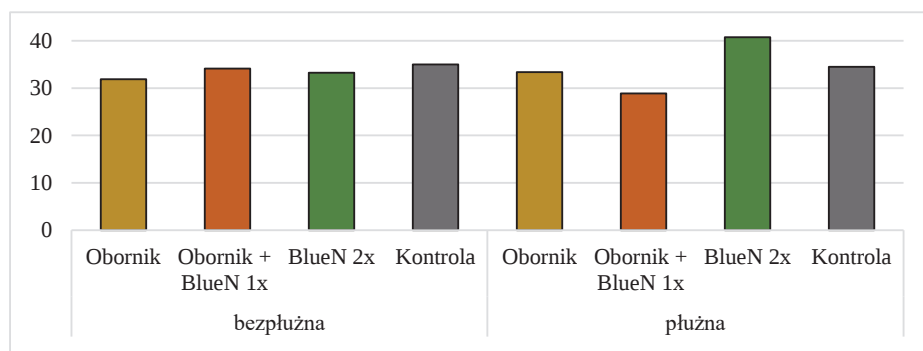
W pierwszym roku prowadzenia badań (2023) nad reakcją genotypu jęczmienia czarnego kapturkowego (*Hordeum vulgare* L. var. *rimpaui* Wittm) na uprawę roli (bezpluzna i płuzna) oraz nawożenie obornikiem i preparaty stymulujące odżywienie azotem (*Methylobacterium symbioticum*), eksperyment polowy zlokalizowano na glebie lekkiej płowej lekko kwaśnej (pH w 1 M KCl – 6,2) o uziarnieniu piasku gliniastego i średniej zawartości próchnicy (1,1%). Gleba ta charakteryzowała się bardzo wysoką zawartością przyswajalnych dla roślin form fosforu (P₂O₅), magnezu (Mg) i potasu (K₂O). Natomiast zasobność gleby w dostępne dla roślin mikroelementy była następująca: mangan 108-116 mg Mn·kg⁻¹ (średnia), miedź 2,9-3,2 mg Cu·kg⁻¹ (średnia), cynk 16,4-16,9 mg Zn·kg⁻¹ (wysoka), żelazo 761-841 mg Fe·kg⁻¹ (średnia). Zawartość azotu mineralnego w warstwie ornej gleby wiosną wahała się w zakresie od 31,2-41,2 kg N·ha⁻¹.



W pierwszym roku prowadzenia eksperymentu polowego nie stwierdzono po zbiorze jęczmienia wyraźnych różnic w badanych właściwościach chemicznych gleby w zależności od różnej uprawy roli i biostymulacji (Wyk. 93, 95, 97, 99). Zauważono jedynie większą koncentrację w glebie przyswajalnych dla roślin form potasu po uprawie bezpłужnej na tle uprawy płужnej oraz obniżone pH i zawartość przyswajalnego magnezu na kontroli w porównaniu do nawożenia obornikiem i biostymulacji.

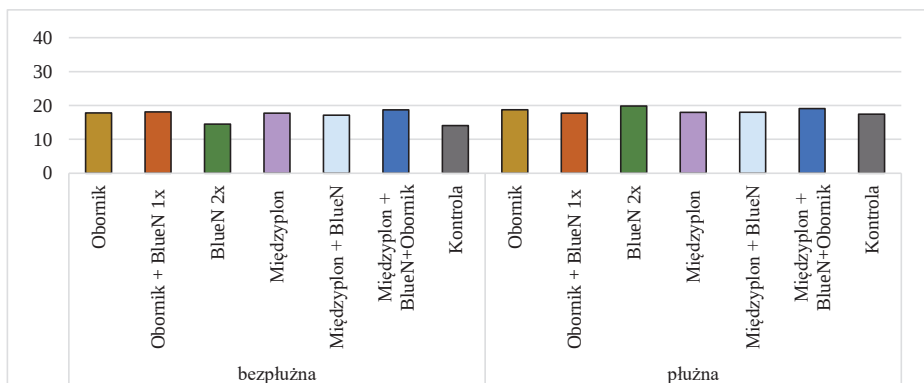
W kolejnym roku badawczym (2024) eksperyment polowy nad reakcją genotypu jęczmienia czarnego kapturkowego na uprawę roli (bezpłужna i płужna) oraz nawożenie obornikiem, preparaty stymulujące odżywienie azotem (*Methylobacterium symbioticum*) i międzyplon prowadzono na glebie płowej lekko kwaśnej (pH w 1 M KCl – 6,2) o uziarnieniu piasku gliniastego i średniej zawartości próchnicy (2,05%). Gleba ta charakteryzowała się bardzo wysoką zawartością przyswajalnych form fosforu (P_2O_5) i magnezu (Mg) oraz wysoką i bardzo wysoką zasobnością w dostępne formy potasu (K_2O). Zawartość N mineralnego w glebie wiosną wahała się w przedziale od 122-125 kg N·ha⁻¹.

W drugim roku realizacji eksperymentu polowego stwierdzono po zbiorze jęczmienia kapturkowego nieduże różnice w badanych właściwościach chemicznych gleby w zależności od uprawy roli, sposobów odżywiania azotem i międzyplonu (Wyk. 94, 96, 98, 100). Zauważono większą koncentrację w glebie przyswajalnych dla roślin form potasu po uprawie bezpłужnej na tle uprawy płужnej, a także pozytywny wpływ obornika na zawartość dostępnych dla roślin makroelementów.

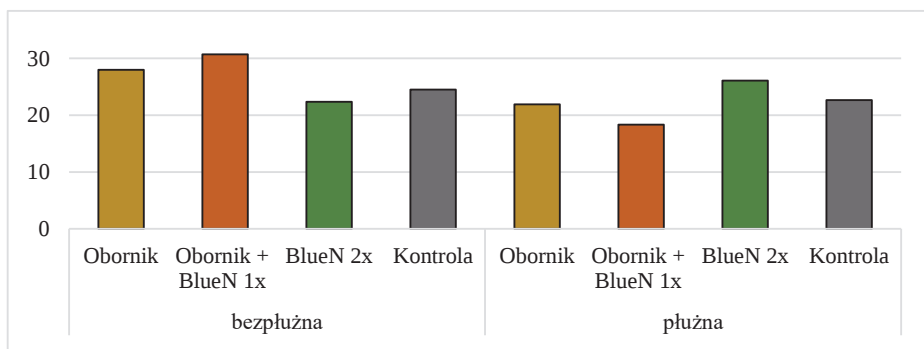


Wykres 93. Zawartość P_2O_5 w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg·100 g⁻¹), 2023 r.

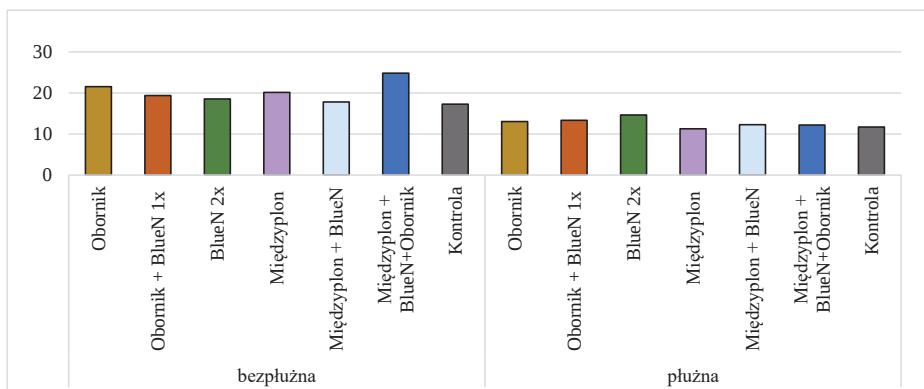




Wykres 94. Zawartość P₂O₅ w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg·100g⁻¹), 2024 r.

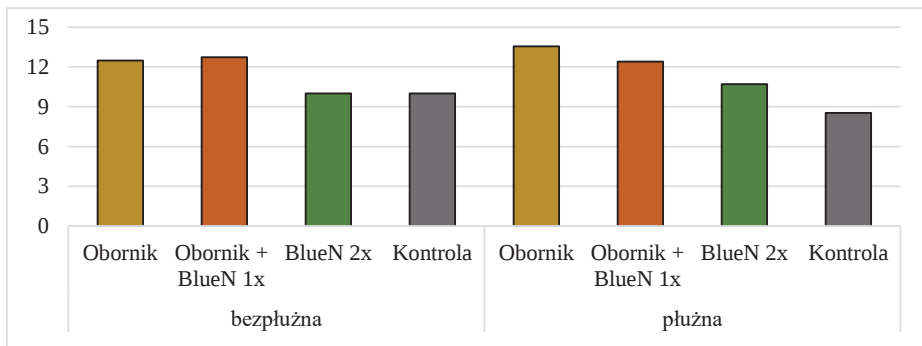


Wykres 95. Zawartość K₂O w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg·100 g⁻¹), 2023 r.

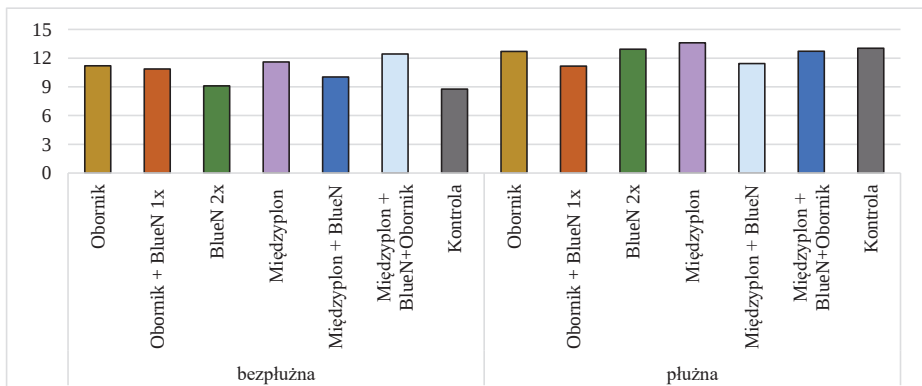


Wykres 96. Zawartość K₂O w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg·100 g⁻¹), 2024 r.

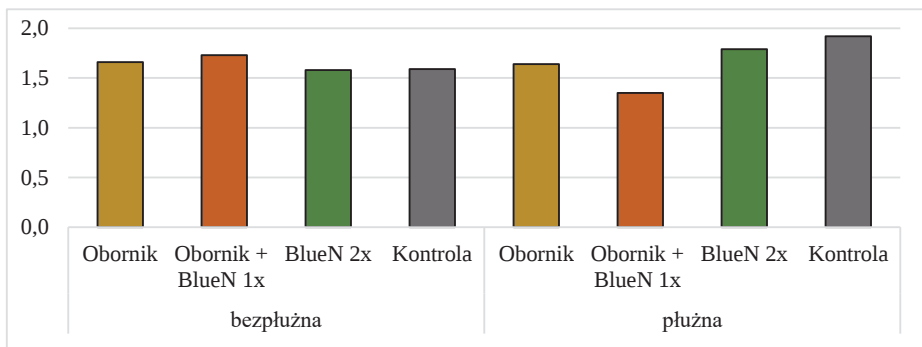




Wykres 97. Zawartość Mg w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), 2023 r.

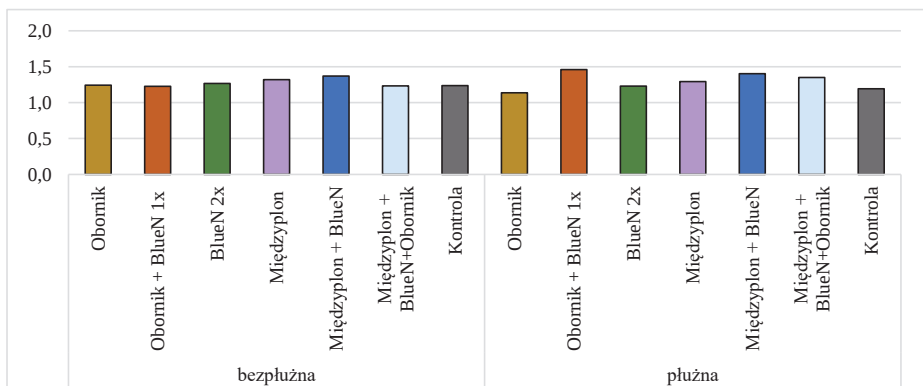


Wykres 98. Zawartość Mg w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), 2024 r.



Wykres 99. Zawartość próchnicy w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (%), 2023 r.





Wykres 100. Zawartość próchnicy w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (%), 2024 r.

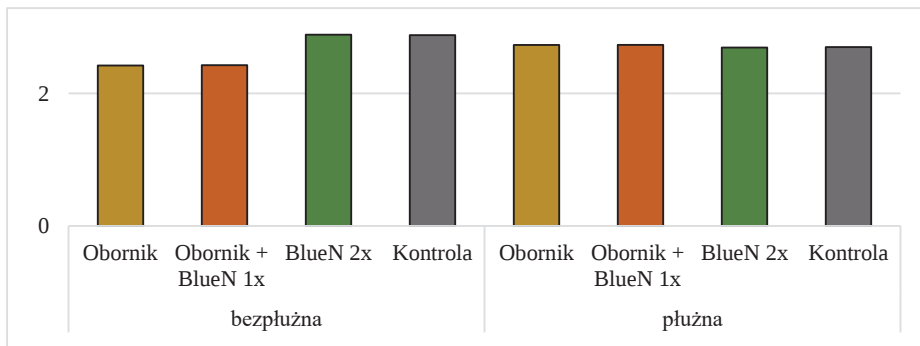


Fot. 12. Pobranie próbek gleby po zbiorach

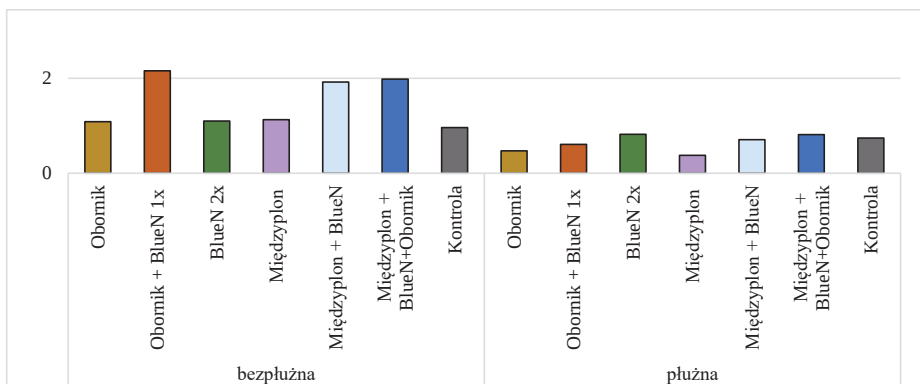
2.4.2. Analiza właściwości biochemicznych gleby

W prowadzonym doświadczeniu nad reakcją genotypu jęczmienia czarnego kapturkowego (*Hordeum vulgare* L. var. *rimpaui* Wittm) na uprawę roli (bezpłuzna i płuzna) oraz nawożenie obornikiem i preparaty stymulujące odżywienie azotem (*Methylobacterium symbioticum*) stwierdzono wpływ wymienionych czynników na aktywność badanych enzymów.





Wykres 101. Aktywność nitroreduktazy w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{mg NO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$), 2023 r.

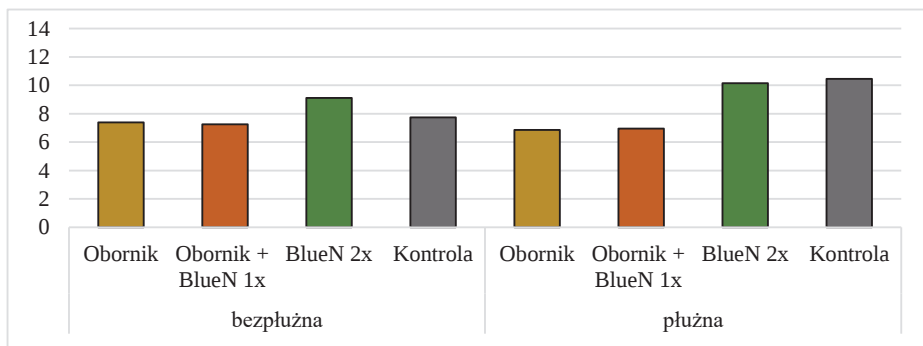


Wykres 102. Aktywność nitroreduktazy w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{mg NO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$), 2024 r.

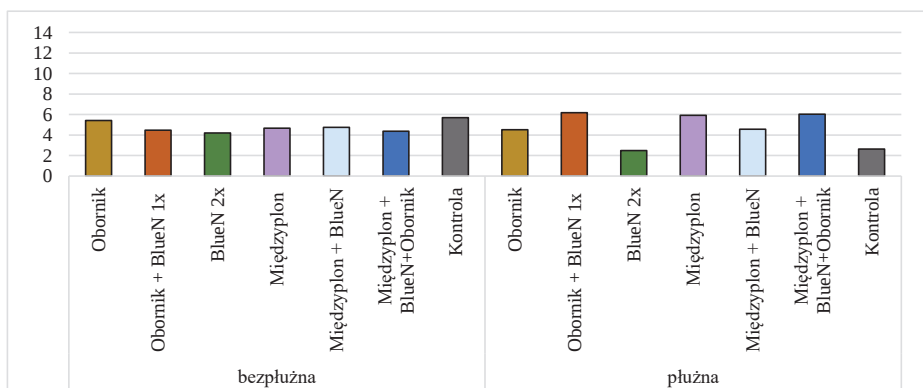
W pierwszym roku prowadzenia eksperymentu polowego nie stwierdzono w glebie pod uprawą jęczmienia wyraźnych różnic w aktywności nitroreduktazy w zależności od różnej uprawy roli i biostymulacji (Wyk. 101). W kolejnym roku badań stwierdzono najwyższą aktywność tego enzymu w uprawie bezpłużnej w glebie pobranej z 3 obiektów: na którym zastosowano obornik wraz z preparatem BlueN oraz z uprawą z międzyplonem z preparatem BlueN oraz po międzyplonie i zastosowaniu preparatu BlueN wraz z obornikiem (Wyk. 102).

W pierwszym roku prowadzenia eksperymentu polowego stwierdzono w glebie pod uprawą jęczmienia wpływ dwukrotnego zastosowania preparatu BlueN na aktywności ureazy zarówno w uprawie płużnej jak i bezpłużnej (Wyk. 103). W kolejnym roku badań stwierdzono średnio o 40% niższą aktywność tego enzymu (Wyk. 104). Najwyższą jego aktywność oznaczono w uprawie płużnej w glebie pobranej z 3 obiektów: na którym zastosowano obornik wraz z preparatem BlueN oraz z uprawą z międzyplonem oraz po międzyplonie i zastosowaniu preparatu BlueN wraz z obornikiem.





Wykres 103. Aktywność ureazy w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{mg NH}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), 2023 r.



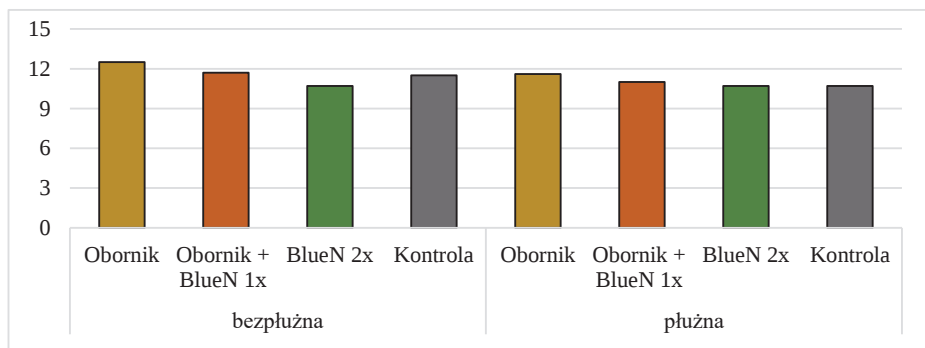
Wykres 104. Aktywność ureazy w glebie po zbiorze jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{mg NH}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), 2024 r.

2.4.3. Analiza cech fizycznych gleby

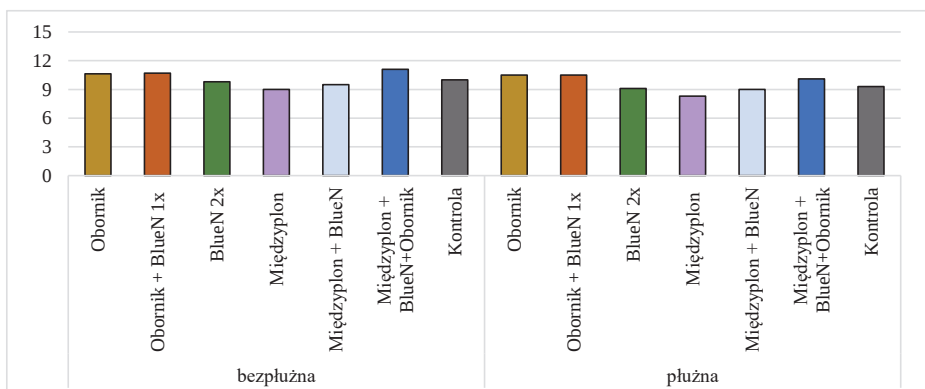
Oceny wilgotności objętościowej gleby oraz jej oporu penetracyjnego tzw. zwięzłości dokonywano corocznie w sposób oraz w terminach analogicznych jak w przypadku badań nad jęczmieniem omówionych wcześniej (w rozdziale 1.4.3). W obu latach badań większej wilgotności gleby pod jęczmieniem kapturkowym sprzyjała uprawa bezpłuzna, na której wartości wilgotności objętościowej były większe (Wyk. 105 i 106). W pierwszym roku badań największe wartości wilgotności obserwowano w warunkach nawożenia gleby obornikiem. Z kolei w drugim roku najkorzystniej na warunki wilgotnościowe gleby pod jęczmieniem kapturkowym wpływała dogłębowa aplikacja biomasy międzyzłonu z obornikiem oraz Blue N. W warunkach uprawy płuznej równie korzystnie na wartości wilgotności wpływało nawożenie gleby obornikiem oraz obornikiem wraz z Blue N.

W pierwszym roku realizacji badań, nawożenie gleby obornikiem, obornikiem z Blue N oraz samym Blue N obniżało opór penetracyjny gleby pod jęczmieniem kapturkowym w warunkach uprawy płuznej (Wyk. 107). Natomiast w kolejnym, tj. 2024 roku, opór penetracyjny gleby pod jęczmieniem kapturkowym



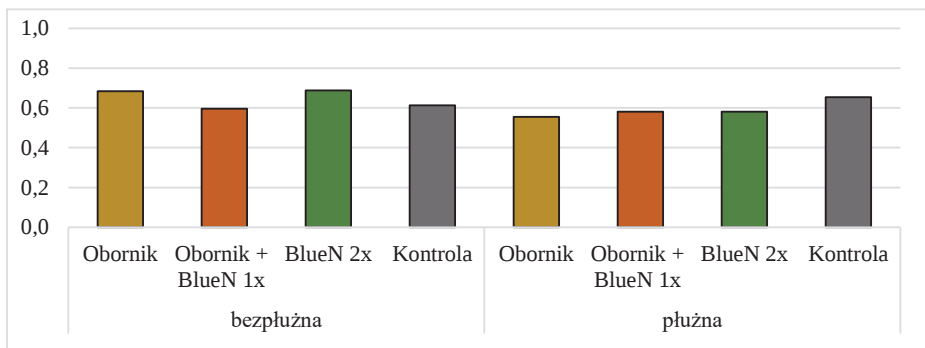


Wykres.105. Wilgotność gleby w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia jęczmienia kapturkowego, średnia z dwóch terminów pomiaru (%VWC), 2023 r.



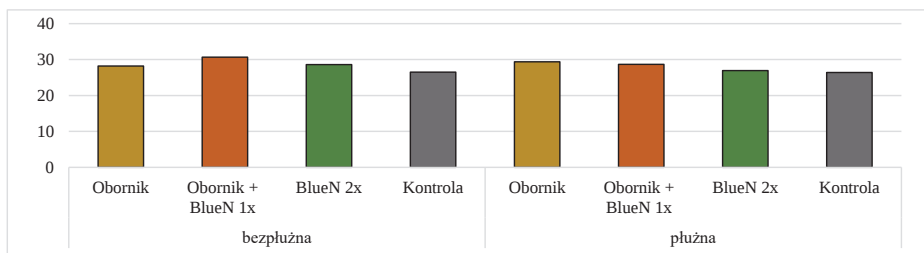
Wykres.106. Wilgotność gleby w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia jęczmienia kapturkowego, średnia z dwóch terminów pomiaru (%VWC), 2024 r.

uprawianym w systemie bezpłuznym okazała się wyraźnie większa niż pod jęczmieniem kapturkowym uprawianym w sposób orkowy. Zaobserwowano, że w warunkach uprawy bezpłuznej stosowanie samego Blue N, aplikacja Blue N z obornikiem lub z biomasą międzyplonu i obornikiem sprzyjała zmniejszeniu zwięzłości warstwy uprawnej gleby (Wyk. 108).



Wykres 107. Zwięzłość (opór penetracyjny) gleby w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia jęczmienia kapturkowego, średnia z dwóch terminów pomiaru (MPa), 2023 r.



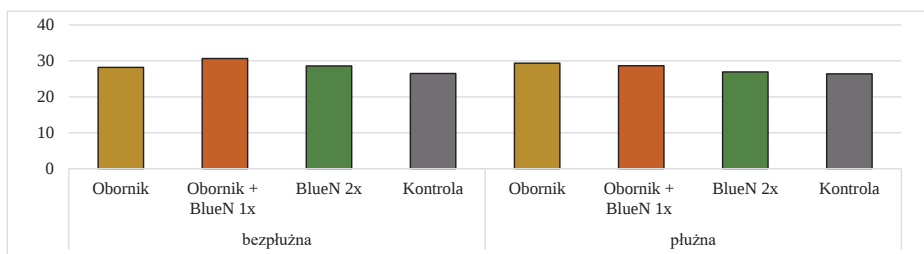


Wykres 108. Zwięźłość (opór penetracyjny) gleby w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia jęczmienia kapturkowego, średnia z dwóch terminów pomiaru (MPa), 2024 r.

2.5. Ocena odżywienia roślin

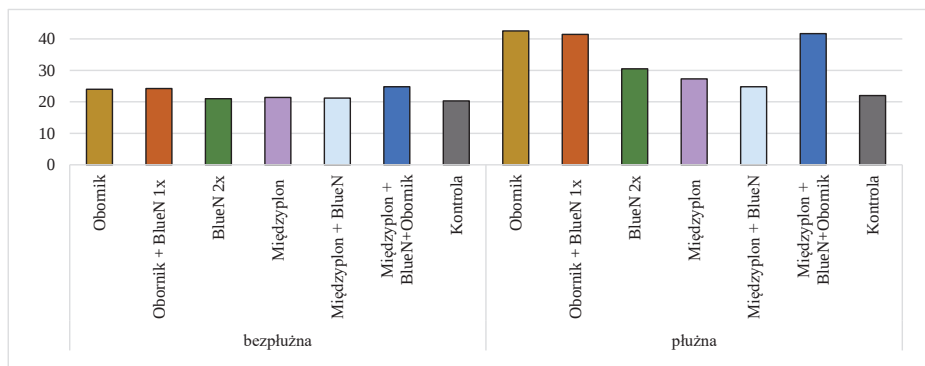
2.5.1. Zawartość N w liściu flagowym i podflagowym

Zawartość N w liściu flagowym i podflagowym jęczmienia jest jednym z mierników stanu odżywienia roślin tym składnikiem. Średnia wartość tego parametru była podobna w 2023 i 2024 roku. W 2023 roku, jęczmień w uprawie plużnej i bezplużnej charakteryzował się podobną zawartością N w liściu flagowym i podflagowym, przy czym zastosowanie samego obornika, obornika z BlueN lub dwukrotna aplikacja preparatu mikrobiologicznego skutkowało zwiększeniem zawartości tego składnika (Wyk. 109). W 2024 roku zdecydowanie większą zawartością N w liściach flagowych i podflagowych charakteryzował się jęczmień w uprawie plużnej (Wyk. 110). W obu systemach uprawy roli (plużnym i bezplużnym) zawartość N w liściach flagowych i podflagowych była największa w obiektach nawożonych samym obornikiem, obornikiem i dodatkową aplikacją preparatu BlueN lub po międzyplonie z obornikiem i preparatem mikrobiologicznym.



Wykres 109. Zawartość N w liściu flagowym i podflagowym jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 2023 r.

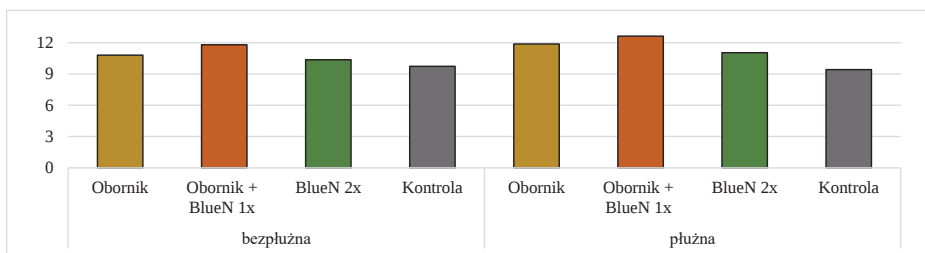




Wykres 110. Zawartość N w liściu flagowym i podflagowym jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), 2024 r.

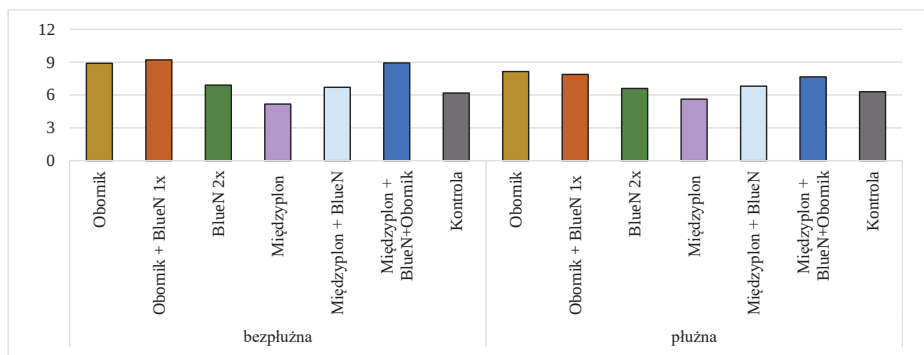
2.5.2. Zawartość N i K w biomase

Na zawartość N w biomacie roślin w fazie kwitnienia bardzo silny wpływ miały warunki pogodowe. W 2024 roku, charakteryzującym się mniejszą sumą opadów w marcu i kwietniu wielkość tego parametru była o 1/3 mniejsza w porównaniu z 2023, w którym opady w tym okresie były większe. W 2023 roku, w obu systemach uprawy roli największą zawartością azotu w biomacie nadziemnej charakteryzował się jęczmień nawożony obornikiem z dodatkową, nalistną aplikacją preparatu BlueN (Wyk. 111). W 2024 roku zawartość N w biomacie była największa w uprawie bezpłuznej jęczmienia, po łącznym zastosowaniu obornika i biostymulatora (Wyk. 112). Bardzo korzystny wpływ na analizowany parametr miało również zastosowanie samego obornika lub łącznym międzyplonu, obornika i biostymulatora. Podobny, korzystny wpływ nawożenia obornikiem na zawartość N w biomacie jęczmienia odnotowano również w uprawie płuznej.



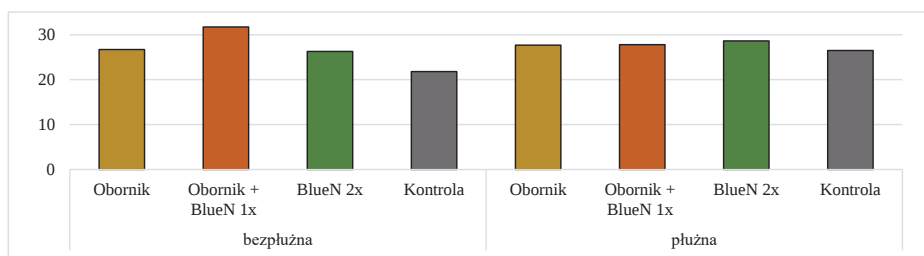
Wykres 111. Zawartość N w biomacie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), 2023 r.





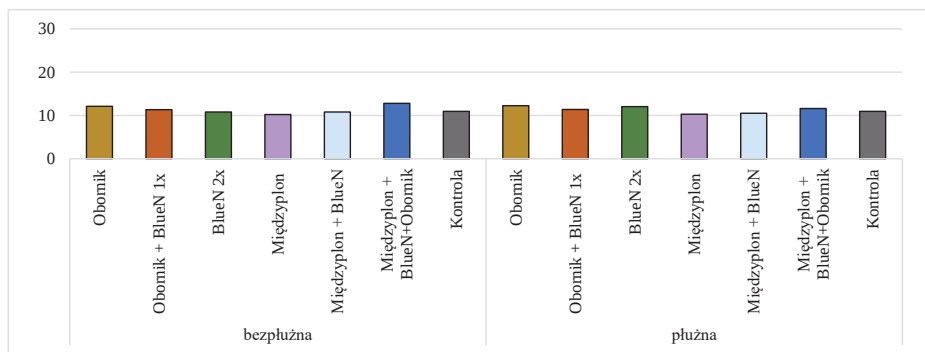
Wykres 112. Zawartość N w biomase jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 2024 r.

Zawartość K w biomase jęczmienia w fazie kwitnienia była bardzo silnie uzależniona od warunków pogodowych w latach badań. W 2023 roku była ona ponad dwukrotnie większa niż w 2024. W 2023 w uprawie bezpłuznej odnotowano bardzo wyraźny, korzystny wpływ łącznego zastosowania obornika i nalistnej aplikacji biostymulatora na zawartość K w biomase (Wyk. 113). Nieco mniejszy, ale również pozytywny był wpływ aplikacji samego obornika lub biostymulatora. W uprawie płuznej różnice obiektów nawożonych/traktowanych biostymulatorem w stosunku do kontroli były niewielkie. W 2024 roku największa zawartość K w biomase odnotowano w uprawie bezpłuznej w jęczmienia po międzyzplonie, nawożonym obornikiem i traktowanym biostymulatorem (Wyk. 114). Z kolei nie odnotowano stymulującego wpływu samego międzyzplonu ani międzyzplonu z biostymulatorem na koncentrację K w biomase jęczmienia.



Wykres 113. Zawartość K w biomase jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 2023 r.



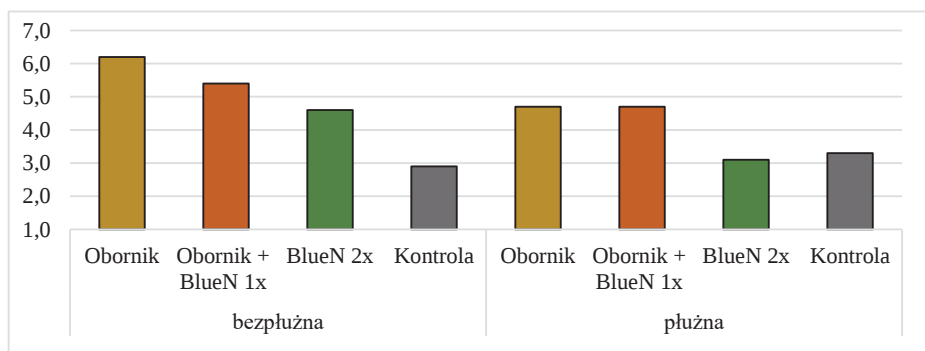


Wykres 114. Zawartość K w biomacie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 2024 r.

2.6. Ocena parametrów fizjologicznych

2.6.1. Fluorescencja chlorofilu

W pierwszym roku badań (Wyk. 115) rośliny jęczmienia kapturkowego wykazywały znacznie większe wartości wskaźnika witalności fotosystemu drugiego (Plabs) liścia podflagowego niż w drugim roku. W 2023 r. w obu systemach uprawy roli nawożenie obornikiem bez aplikacji Blue N oraz z aplikacją tego preparatu wpływało na znaczne zwiększenie wartości wskaźnika funkcjonowania PSII liścia podflagowego w porównaniu z wariantami bez nawożenia naturalnego. Dwukrotna aplikacja Blue N w pierwszym roku badań okazała się skuteczna wyłącznie w bezpłuznym systemie uprawy roli.

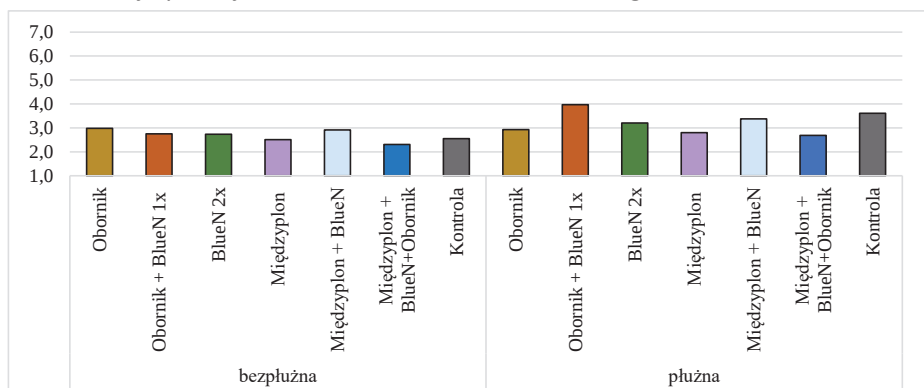


Wykres 115. Wskaźnik funkcjonowania PSII (Plabs) liścia podflagowego jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2023 r.

W 2024 r. rośliny wykazywały największe wartości Plabs liścia podflagowego (Wyk. 116) pod wpływem łącznego nawożenia obornikiem oraz jednokrotnej aplikacji BlueN w warunkach uprawy płuznej. W tym systemie uprawy był to jedyny wariant nawozowy zwiększający Plabs liścia podflagowego jęczmienia kapturkowego w stosunku do kontroli bez nawożenia. W warunkach systemu



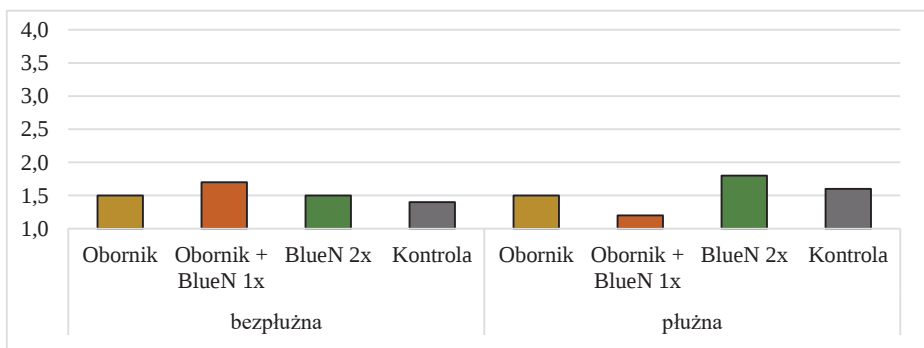
bezpłżnego w 2024 r. najkorzystniejszy wpływ na wskaźnik funkcjonowania PSII liścia podflagowego miała uprawa międzyzplonu w połączeniu z aplikacją nalistną BlueN w trakcie wegetacji jęczmienia. Niewielki wzrost Plabs (Wyk. 116) w stosunku do kontroli w warunkach uprawy bezpłżnej obserwowano również po nawożeniu obornikiem oraz łącznym zastosowaniu obornika i BlueN, a także dwukrotnej aplikacji BlueN bez nawożenia naturalnego.



Wykres 116. Wskaźnik funkcjonowania PSII (Plabs) liścia podflagowego jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2024 r.

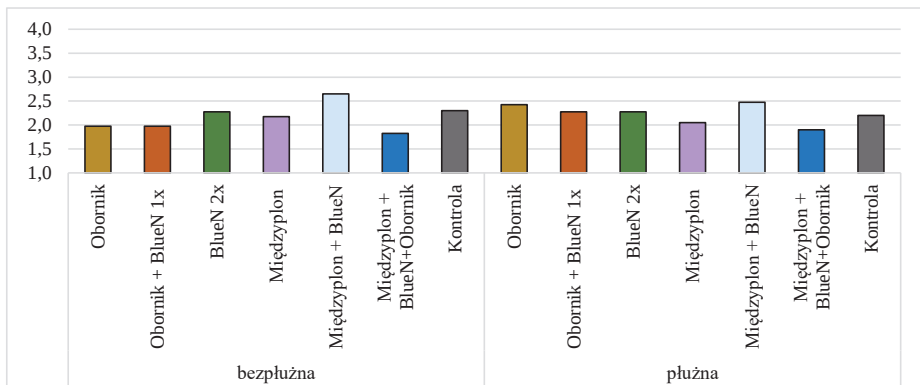
2.6.2. Indeks powierzchni liści LAI

Rośliny jęczmienia kapturkowego w fazie kwitnienia wytworzyły znacznie większą powierzchnię liściową w pierwszym niż w drugim roku badań. W 2023 r. (Wyk. 117) w warunkach uprawy bezpłżnej największy wskaźnik LAI uzyskano pod wpływem nawożenia obornikiem wraz z aplikacją nalistną BlueN. W warunkach uprawy płżnej najkorzystniej na ten parametr wpływała dwukrotna biostymulacja preparatem BlueN. W drugim roku badań (Wyk. 118) największym wskaźnikiem LAI w obu systemach uprawy roli charakteryzował się jęczmień uprawiany po międzyzplonie zastosowaniu preparatu BlueN. Dwukrotne zastosowanie BlueN w podobny sposób wpłynęło na wskaźnik LAI jęczmienia w obu systemach uprawy.



Wykres 117. Wskaźnik powierzchni liściowej (LAI) jęczmienia kapturkowego w fazie kwitnienia w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2023 r.





Wykres 118. Wskaźnik powierzchni liściowej (LAI) jęczmienia kapturkowego w fazie kwitnienia w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2024 r.

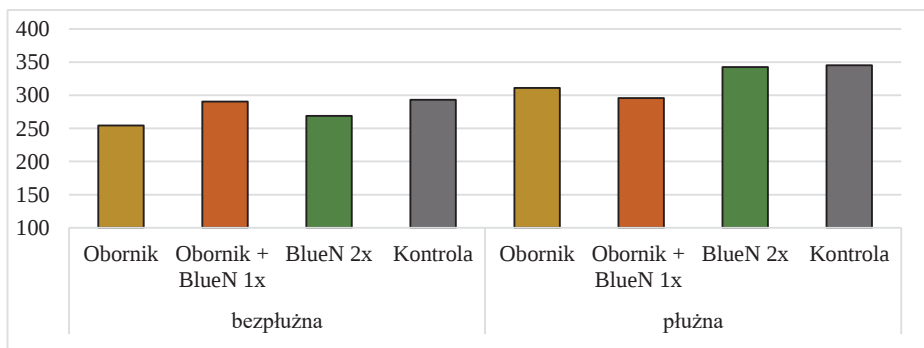


Fot. 13. Pomiar powierzchni liści

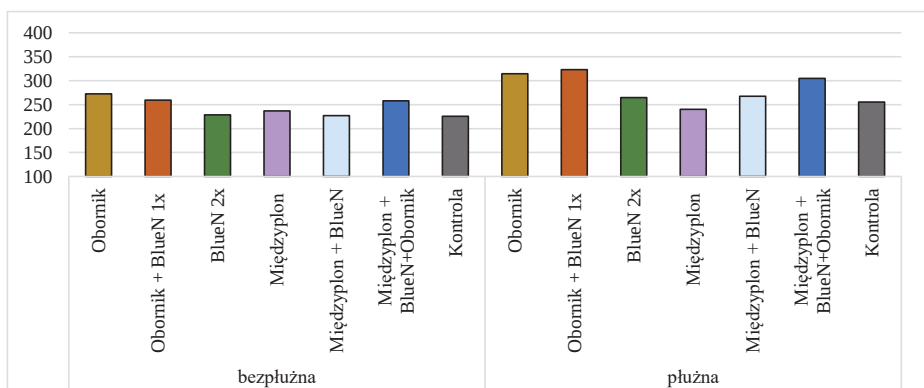
2.6.3. Indeks chlorofilu SPAD

Wskaźnik zieloności liścia podflagowego (SPAD) jęczmienia kapturkowego w obu latach badań kształtował się na podobnym poziomie. W pierwszym roku badań (Wyk. 119) nie potwierdzono korzystnego wpływu testowanych sposobów nawożenia na ten parametr. Nieco większą wartość SPAD obserwowano w warunkach uprawy płużnej niż w systemie uproszczonym. W drugim roku badań zarówno w systemie uproszczonym jak i płużnym najkorzystniej na SPAD liścia podflagowego jęczmienia wpływały kombinacje nawozowe z udziałem obornika (Wyk. 120). Największą wartość tego parametru uzyskano w warunkach uprawy płużnej pod wpływem nawożenia obornikiem z jednokrotną aplikacją nalistną BlueN.





Wykres 119. Indeks zieloności (SPAD) liścia podflagowego jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2023 r.



Wykres 120. Indeks zieloności (SPAD) liścia podflagowego jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2024 r.



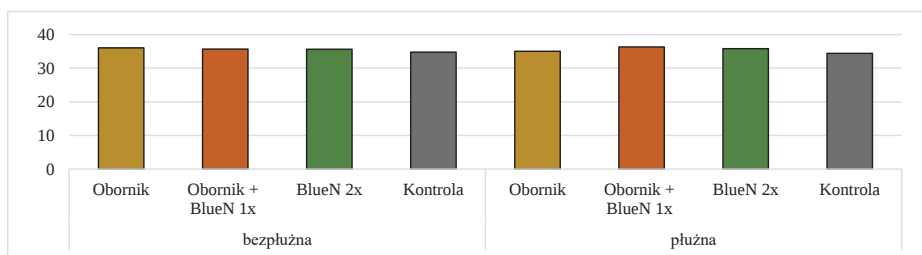
Fot. 14. Pomiar zieloności liści



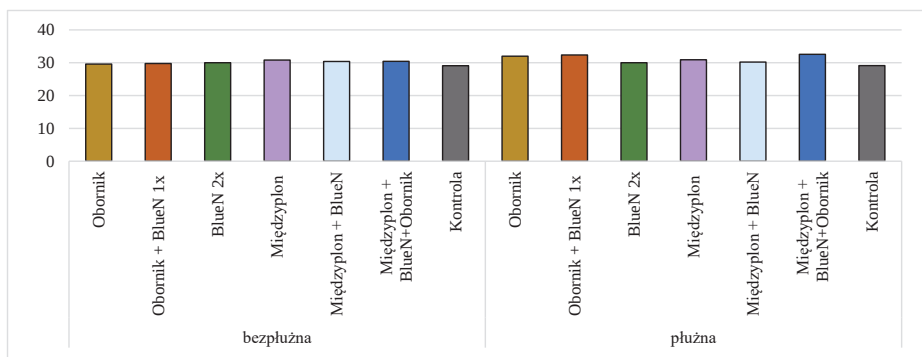
2.7. Laboratoryjna ocena jakości ziarna

2.7.1. Ocena towaroznawcza

Podstawowym miernikiem w ocenie towaroznawczej jest masa tysiąca nasion (MTZ). Wielkość tego parametru była większa o 14 % w roku 2023 w porównaniu z 2024. W 2023, w uprawie płuznej i bezpłuznej najmniejszą masą tysiąca ziaren charakteryzował się jęczmień w obiekcie kontrolnym (Wyk. 121). W 2024 roku korzystny wpływ na tą cechę ziarna miała uprawa płuzna oraz zastosowanie samego obornika, obornika z biostymulatorem a także międzyplonu z obornikiem i biostymulatorem (Wyk. 122).



Wykres 121. Masa tysiąca ziaren jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2023 r.



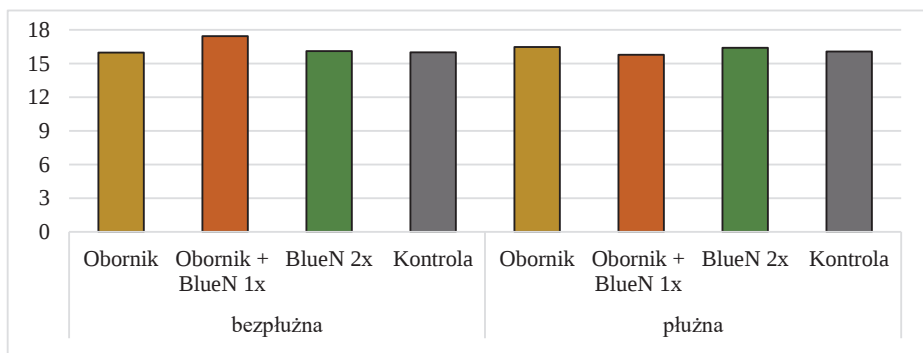
Wykres 122. Masa tysiąca ziaren jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2024 r.

2.7.2. Zawartość makro i mikroelementów

Rok 2023 okazał się korzystniejszy pod względem średniej zawartości azotu (a tym samym białka) w ziarnie badanego zboża. W 2024 roku wartość tej cechy była mniejsza o 2,2%.

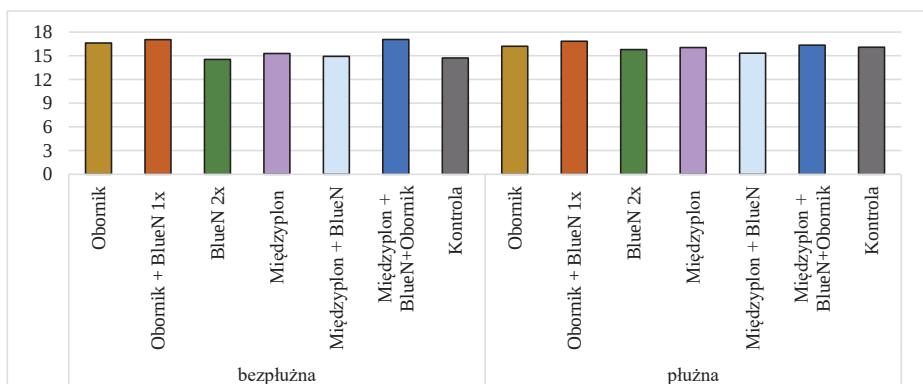
W 2023 roku największą zawartość azotu w ziarnie jęczmienia uzyskano w wyniku uprawy bezpłuznej po łącznej aplikacji obornika i preparatu mikrobiologicznego BlueN (Wyk. 123). Z kolei w uprawie płuznej najkorzystniejszym wariantem dla wartości omawianej cechy było zastosowanie nawozu naturalnego.





Wykres 123. Zawartość azotu w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.), 2023 r.

W drugim roku realizacji doświadczenia najkorzystniejsza w stosunku do zawartości azotu w ziarnie okazała się również uprawa bezpłuzna, ale w połączeniu z zastosowaniem międzyplonu, biostymulatora BlueN i obornika lub z aplikacją biostymulatora BlueN i obornika (Wyk. 124). Nieco niższą wartość tej cechy odnotowano przy uprawie płuznej z jednoczesną aplikacją nawozu naturalnego i preparatu stymulującego.



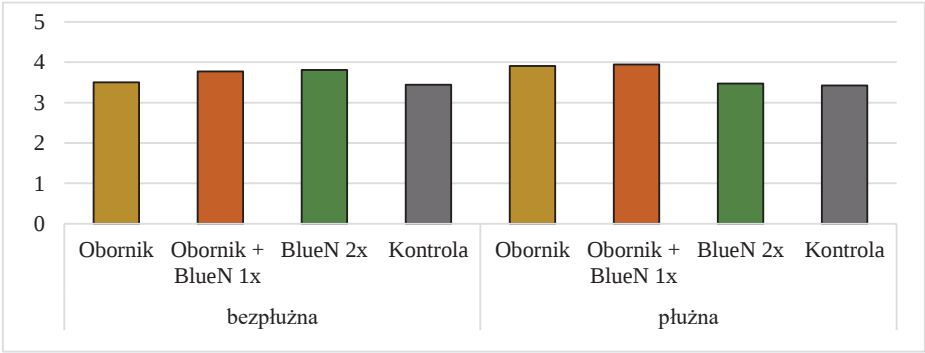
Wykres 124. Zawartość azotu w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.), 2024 r.

Należy zwrócić uwagę, że 2023 i 2024 roku średnio, niezależnie od pozostałych badanych czynników, najkorzystniejsze zawartości azotu w ziarnie jęczmienia kapturkowego stwierdzono w wyniku nawożenia w postaci obornika i preparatu BlueN. Z kolei w pierwszym roku lepszym okazał się sposób uprawy bezpłuzny, a w drugim płuzny.

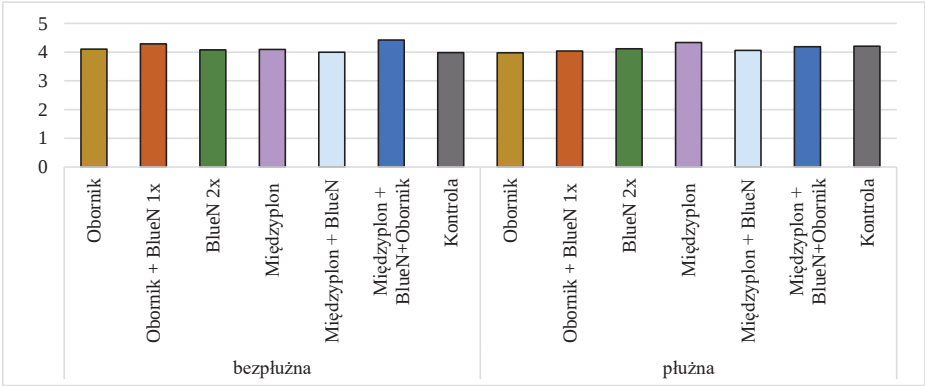
W 2023 roku największą zawartość fosforu w ziarnie jęczmienia odnotowano w wyniku systemu płuznego po łącznej aplikacji obornika i preparatu mikrobiologicznego BlueN (Wyk. 125). Natomiast w drugim roku prowadzenia badań najkorzystniejszym wariantem dla wartości omawianej cechy była uprawa



bezpłuzna z zastosowaniem międzyplonu oraz aplikacją nawozu naturalnego i preparatu mikrobiologicznego BlueN (Wyk. 126).



Wykres 125. Zawartość fosforu w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (g·kg⁻¹ s.m.), 2023 r.



Wykres 126. Zawartość fosforu w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (g·kg⁻¹ s.m.), 2024 r.

Ziarno jęczmienia zebrane w pierwszym roku realizacji doświadczenia polowego w Wolkowie cechowało się mniejszą średnią zawartością składników mineralnych (z wyjątkiem wapnia i magnezu) w stosunku do wartości odnotowanej dla plonu głównego w 2024 roku. W przypadku fosforu różnica ta wynosiła 18,7%, potasu – 0,93%, miedzi – 74,5%, cynku – 69,5%, żelaza – 21,9% i manganu – 70,2%.

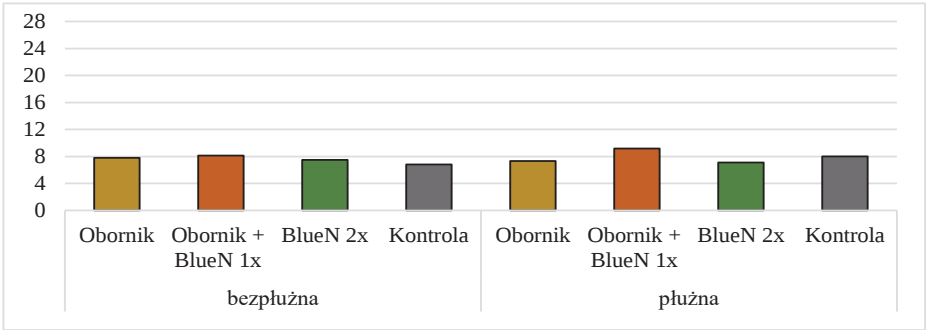
Uprawa bezorkowa oraz dwukrotny oprysk preparatem BlueN plantacji jęczmienia w 2023 roku zdecydował o uzyskaniu największych zawartości w ziarnie K i Mg. W kolejnym roku podwójna aplikacja biostymulatora okazała się również najskuteczniejsza, ale po uprawie płuznej. Natomiast najwyższa zawartość Ca w ziarnie była w największym stopniu determinowana uprawą bezpłuzną oraz aplikacją obornika i preparatu BlueN (2023 r.) lub obornika (2024 r.).

W przypadku analizowanych w eksperymencie zawartości mikroelementów w ziarnie jęczmienia nie stwierdzono kierunkowych zmian. W pierwszym roku

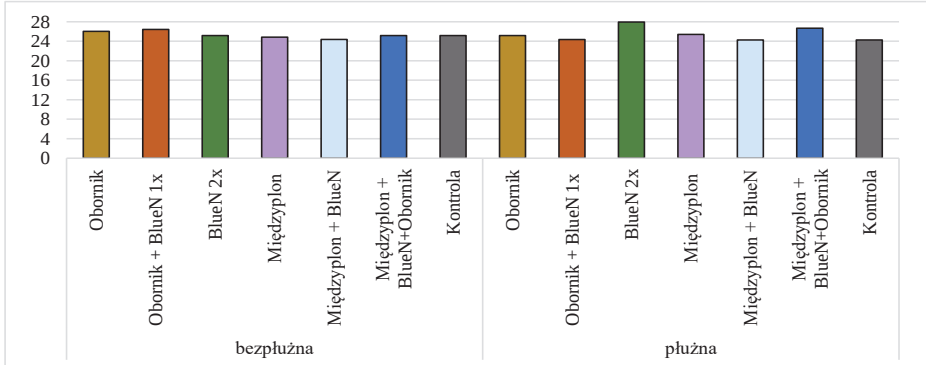


największe zawartości Cu, Fe oraz Mn w plonie głównym odnotowano po uprawie płuznej i na obiektach odpowiednio: kontrolnym, z aplikacją obornika i preparatu BlueN oraz nawozu naturalnego. W 2024 roku najwyższą zawartość Cu i Fe w ziarnie testowanego zboża stwierdzono na poletkach z uprawą płuzną i odpowiednio: aplikacją obornika+BlueN i dwukrotnym opryskiem biostymulatora. Zawartość manganu była najsilniej determinowana uprawą bezpłuzną i aplikacją nawozu naturalnego. Natomiast największą zawartość cynku w ziarnie jęczmienia w 2023 r. uzyskano po aplikacji obornika i jednorazowym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego BlueN w uprawie płuznej (Wyk. 127). Ten sam system uprawy był również najkorzystniejszy dla wartości tej cechy w kolejnym roku prowadzenia doświadczenia, ale w połączeniu z podwójnym opryskiem badanego biostymulatora (Wyk. 128).

Średnie dla efektów głównych wskazują, że w 2023 oraz 2024 roku najwyższe zawartości mikroelementów ziarnie jęczmienia uzyskano: i) dla Cu na obiektach kontrolnych po uprawie płuznej; ii) dla Zn na obiektach z aplikacją obornika i BlueN po uprawie orkowej oraz bezorkowej; iii) dla Fe na obiektach z aplikacją obornika i BlueN po uprawie płuznej; iiii) dla Mn na obiektach z aplikacją obornika po uprawie płuznej oraz bezpłuznej.



Wykres 127. Zawartość cynku w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg·kg⁻¹ s.m.), 2023 r.



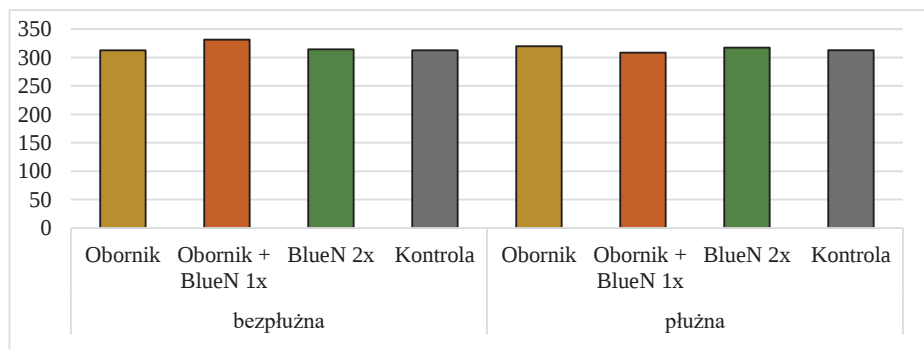
Wykres 128. Zawartość cynku w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg·kg⁻¹ s.m.), 2024 r.

2.7.3. Udział aminokwasów w białku ziarna

Zawartości oznaczanych aminokwasów w białku ziarna jęczmienia kapturkowego w pierwszym roku badań (2023) były najwyższe na poletkach doświadczalnych, na których zastosowano uprawę bezpłuną oraz aplikowano obornik i preparat BlueN. Takie same zależności w stosunku do zawartości asparaginy, kwasu glutaminowego, izoleucyny, leucyny, tyrozyny i lizyny stwierdzono w 2024 roku. Natomiast treonina, seryna, prolina, glicyna, metionina, fenyloalanina, histydyna i arginina charakteryzowały się najwyższymi wartościami na obiektach, gdzie zastosowano również uprawę bezpłuną, nawóz naturalny i preparat stymulujący, ale dodatkowo wsiewany był międzyplon.

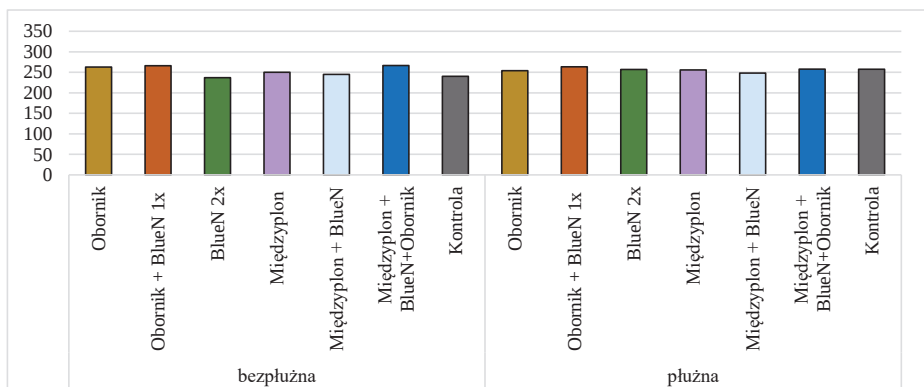
W 2023 roku odnotowano zdecydowanie korzystniejszą sumę aminokwasów egzogennych w białku ziarna jęczmienia kapturkowego. Następny rok doświadczenia charakteryzował się mniejszą aż o 19,6% wartością tej cechy.

W pierwszym roku badań najwięcej aminokwasów egzogennych odnotowano w białku ziarna jęczmienia zebranego z poletek z uprawą bezpłuną i nawożeniem obornikiem łącznie z jednorazową dawką preparatu BlueN (Wykres 129). Natomiast w 2024 roku suma omawianych aminokwasów była największa w białku ziarna uzyskanego z dwóch obiektów doświadczalnych, tj. obiektu przy uprawie bezpłunnej, z aplikacją obornika i preparatu BlueN (tak jak w 2023 roku) oraz obiektu, gdzie dodatkowo był zastosowany międzyplon (Wykres 130). Takie same zależności stwierdzono dla sumy aminokwasów endogennych w obydwu latach prowadzenia doświadczenia.



Wykres 129. Suma aminokwasów egzogennych w białku ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (g·kg⁻¹ białka), 2023 r.





Wykres 130. Suma aminokwasów egzogennych w białku ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ białka), 2024 r.

Należy zauważyć, że średnie dla efektów głównych w obydwu latach badań wskazują na najkorzystniejsze łączne działanie obornika z preparatem stymulującym BlueN na sumy, zarówno aminokwasów egzo- jak i endogennych w białku ziarna jęczmienia kapturkowego. Z kolei w 2023 roku lepszym w stosunku do wartości tych sum okazał się system bezpłuzny, a w 2024 roku system orkowy.

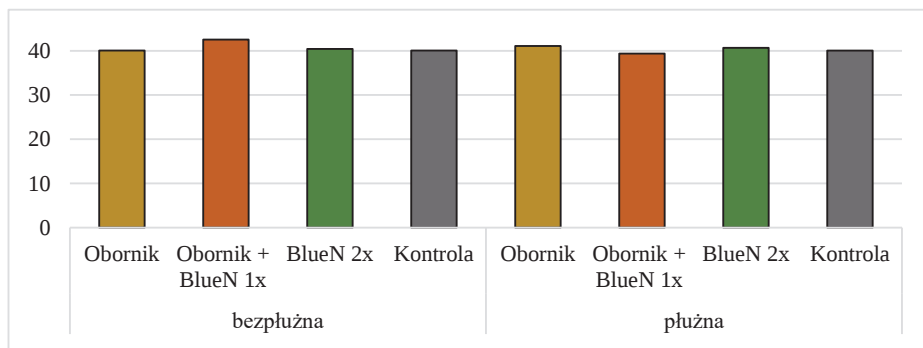
Ziarno jęczmienia zebrane w pierwszym roku prowadzenia eksperymentu polowego charakteryzowało się wyższą średnią wartością wskaźnika aminokwasów egzogennych WAE białka w porównaniu do wartości tej cechy odnotowanej w 2024 roku. Różnica ta wynosiła 18,3%.

W 2023 roku największą wartość WAE białka ziarna badanego zboża uzyskano w uprawie bezpłuznej, po aplikacji obornika i preparatu mikrobiologicznego BlueN. W następnym roku badań stwierdzono, że powyższy wskaźnik był największy w białku ziarna zebranego z dwóch obiektów doświadczalnych, tj. obiektu przy uprawie bezpłuznej, z aplikacją obornika i preparatu BlueN (tak jak w 2023 roku) oraz obiektu, gdzie dodatkowo był wysiany międzyplon.

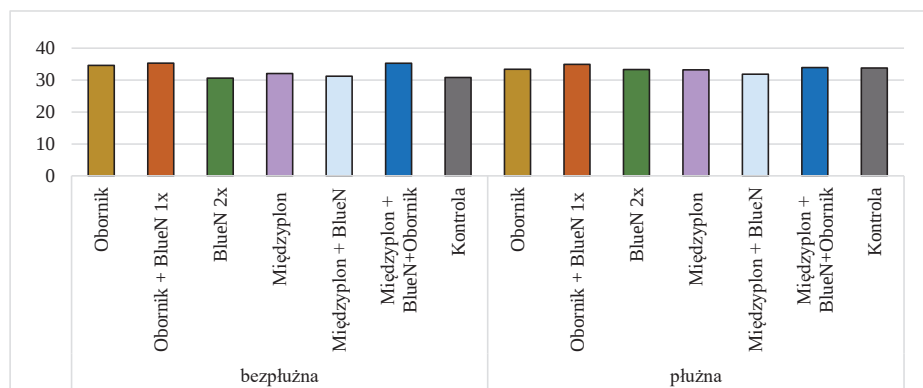
Średnie dla efektów głównych pozwalają zauważyć, że w obydwu latach prowadzenia eksperymentu polowego w Wolkowie, wartość WAE była najwyższa po zastosowaniu uprawy bezpłuznej oraz po łącznej aplikacji obornika i preparatu stymulującego BlueN.

Wskaźnik CS w 2023 roku, zarówno dla lizyny (Wyk. 131) i metioniny, osiągnął najwyższe wartości na poletkach z zastosowaną uprawą bezpłuzną i nawożeniem naturalnym z jednorazową aplikacją preparatu BlueN. W kolejnym roku najwyższe CS dla wymienionych aminokwasów odnotowano na obiekcie z tym samym systemem uprawy, przy nawożeniu obornikiem i biostymulatorem wzrostu oraz obiekcie, gdzie jeszcze dodatkowo zastosowano międzyplon (Wyk. 132).





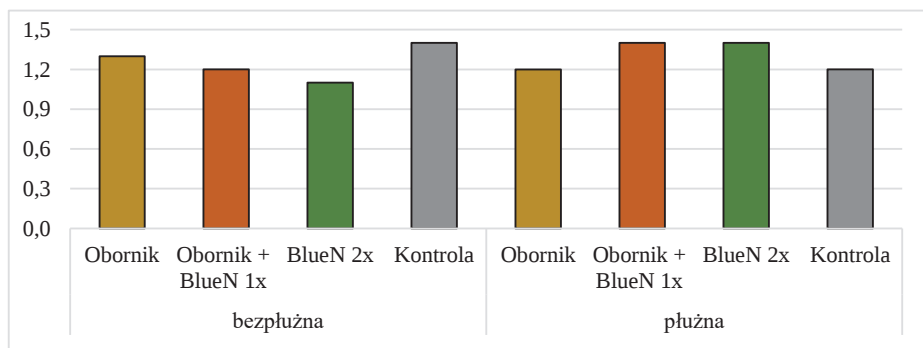
Wykres 131. Wartość wskaźnika CS lizyny w białku ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2023 r.



Wykres 132. Wartość wskaźnika CS lizyny w białku ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2024 r.

2.7.4. Zawartość substancji redukujących, skrobi oraz składników bioaktywnych

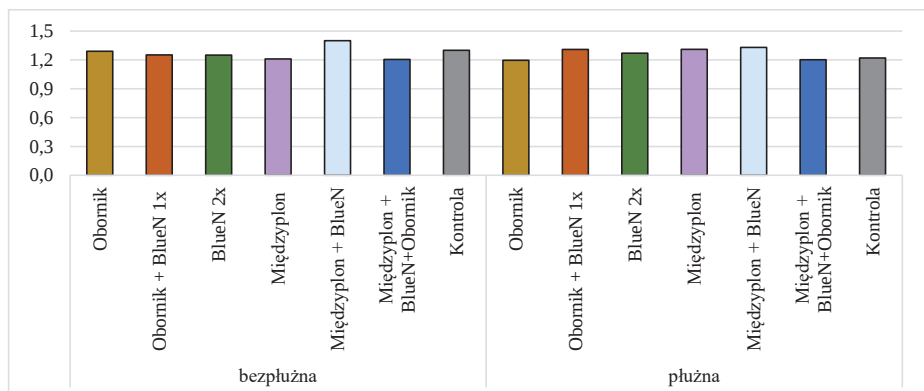
Sposób uprawy roli i nawożenie obok właściwości odmiany i czynników środowiskowych determinują skład chemiczny ziarna. Stąd w kolejnym etapie



Wykres 133. Zawartość substancji redukujących w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2023 r.

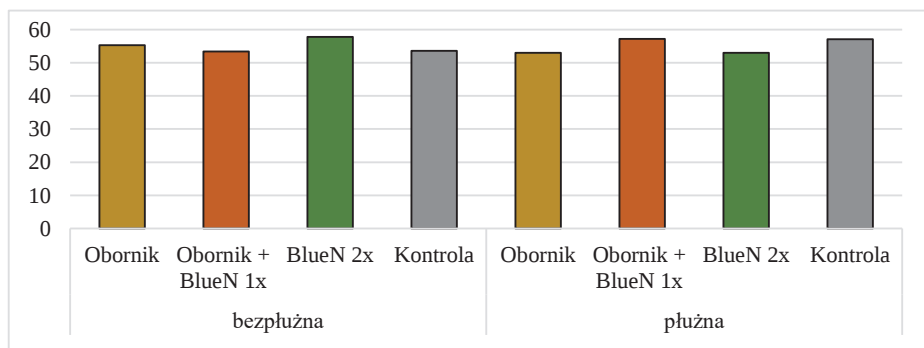


badan oceniono wpływ nawożenia organicznego, biostymulacji i zastosowania międzyplonu ozimego na skład chemiczny i zawartość związków bioaktywnych w ziarnie jęczmienia kapturkowego.



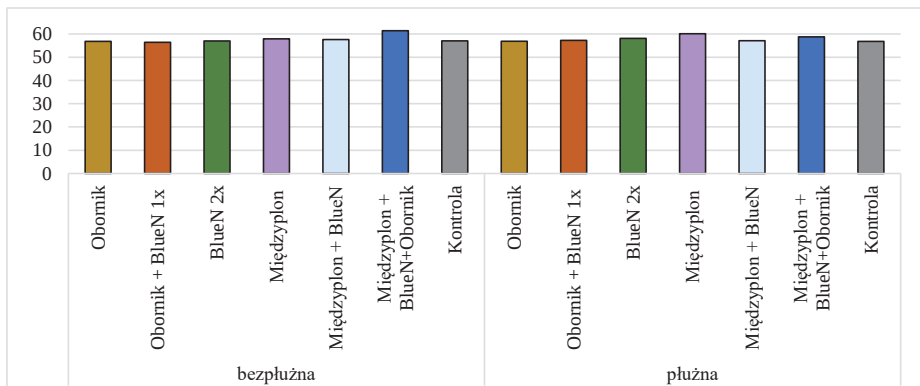
Wykres 134. Zawartość substancji redukujących w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2024 r.

W 2023 r. największą zawartość związków redukujących (1,4% s.s.) odnotowano w uprawie płuznej po jednorazowym zastosowaniu dawki obornika i preparatu mikrobiologicznego oraz po dwukrotnej biostymulacji (Wyk. 133). Natomiast w kolejnym roku badań największą zawartością substancji redukujących (1,4% s.s.) charakteryzowało się ziarno z uprawy bezpłuznej z zastosowaną wielogatunkową mieszanką międzyplonową i biostymulatorem (Wyk. 134). Zawartość skrobi w ziarnie jęczmienia kapturkowego w 2023 r. wahała się w granicach od 53% s.s. do 57,8% s.s. (Wyk. 135). Uprawa płuzna i dwukrotna stymulacja preparatem mikrobiologicznym wpłynęła na wzrost zawartości skrobi. W kolejnym roku prowadzenia doświadczenia największą zawartość skrobi (61,4% s.s.) odnotowano w ziarnie z uprawy bezpłuznej z zastosowaną mieszanką międzyplonową, obornikiem i preparatem mikrobiologicznym (Wyk. 136).



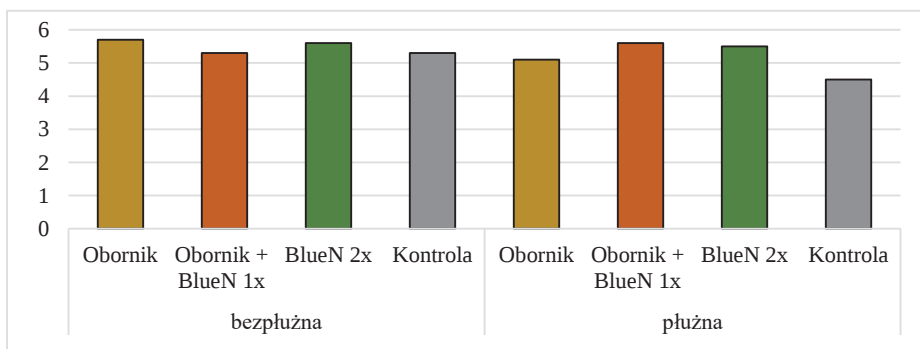
Wykres 135. Zawartość skrobi w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2023 r.





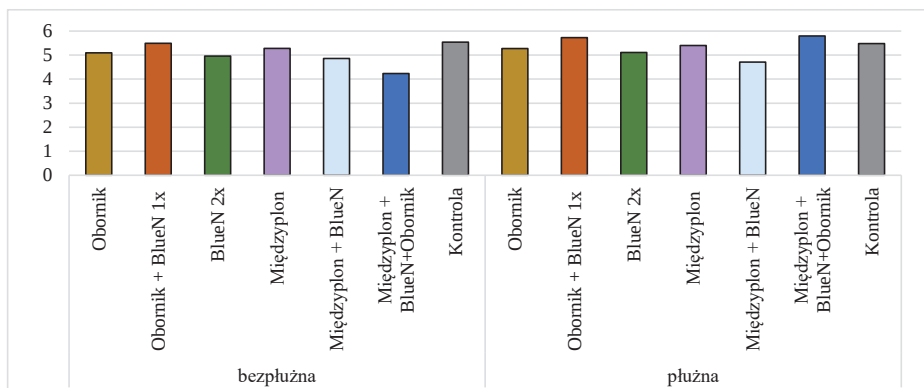
Wykres 136. Zawartość skrobi w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2024 r.

Zawartość β -glukanów w jęczmieniu kapturkowym wahała się od 4,5% s.s. do 5,7% s.s. w 2023 r. (Wyk. 137) i od 4,2% s.s. do 5,8% s.s. w 2024 r. (Wyk. 138). Największe stężenia odnotowano w ziarnie z uprawy bezpłuznej z zastosowaną dawką obornika (2023 r.) oraz z uprawy płuznej z zastosowaną mieszanką międzyplonową, obornikiem i preparatem mikrobiologicznym (2024 r.). W 2023 r. prowadzenia doświadczenia polowego zastosowane zabiegi agrotechniczne nie wpłynęły na zawartość błonnika pokarmowego (Wyk. 139). Największą jego zawartość odnotowano w obiekcie kontrolnym (34,5% s.s.). Z kolei w kolejnym roku badań (Wyk. 140) uprawa bezpłuzna z zastosowaną mieszanką międzyplonową, obornikiem i preparatem mikrobiologicznym sprzyjała kumulacji błonnika pokarmowego (35,5% s.s.).

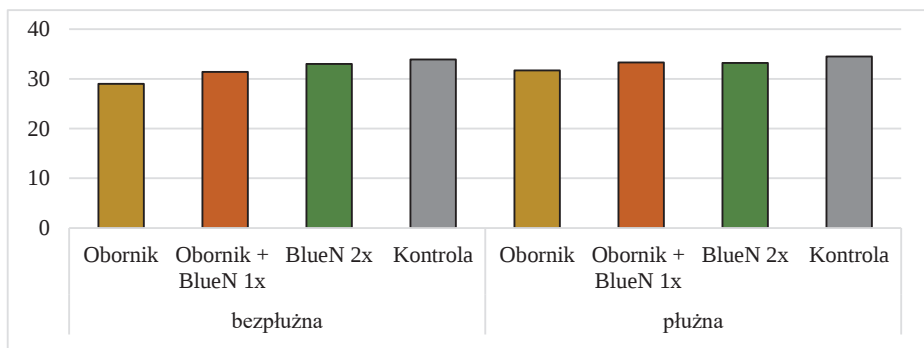


Wykres 137. Zawartość β -glukanów ogółem w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2023 r.

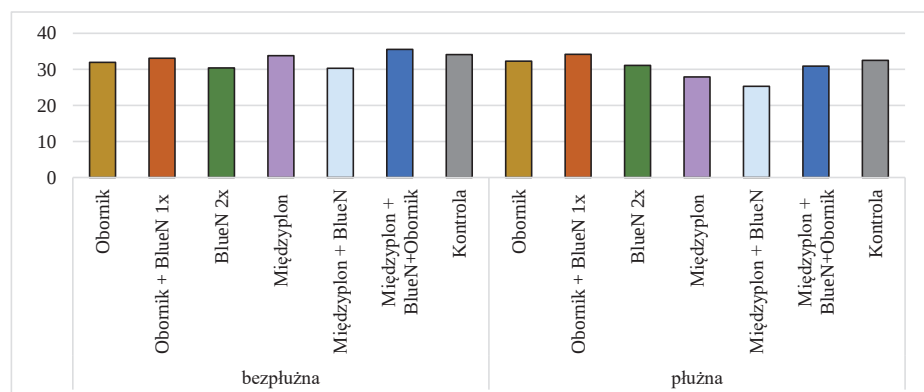




Wykres 138. Zawartość β -glukanów ogółem w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2024 r.



Wykres 139. Zawartość błonnika ogółem w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2023 r.



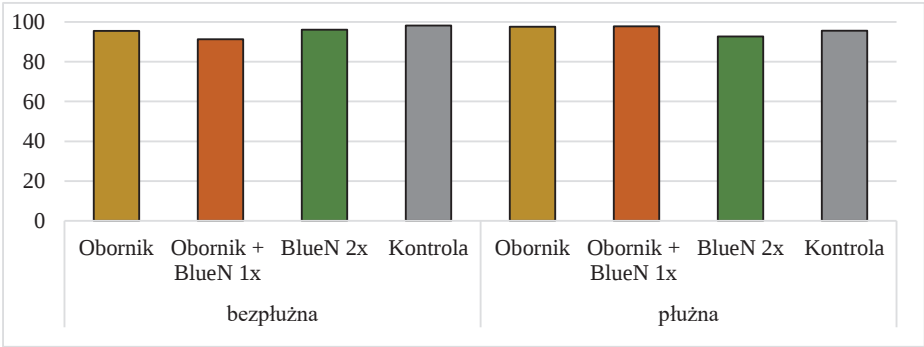
Wykres 140. Zawartość błonnika ogółem w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2024 r.

2.7.5. Zdolność i energia kiełkowania

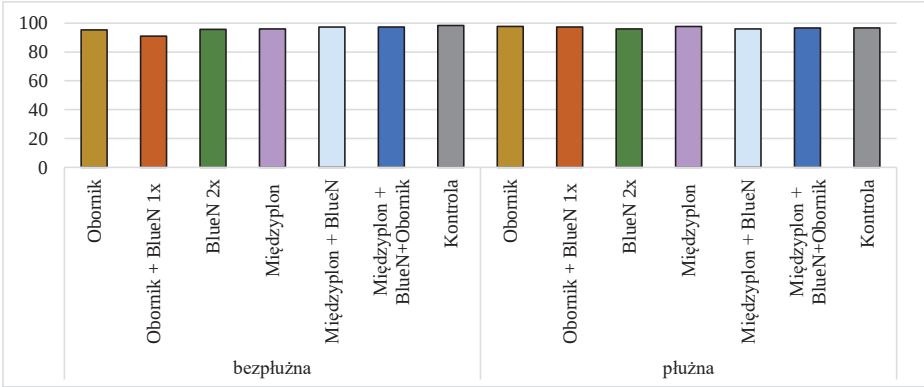
Energia kiełkowania określa stan fizjologiczny ziarna i jest miarą jego żywotności. Pożądana jest wysoka jej wartość, co najmniej 85%. Sprzyja temu dobre



wyrównanie ziarna, przy jak największym udziale ziarna celnego, które nie przesiewa się przez sito o średnicy oczek 2,5 mm. Ziarno to powinno być zdrowe i nieuszkodzone. Na energię kiełkowania ziarna wpływają przede wszystkim warunki klimatyczne, następnie czynniki agrotechniczne i w mniejszym stopniu właściwości odmianowe.



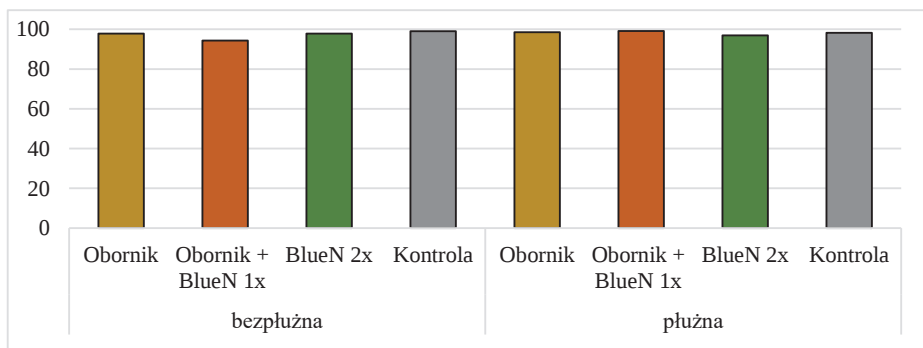
Wykres 141. Energia kiełkowania ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (%), 2023 r.



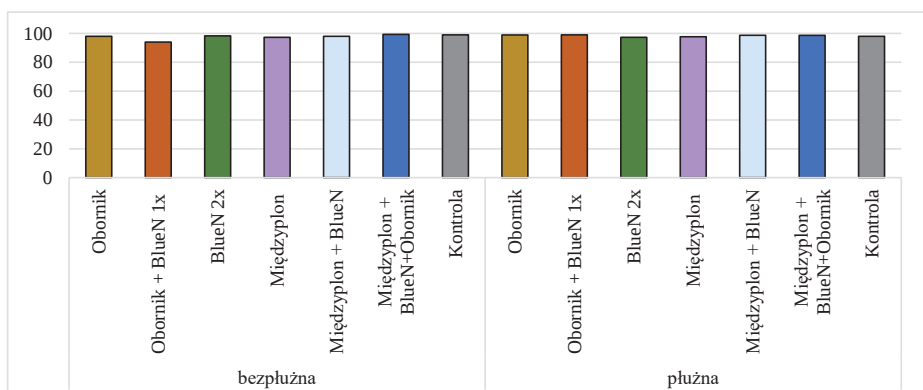
Wykres 142. Energia kiełkowania ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (%), 2024 r.

W obu latach prowadzenia doświadczenia ziarno charakteryzowało się wysoką energią kiełkowania od 91% do 98% niezależnie od sposobu uprawy roli i nawożenia (Wyk. 141 i 142). Podobnie zdolność kiełkowania kształtowała się na zbliżonym poziomie i wahała od 94% do 99% zarówno w 2023 r. jak i 2024 r. (Wyk. 143 i 144).





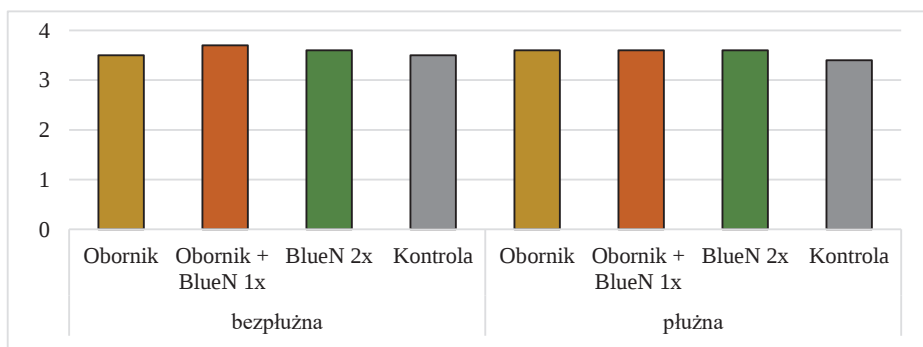
Wykres 143. Zdolność kiełkowania ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (%), 2023 r.



Wykres 144. Zdolność kiełkowania ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (%), 2024 r.

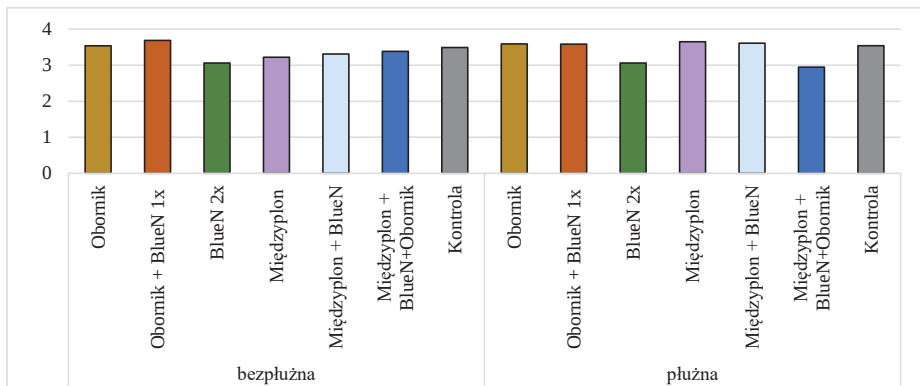
2.7.6. Zawartość związków fenolowych i aktywność przeciwutleniająca

W 2023 r. największą zawartość związków fenolowych ($3,7 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) odnotowano w uprawie bezpłuznej po jednorazowym zastosowaniu dawki



Wykres 145. Suma związków fenolowych w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{mg kwasu ferulowego} \cdot \text{g}^{-1}$), 2023 r.

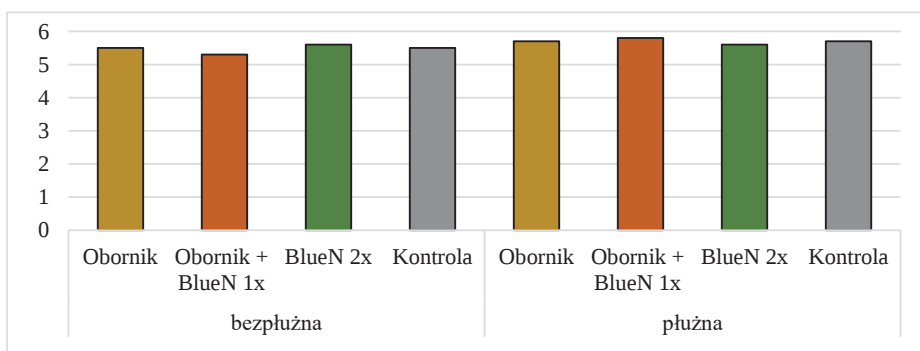




Wykres 146. Suma związków fenolowych w ziarnie jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg kwasu ferulowego·g⁻¹), 2024 r.

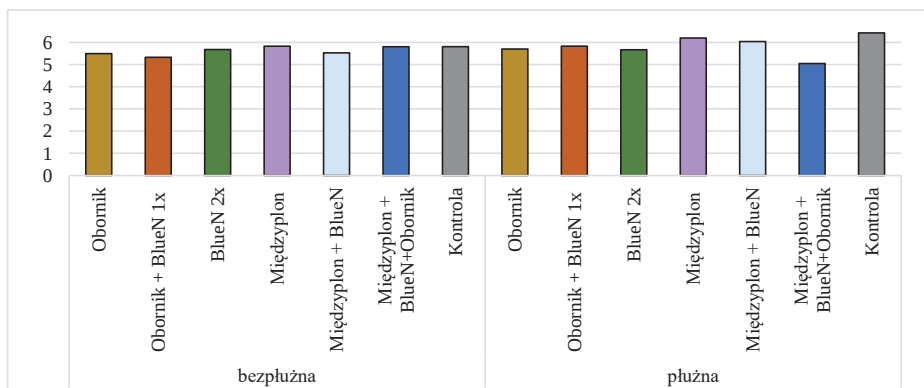
obornika i preparatu mikrobiologicznego (Wyk. 145). W kolejnym roku prowadzenia doświadczenia zarówno uprawa bezpłuzna jak i płuzna z jednorazową dawką obornika i preparatu mikrobiologicznego sprzyjała największej kumulacji związków fenolowych (Wyk. 146).

Aktywność przeciwutleniająca ziarna jęczmienia kapturkowego w 2023 r. wahała się w granicach od 5,3 mg Tx·g⁻¹ do 5,8 mg Tx·g⁻¹ (Wyk. 147) a w 2024 r. od 5,1 mg Tx·g⁻¹ do 6,4 mg Tx·g⁻¹ (Wyk. 148). W obu latach większą aktywnością antyoksydacyjną charakteryzowały się próby z uprawy płuznej.



Wykres 147. Aktywność antyoksydacyjna ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg Tx·g⁻¹), 2023 r.

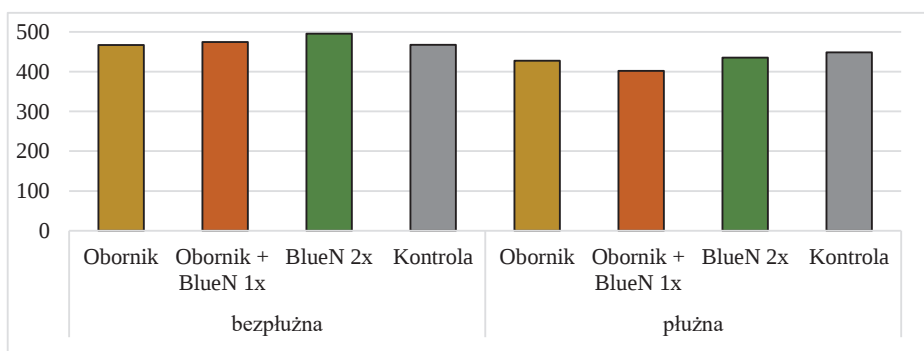




Wykres 148. Aktywność antyoksydacyjna ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg Tx·g⁻¹), 2024 r.

2.7.7. Właściwości technologiczne ziarna

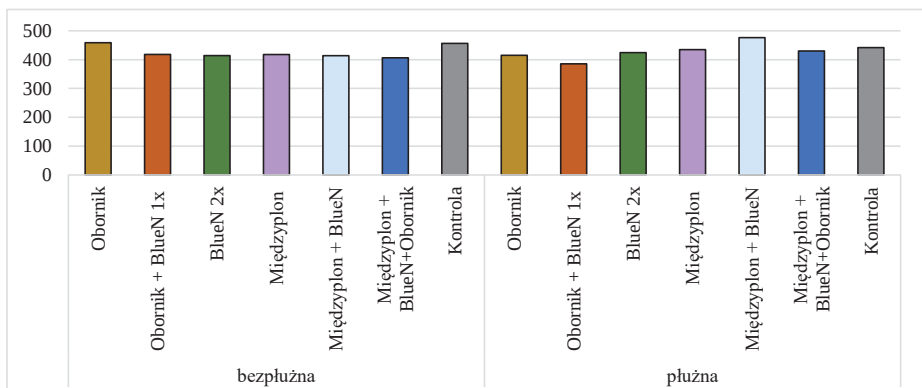
Oceniono wpływ sposobu uprawy roli i nawożenia jęczmienia kapturkowego na układ skrobiowo-amylolityczny i przebieg kleikowania skrobi zawartej w ziarnie. Ziarno charakteryzowało się niską aktywnością amylolityczną mierzoną liczbą opadania. W zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia wartości liczby opadania kształtowały się w zakresie od 402 s do 496 s w 2023 r. (Wyk. 149) i od 406 s do 459 s w 2024 r. (Wyk. 150). W 2023 roku najwyższą wartością liczby opadania charakteryzowało się ziarno z uprawy bezpłuznej po dwukrotnym zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego, natomiast w 2024 roku ziarno z uprawy płuznej, międzyplonie i aplikacji biostymulatora.



Wykres 149. Liczba opadania ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (s), 2023 r.

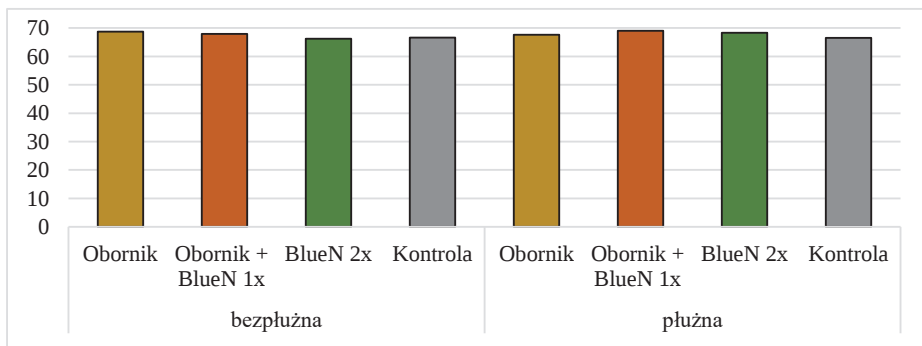
Temperatura kleikowania wahała się w przedziale 66,2 – 69,0°C w 2023 r. i 65,1 – 69,6°C w 2024 r. (Wyk. 151 i 152). Większą zdolnością do pęcznienia i powiększania swojej średnicy charakteryzowały się ziarna skrobiowe jęczmienia kapturkowego z upraw płuznych. W 2023 zabiegi agrotechniczne nie wpłynęły



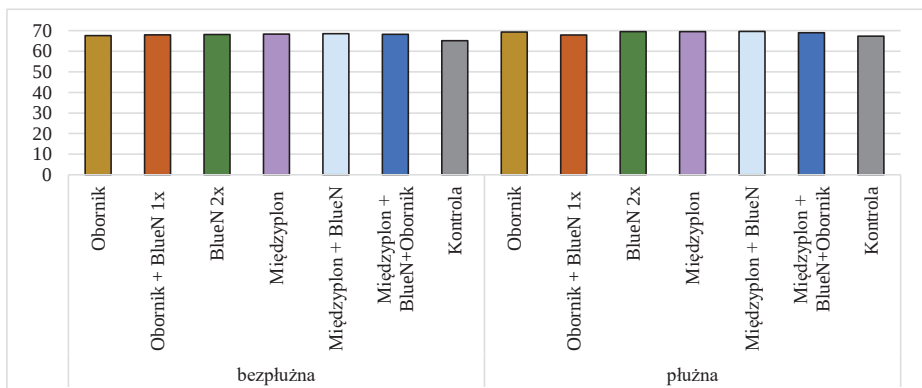


Wykres 150. Liczba opadania ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (s), 2024 r.

na lepkość maksymalną i końcową, gdyż najwyższe wartości odnotowano dla obiektu kontrolnego (Wyk. 153 i 155). Z kolei w 2024 r. największą wartością lepkości maksymalnej i końcowej odznaczało się ziarno z uprawy bezpłuznej z zastosowaniem wielogatunkowej mieszanki międzyzypłonowej (Wyk. 154 i 156).

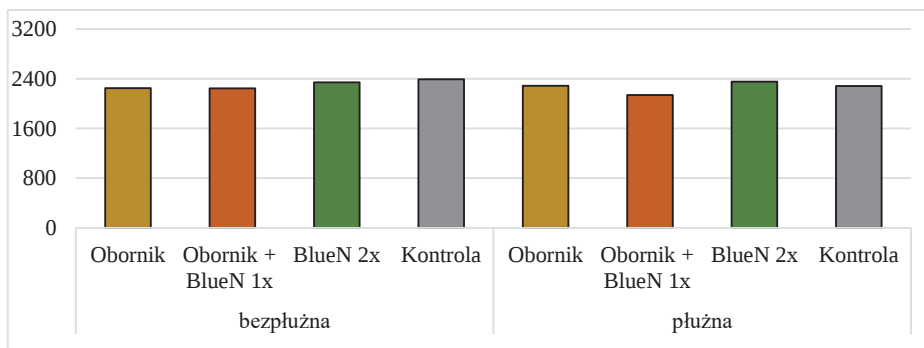


Wykres 151. Temperatura kleikowania zawiesin z ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (°C), 2023 r.

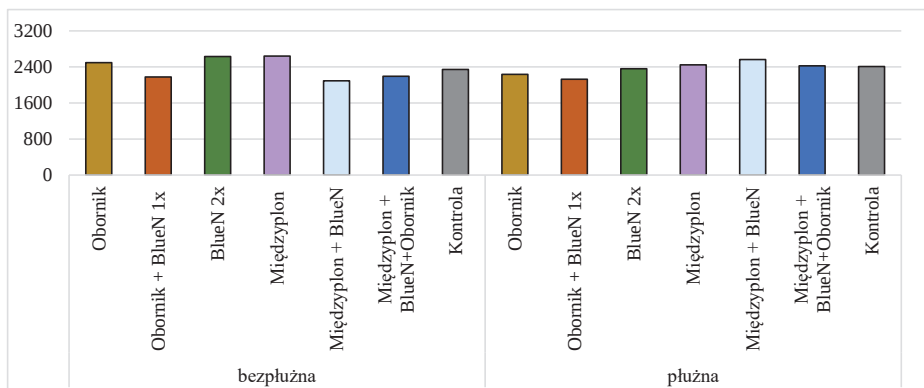


Wykres 152. Temperatura kleikowania zawiesin z ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (°C), 2024 r.

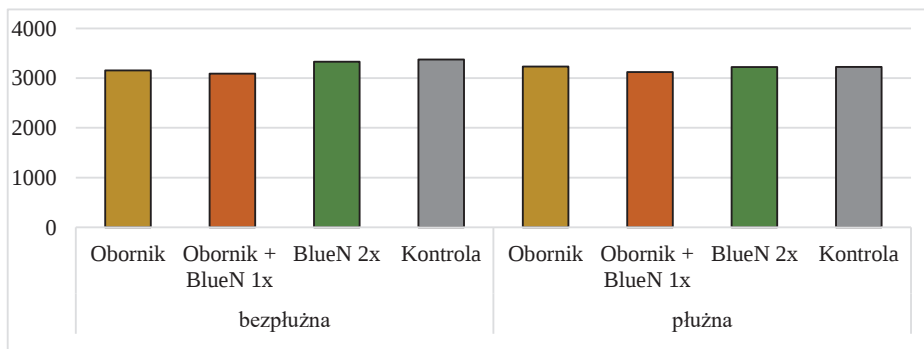




Wykres 153. Lepkość max. zawiesin z ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (cP), 2023 r.

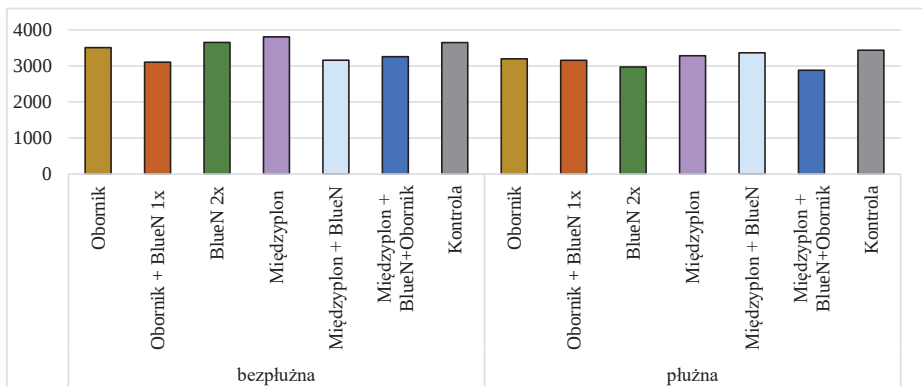


Wykres 154. Lepkość max. zawiesin z ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (cP), 2024 r.



Wykres 155. Lepkość końcowa zawiesin z ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (cP), 2023 r.





Wykres 156. Lepkość końcowa zawieszin z ziarna jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (cP), 2024 r.

3. Ekologiczna technologia uprawy pszenicy okrągłoziałowej 'Trispa' w warunkach różnych sposobów uprawy roli, nawożenia organicznego i biostymulacji

3.1. Warunki prowadzenia doświadczeń

W doświadczeniu prowadzonym w certyfikowanym gospodarstwie ekologicznym badano reakcję pszenicy okrągłoziałowej 'Trispa' (*Triticum sphaerococcum* Percival) na uproszczenia w uprawie roli (uprawa płuzna i bezpłuzna) i metody odżywiania roślin azotem. W 2023 roku oceniano wpływ nawożenia obornikiem oraz nalistnej aplikacji bakterii wiążących azot z powietrza



Fot. 15. Przedsiewna uprawa roli



(*Methylobacterium symbioticum*). W kolejnym roku dodatkowo analizowano wpływ międzyplonu. Doświadczenie prowadzono przez dwa kolejne sezony wegetacyjne (2023 i 2024).

Przedplonem dla pszenicy był ziemniak. W 2022 roku został on zebrany w późnym terminie, dlatego nie wysiano międzyplonu. W drugiej dekadzie listopada 2022, na odpowiednich fragmentach pola rozrzucono obornik w ilości $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, następnie wykonano orkę przedzimową pługiem skibowym lub uprawę uproszczoną z wykorzystaniem pługa dłutowego. Po wczesnym zbiorze ziemniaka w drugim roku prowadzenia doświadczenia wysiano międzyplon, w skład którego wchodziły: groch siewny, łubin wąskolistny, gryka, facelia błękitna, słonecznik, seradela oraz olejarka abisyńska ($50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). W drugiej dekadzie października 2023 rozrzucono obornik ($20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) zgodnie z układem doświadczenia oraz wykonano orkę przedzimową lub uprawę pługiem dłutowym. W obu latach uprawa wiosenna polegała na dwukrotnym zastosowaniu agregatu uprawowego składającego się z brony talerzowej oraz wału strunowego.

Siew pszenicy okrągłoziennej (*T. sphaerococcum*) wykonano w trzeciej lub w pierwszej dekadzie marca, odpowiednio w roku 2023 i 2024, na głębokość 3-4 cm, w rozstawie rzędów 12,5 cm. Ilość wysiewu ustalono uwzględniając masę tysiąca ziaren, gęstość siewu, zdolność kiełkowania ziarna i połowy wskaźnik wschodów (PWW). Materiałem siewnym był ekologiczna pszenica okrągłozienne, zaprawiona naturalnym preparatem Chito będącym naturalnym chitozanem, a jej masa tysiąca ziaren wynosiła 29,0 g w pierwszym i 22,1 g w drugim roku badań. Gęstość siewu wynosiła $600 \text{ szt} \cdot \text{m}^{-2}$. Zdolność kiełkowania pszenicy w 2023 wynosiła 93 % a w 2024 roku 96 %. W obliczaniu ilości wysiewu za połowy wskaźnik wschodów (PWW) przyjęto wartość 0,9 w 2023 roku i 0,8 w 2024.

W celu wzbogacenia gleby w składniki odżywcze oraz pokrycia potrzeb pokarmowych roślin pszenicy zastosowano nawożenie mineralne w postaci naturalnych kopalin. Jesienią przed orką lub pługiem dłutowym, w latach poprzedzających uprawę pszenicy zastosowano nawozy mineralne dozwolone w rolnictwie ekologicznym. Nawożenie fosforowe opierało się na zastosowaniu fosforu w dawce $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ w postaci mączki fosforytowej. Z kolei potas zaaplikowano w ilości $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ w postaci kainitu.

Obok różnych sposobów uprawy roli, drugim badanym czynnikiem w doświadczeniu było nawożenie. W pierwszym roku badań analizowano wpływ: 1) obornika, 2) obornika + preparatu mikrobiologicznego, 3) preparatu mikrobiologicznego, 4) brak nawożenia/stymulacji odżywienia roślin azotem (obiekt kontrolny). W drugim roku badań dodatkowo włączono do badań: 5) międzyplon, 6) międzyplon + preparat mikrobiologiczny, 7) międzyplon +



obornik + preparat mikrobiologiczny. W wariantach: 2, 6 oraz 7 zastosowano biostymulator (BlueN), jednokrotnie, w pełni krzewienia pszenicy, w dawce $333 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, z dodatkiem Cropvit FeMo ($0,2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$). W wariantach z samą aplikacją bakterii (BlueN) preparat zastosowano dwukrotnie: pierwsza dawka preparatu w pełni krzewienia, a druga w fazie strzelania w źdźbło. W obu zabiegach zastosowano dawkę $333 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ preparatu mikrobiologicznego z dodatkiem Cropvit FeMo ($0,2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$).

W uprawie ekologicznej pszenicy okrągłoziałowej odchwaszczenie plantacji oparte było o metody mechaniczne. W tym celu w obu latach wykonano bronowanie (broną chwastownik) w fazie 3 – 4 liści jęczmienia, ukośnie w stosunku do rzędów. W certyfikowanym gospodarstwie ekologicznym nie stosowano pestycydów do walki ze sprawcami chorób oraz szkodnikami. Zbiór pszenicy okrągłoziałowej dokonano w pełnej dojrzałości ziarna, przy użyciu kombajnu poletkowego.

Warunki meteorologiczne podczas wegetacji pszenicy w latach badań zostały opisane w rozdziale 1.1.

3.2. Ocena plonowania

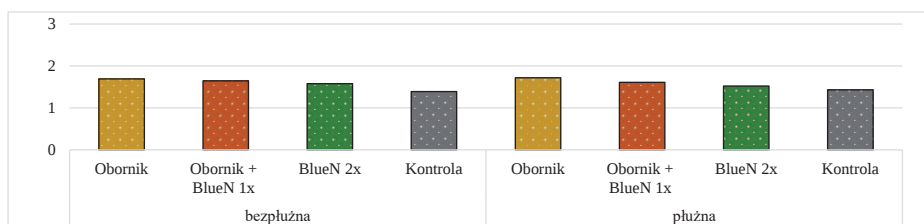
W przeprowadzonym doświadczeniu pszenica okrągłoziałowa odmiany Trispa, uprawiana na glebach lekkich plonowała podobnie w obu latach badań, jednak różnice pomiędzy wariantami uprawy roli a także sposobami nawożenia były znacznie większe w 2024 roku. W pierwszym roku prowadzenia doświadczeń (2023) sposób uprawy roli nie wpływał na wielkość plonu ziarna (Wyk. 157). Z kolei zastosowanie obornika, obornika z preparatem BlueN lub samego preparatu mikrobiologicznego było korzystne dla plonowania, przy czym najlepsze efekty uzyskano w obiektach z obornikiem. W drugim roku



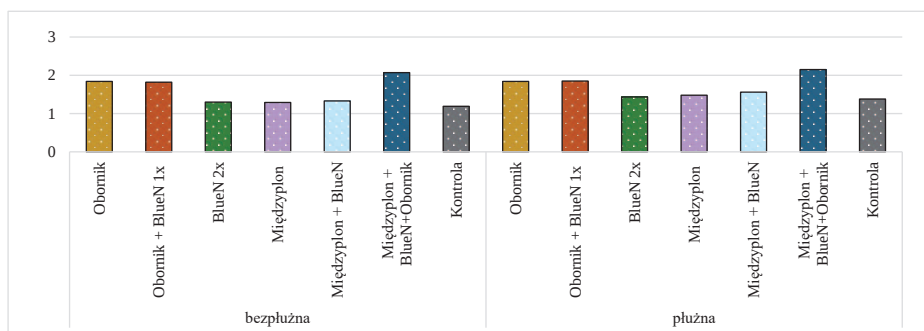
Fot. 16. Polowa ocena obsady roślin



uprawy pszenicy plon ziarna był o 8 % większy w uprawie płuźnej w porównaniu z uprawą uproszczoną z wykorzystaniem pługa dłutowego (Wyk. 158). W analizowanym roku, w uprawie płuźnej i bezpłuźnej największe plony ziarna uzyskano w wariancie międzyplon+BlueN+obornik. Dość dobre efekty dawała także uprawa w obiektach nawożonych samym obornikiem lub łącznie z nalistną aplikacją biostymulatora BlueN. Wyraźną obniżkę plonów odnotowano w wariantach: BlueN 2x, międzyplon lub międzyplon + BlueN, jednak plony te były większe niż w kontroli.



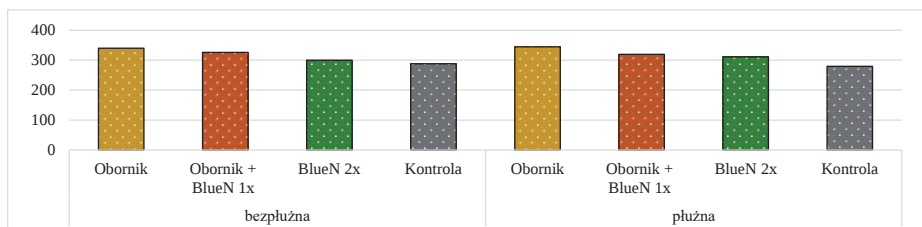
Wykres 157. Plon ziarna pszenicy okrągłozirnowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($t \cdot ha^{-1}$), 2023 r.



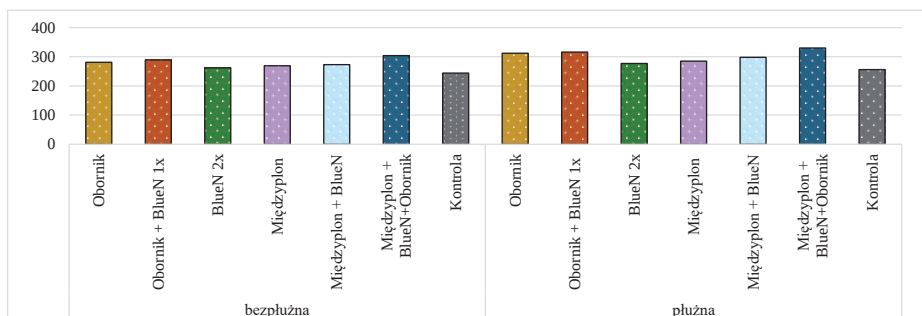
Wykres 158. Plon ziarna pszenicy okrągłozirnowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($t \cdot ha^{-1}$), 2023 r.

Liczba pędów generatywnych na $1 m^2$ w 2023 roku była podobna w uprawie płuźnej i bezpłuźnej (Wyk. 159). W 2024 roku, w uprawie płuźnej pędów generatywnych było więcej (Wyk.160). W pierwszym roku badań, w uprawie płuźnej i bezpłuźnej liczba pędów generatywnych była większa w obiektach z obornikiem niż w wariancie z samym biostymulatorem i najmniejsza w kontroli. W drugim roku uprawy pszenicy największą liczbę pędów generatywnych na $1 m^2$ odnotowano w uprawie płuźnej w obiekcie z międzyplonem, biostymulatorem BlueN i obornikiem. Ponadto w uprawie płuźnej liczba pędów generatywnych była większa w pozostałych dwóch wariantach z obornikiem niż w obiektach, w których obornika nie stosowano a także znacząco większa niż w kontroli. Podobne zależności liczby pędów generatywnych od sposobu nawożenia/stymulacji odżywienia roślin azotem odnotowano w uprawie bezpłuźnej pszenicy.





Wykres 159. Liczba pędów generatywnych pszenicy okrągliarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($t \cdot ha^{-1}$), 2023 r.



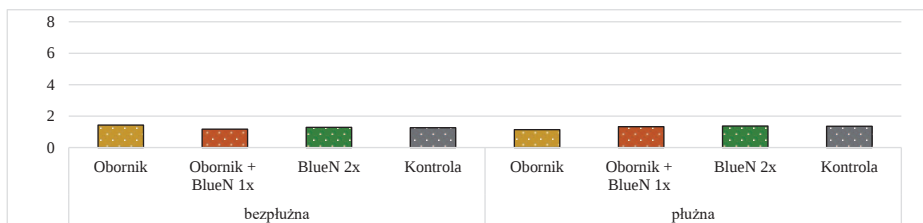
Wykres 160. Liczba pędów generatywnych pszenicy okrągliarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($t \cdot ha^{-1}$), 2024 r.

3.3. Ocena presji agrofagów

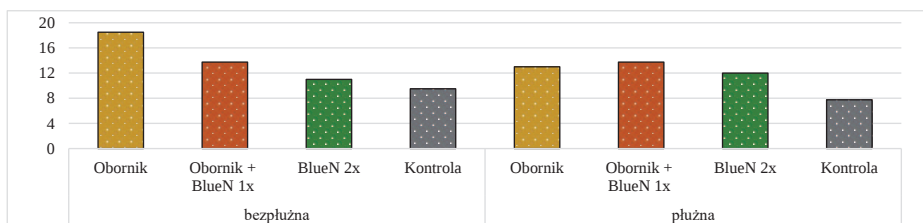
3.3.1. Ocena presji chorób

W doświadczeniu realizowanym w dwóch sezonach wegetacyjnych (2023 i 2024) w gospodarstwie ekologicznym w Wolkowie badano zdrowotność pszenicy okrągliarowej jarej w zależności od rodzaju uprawy roli (bezplużna i plużna) oraz nawożenia obornikiem, preparatem stymulującym odżywienie azotem (BlueN) i międzyplonu. W pierwszym roku badań (2023) nasilenie chorób kształtowało się na niskim poziomie. W fazie strzelania w źdźbło (BBCH 35-37) na liściach pszenicy obserwowano tylko objawy mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*Blumeria graminis*), które obejmowały niewielką ich powierzchnię. W fazie dojrzewania pszenicy (BBCH 73-75) na liściach obserwowano objawy rdzy brunatnej (*Puccinia tritici*), rdzy żółtej (*Puccinia striiformis*) oraz sporadycznie septoriozy liści (*Zymoseptoria tritici*). Nasilenie występowania tych chorób w małym stopniu zależało od badanych czynników (Wyk. 161). Spośród chorób podsuszkowych najwięcej obserwowano objawów łamliwości źdźbła zbóż i traw (*Oculimacula yallundae*, *Oculimacula acuformis*). Średnio najwięcej objawów tej choroby stwierdzono po zastosowaniu obornika a najmniej na obiektach kontrolnych (Wyk. 162). Rodzaj uprawy roli w mniejszym stopniu różnicował ich nasilenie. Na roślinach pszenicy obserwowano także niewielkie nasilenie objawów fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła (*Fusarium* spp.) i zgorzeli korzeni (kompleks patogenów).



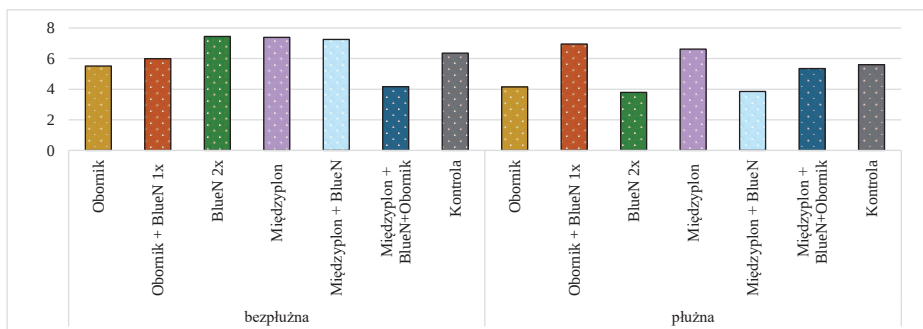


Wykres 161. Procent powierzchni liści pszenicy (BBCH 73-75) z objawami rdzy brunatnej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2023 r.



Wykres 162. Nasilenie objawów łamliwości źdźbła zbóż i traw na pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (indeks chorobowy w %), 2023 r.

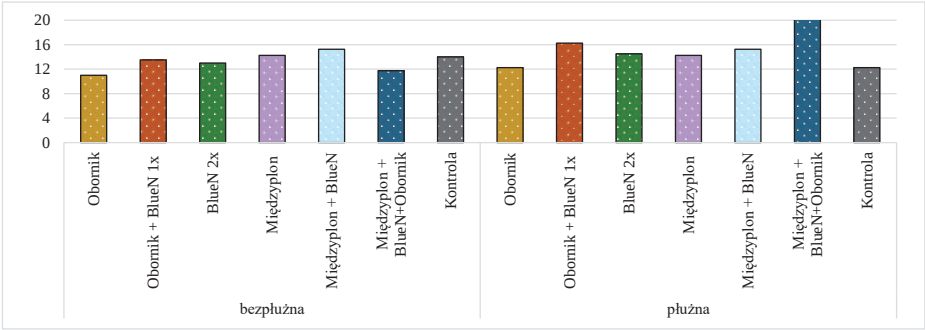
W drugim roku badań (2024) obserwowano większe nasilenie występowania chorób. Na liściach pszenicy w fazie strzelania w źdźbło odnotowano obecność objawów rdzy brunatnej, rdzy żółtej, mączniaka prawdziwego i septoriozy liści. Objawy tych chorób obserwowano również w fazie dojrzewania pszenicy. Ponadto w tej fazie stwierdzono obecność objawów brunatnej plamistości liści. Jednak najwięcej na liściach odnotowano objawów rdzy brunatnej. Średnio najwięcej objawów tej choroby stwierdzono na obiektach, na których stosowano międzyzplon, a najmniej na obiektach, na których zastosowano międzyzplon oraz obornik i biostymulator BlueN (Wyk. 163). W fazie dojrzewania obserwowano również objawy chorobowe na kłosach pszenicy, tj.. objawy septoriozy plew (*Phaeosphaeria nodorum*) oraz fuzariozy kłosów (*Fusarium* spp.). Spośród chorób podsuszkowych najwięcej odnotowano objawów łamliwości źdźbła



Wykres 163. Procent powierzchni liści pszenicy (BBCH 73-75) z objawami rdzy brunatnej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2024 r.



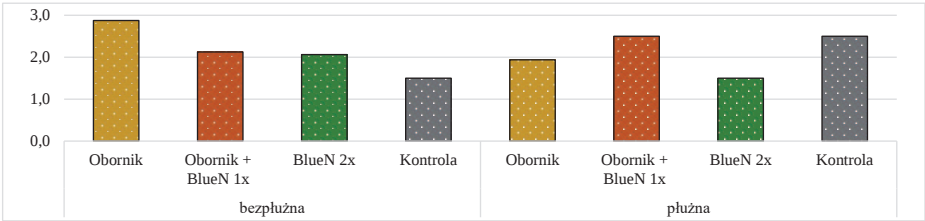
zbóż i traw. Rozwojowi tej choroby sprzyjała płuzna uprawa roli a najwięcej jej objawów zanotowano na obiektach, na których zastosowano międzypłon oraz obornik i biostymulator BlueN (Wyk. 164). Na roślinach pszenicy obserwowano również niewielkie nasilenie fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła i zgorzeli korzeni.



Wykres 164. Nasilenie objawów famiwości źdźbła zbóż i traw na pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (indeks chorobowy w %), 2024 r.

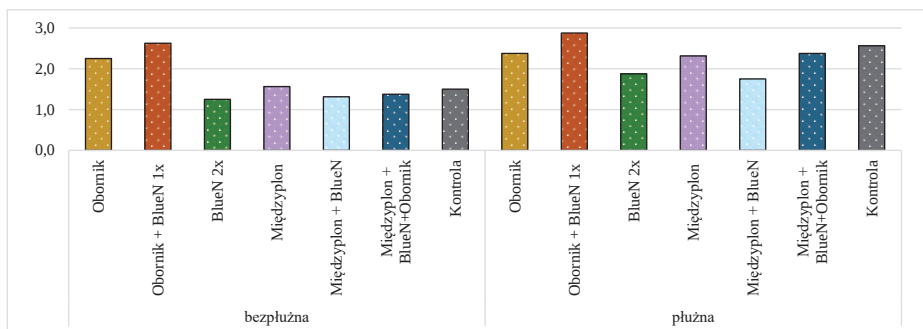
3.3.2. Ocena liczebności szkodników

Obserwacje entomologiczne prowadzono w fazie początku kwitnienia pszenicy. W obydwu latach prowadzenia badań liczebność mszycy zbożowej (*Sitobion avenae*) była niska i nie przekroczyła 3 szt. na 25 poddanych analizie źdźbeł (Wyk. 165 i 166). Zarówno w 2023 jak i w 2024 roku na poletkach na których stosowano obornik oraz BlueN w dawce jednorazowej stwierdzono większą liczebność mszycy *S. avenae* w porównaniu do poletek kontrolnych. Z kolei w roku 2024 zastosowana kombinacja Międzyplon + BlueN skutkowała niższą liczebnością tej mszycy w porównaniu do roślin kontrolnych w obydwu sposobach uprawy roli.



Wykres 165. Liczebność *Sitobion avenae* (BBCH 61) w uprawie pszenicy okrągliarnowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (szt./25 źdźbeł), 2023 r.





Wykres 166. Liczebność *Sitobion avenae* (BBCH 61) w uprawie pszenicy okragłoziałowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (szt./25 źdźbeł), 2024 r.



Fot. 17. Uszkodzenia roślin przez larwy skrzyptonek

3.3.3. Ocena zachwaszczenia

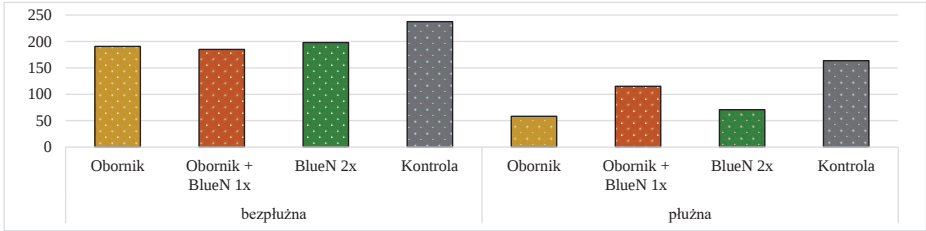
W doświadczeniu realizowanym w certyfikowanym gospodarstwie ekologicznym w latach 2023-2024 badano reakcję pszenicy okragłoziałowej jarej (*Triticum sphaerococcum* Percival cv. Trispa) na uprawę roli (bezpłuzna i płuzna) oraz nawożenie obornikiem, preparaty stymulujące odżywienie azotem (*Methylobacterium symbioticum*) i wielogatunkową mieszankę międzyplonową.

W pierwszym roku prowadzenia doświadczenia (2023) zachwaszczenie można uznać za dosyć duże – średnio wyniosło ono 152,6 szt.·m⁻² i 36,3 g·m⁻².

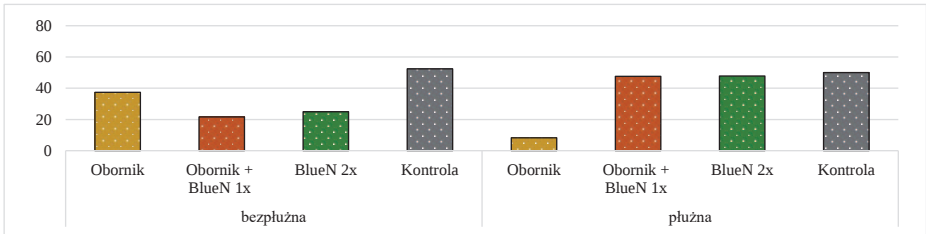


łącznie zidentyfikowano aż 21 gatunków chwastów, z których najliczniej występującymi w zasiewach pszenicy jarej Trispa były: perz właściwy (*Elymus repens*), chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus galli*), komosa biała (*Chenopodium album*), bniec biały (*Melandrium album*) i rdest ptasi (*Polygonum aviculare*) Największą liczbę chwastów zaobserwowano na obiektach z uprawą bezpłzną (202,7 szt. $\cdot$ m⁻²) w porównaniu do uprawy płżnej (101,9 szt. $\cdot$ m⁻²), natomiast sucha masa chwastów w obu sposobach uprawy roli była podobna i wyniosła odpowiednio 34,1 i 38,4 g $\cdot$ m⁻². Różnice w zachwaszczeniu roślin pszenicy jarej w zależności od nawożenia, biostymulacji i międzyplonu były nieduże, stosunkowo najwięcej chwastów zaobserwowano na kontroli w odniesieniu do stosowania obornika, międzyplonu i biostymulacji (Wyk. 167 i 168).

W kolejnym roku (2024) w pszenicy jarej oznaczono 15 gatunków chwastów, z których najczęściej występującymi były: miotła zbożowa (*Apera spica venti*), perz właściwy (*Elymus repens*) chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus galli*), komosa biała (*Chenopodium album*), rdest ptasi (*Polygonum aviculare*), bodziszek drobny (*Geranium pusillum*) wyka kosmata (*Vicia villosa*). W doświadczeniu zaobserwowano również mniej charakterystyczne dla zasiewów pszenicy jarej rośliny niepożądane, takie jak: nostryk biały (*Melilotus albus*), lucerna siewna (*Medicago sativa*), bniec biały (*Melandrium album*). Występujące zachwaszczenie można uznać za stosunkowo nieduże – średnio wyniosło ono 50,1 szt. $\cdot$ m⁻² i 27,3 g $\cdot$ m⁻². Największą liczbę i masę chwastów zaobserwowano na obiektach z uprawą bezpłzną (78,3 szt. $\cdot$ m⁻² i 45,5 g $\cdot$ m⁻²) w porównaniu do

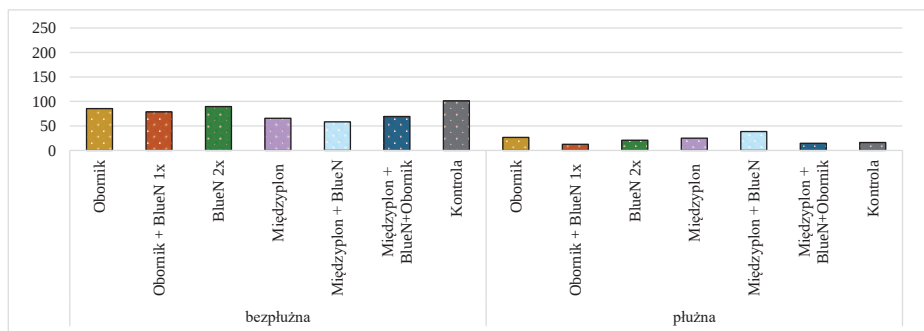


Wykres 167. Liczba chwastów w pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (szt $\cdot$ m⁻²), 2023 r.

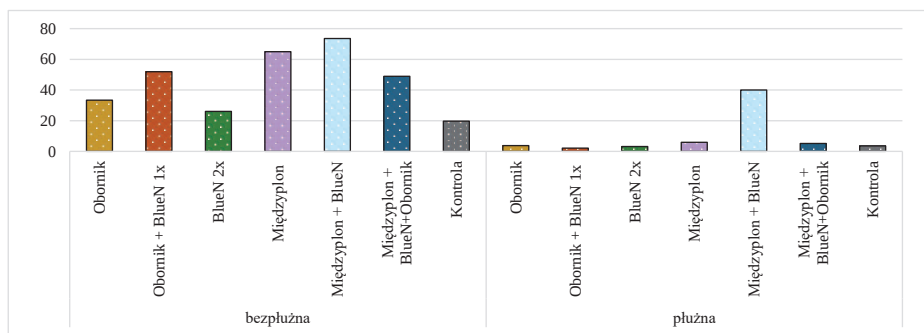


Wykres 168. Sucha masa chwastów w pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (g $\cdot$ m⁻²), 2023 r.

uprawy płużnej ($22,0 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ i $9,1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$). Różnice w zachwaszczeniu poletek pszenicy okrągliarnowej jarej Trispa w zależności od nawożenia obornikiem, metod odżywania roślin azotem i międzyplonu były niewielkie (Wyk. 169 i 170).



Wykres 169. Liczba chwastów w pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{szt} \cdot \text{m}^{-2}$), 2024 r.



Wykres 170. Sucha masa chwastów w pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$), 2024 r.

3.4. Ocen stanu środowiska glebowego

3.4.1. Ocena zawartości makroelementów w glebie

W pierwszym roku prowadzenia badań (2023) nad reakcją pszenicy okrągliarnowej jarej (*Triticum sphaerococcum* Percival cv. Trispa) na uprawę roli (bezplużna i plużna) oraz nawożenie obornikiem i preparaty stymulujące odżywienie azotem (*Methylobacterium symbioticum*), eksperyment polowy zlokalizowano na glebie lekkiej płowej lekko kwaśnej (pH w 1 M KCl – 6,2) o uziarnieniu piasku gliniastego i średniej zawartości próchnicy (1,1%). Gleba ta charakteryzowała się bardzo wysoką zawartością przyswajalnych dla roślin form fosforu (P_2O_5) i magnezu (Mg) oraz wysoką koncentracją przyswajalnego potasu (K_2O). Natomiast zasobność gleby w dostępne dla roślin mikroelementy była następująca: mangan $109\text{--}117 \text{ mg Mn} \cdot \text{kg}^{-1}$ (średnia), miedź $2,9\text{--}3,2 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$ (średnia), cynk $16,4\text{--}16,9 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$ (wysoka), żelazo $761\text{--}841 \text{ mg Fe} \cdot \text{kg}^{-1}$

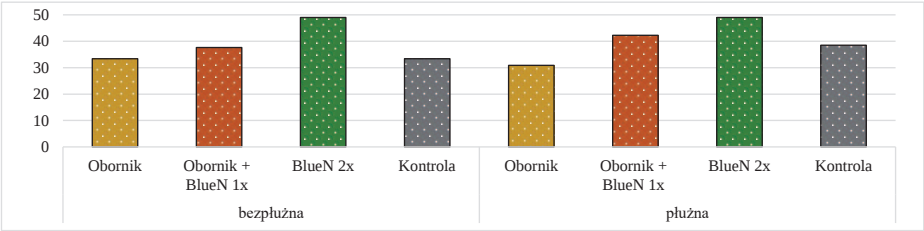


(średnia). Zawartość azotu mineralnego w warstwie ornej gleby wiosną wahała się w zakresie od 31,2-41,2 kg N·ha⁻¹.

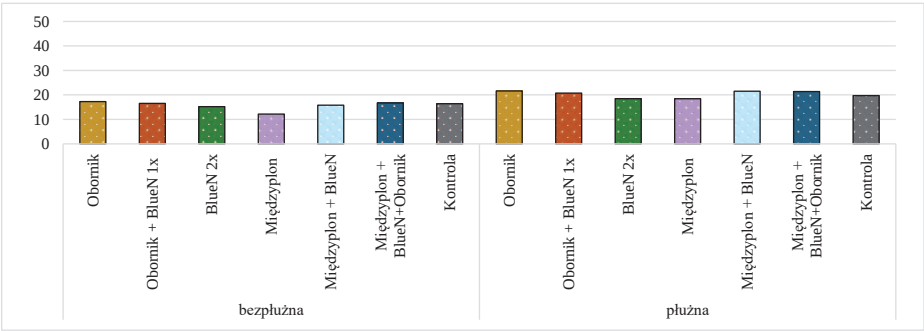
W pierwszym roku prowadzenia eksperymentu polowego (2023) nie stwierdzono po zbiorze pszenicy jarej wyraźnych różnic w większości badanych właściwości chemicznych gleby w zależności od różnej uprawy roli i biostymulacji (Wyk. 171, 173, 175, 177). Zauważono jedynie większą koncentrację w glebie przyswajalnych dla roślin form potasu po uprawie bezpłucznej na tle uprawy płucznej oraz obniżoną zawartość przyswajalnego magnezu na kontroli w porównaniu do nawożenia obornikiem.

W kolejnym roku (2024) eksperyment polowy nad reakcją pszenicy okragłozianowej (*Triticum sphaerococcum Percival* cv. Trispa) na uprawę roli (bepłuczna i płuczna) oraz nawożenie obornikiem, preparaty stymulujące odżywienie azotem (*Methylobacterium symbioticum*) i międzypłon prowadzono na glebie lekkiej płowej lekko kwaśnej (pH w 1 M KCl – 6,3), nie wymagającej wapnowania, o uziarnieniu piasku gliniastego i średniej zawartości próchnicy (1,2%). Gleba ta charakteryzowała się bardzo wysoką zawartością przyswajalnych form fosforu (P₂O₅) i magnezu (Mg) oraz średnią i wysoką zasobnością w dostępne formy potasu (K₂O). Zawartość azotu mineralnego w glebie wiosną wahała się w przedziale od 122-125 kg N·ha⁻¹.

W drugim roku realizacji eksperymentu polowego stwierdzono po zbiorze pszenicy okragłozianowej Trispa nieduże różnice w badanych właściwościach

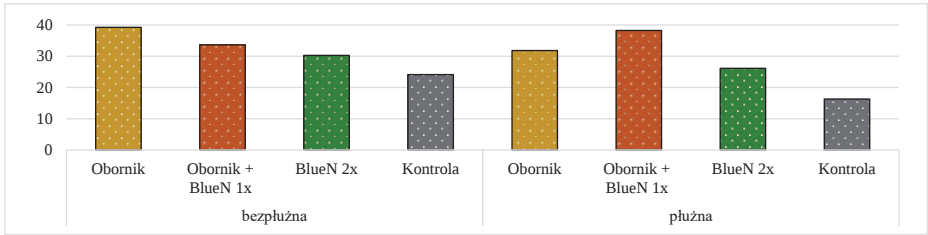


Wykres 171. Zawartość P₂O₅ w glebie po zbiorze pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg·100 g⁻¹), 2023 r.

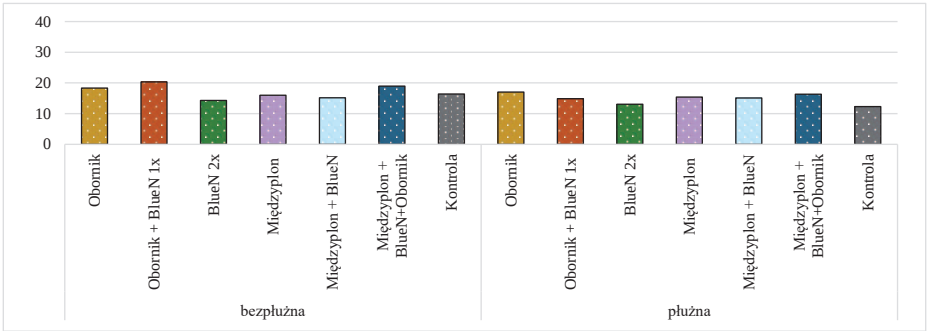


Wykres 172. Zawartość P₂O₅ w glebie po zbiorze pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg·100 g⁻¹), 2024 r.

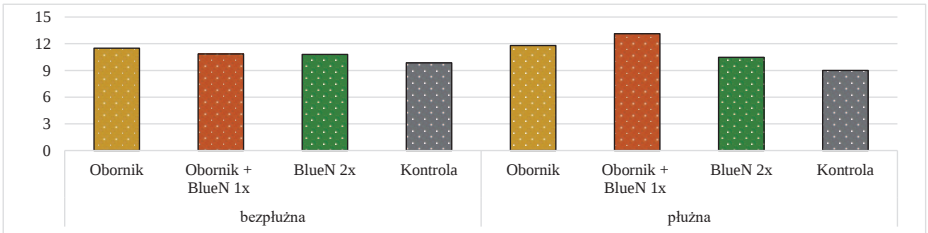
chemicznych gleby w zależności od uprawy roli, sposobów odżywiania azotem i międzyplonu (Wyk. 172, 174, 176, 178). Zauważono większą zawartość próchnicy i podwyższoną koncentrację w glebie przyswajalnych dla roślin form potasu po uprawie bezpłużnej na tle uprawy płużnej, a także pozytywny wpływ obornika na zawartość dostępnych dla roślin form makroelementów (P_2O_5 , K_2O , Mg). Z uzyskanych w tym roku wyników badań gleby zauważono większą koncentrację przyswajalnych dla roślin form fosforu i magnezu po płużnej uprawie roli w stosunku do uprawy bezpłużnej.



Wykres 173. Zawartość K_2O w glebie po zbiorze pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($mg \cdot 100 g^{-1}$), 2023 r.

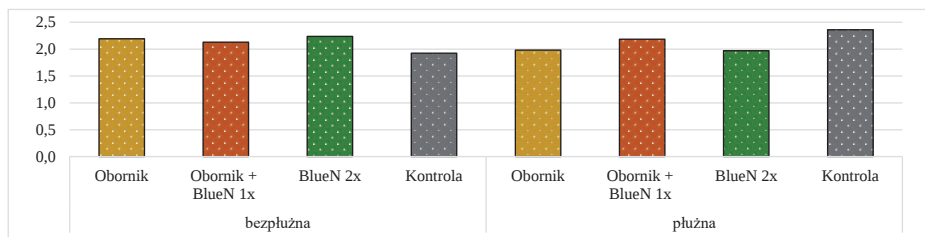


Wykres 174. Zawartość K_2O w glebie po zbiorze pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($mg \cdot 100 g^{-1}$), 2024 r.

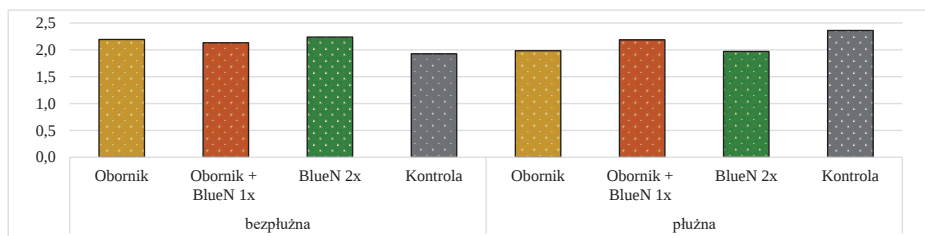


Wykres 175. Zawartość Mg w glebie po zbiorze pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($mg \cdot 100 g^{-1}$), 2023 r.

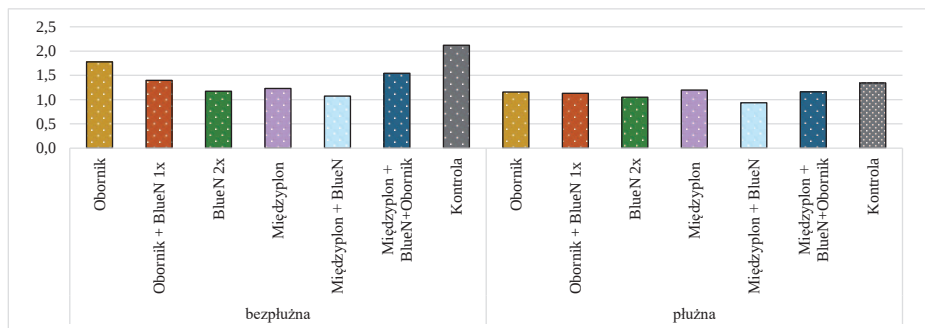




Wykres 176. Zawartość Mg w glebie po zbiorze pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg·100 g⁻¹), 2024 r.



Wykres 177. Zawartość próchnicy w glebie po zbiorze pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (%), 2023 r.



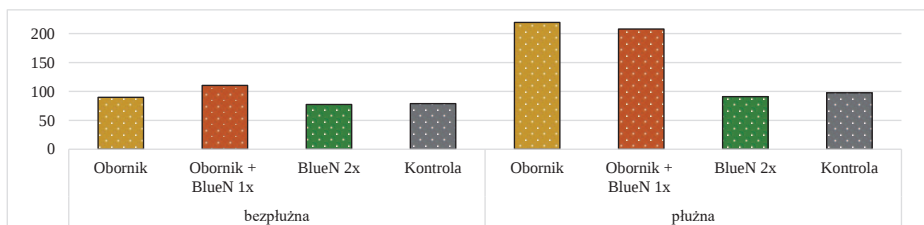
Wykres 178. Zawartość próchnicy w glebie po zbiorze pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (%), 2024 r.

3.4.2. Analiza właściwości biochemicznych gleby

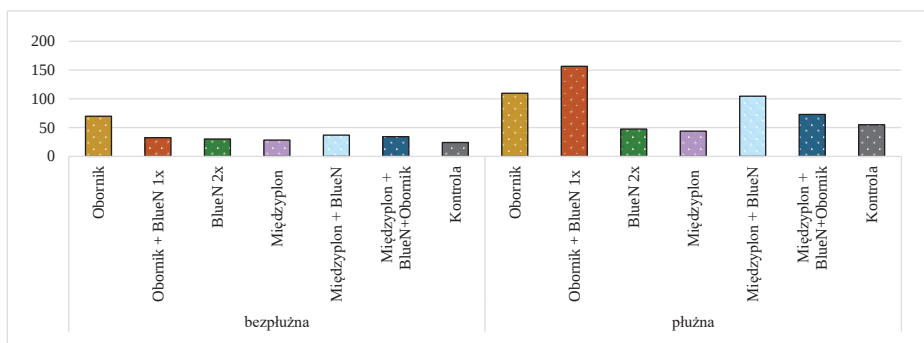
W doświadczeniu nad reakcją pszenicy okragłozianowej (*Triticum sphaerococcum Percival* cv. Trispa) na sposób uprawy roli (bezpłuzna i płuzna) oraz nawożenie obornikiem i preparat stymulujący odżywienie roślin azotem (*Methylobacterium symbioticum*) stwierdzono wpływ badanych czynników na aktywność enzymów glebowych.

W obydwu latach prowadzenia doświadczenia wykazano, niezależnie od pozostałych testowanych czynników, że średnio najkorzystniej na aktywność glebowych dehydrogenaz oddziaływała uprawa płuzna (Wyk. 179



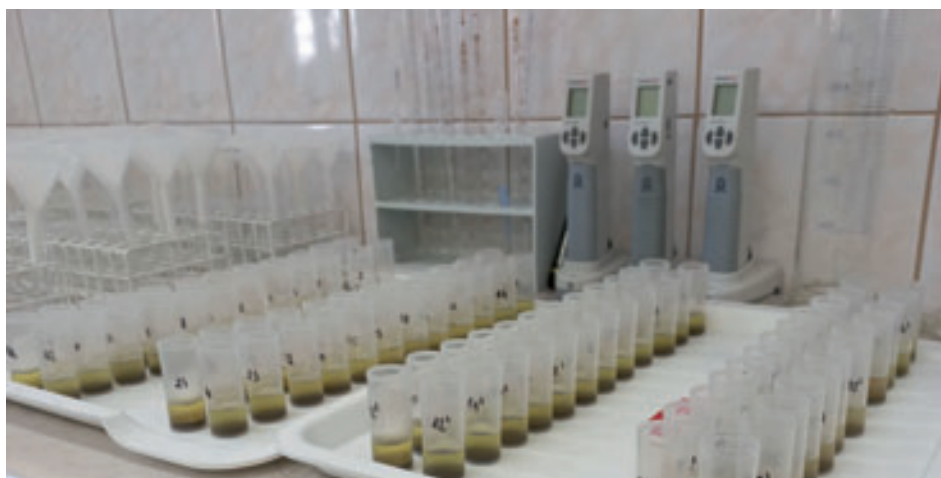


Wykres 179. Aktywność dehydrogenaz w glebie po zbiorze pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹), 2023 r.



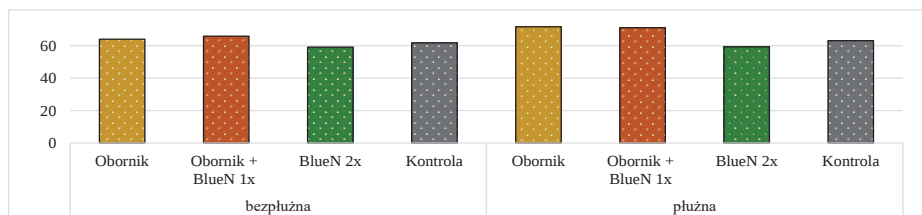
Wykres 180. Aktywność dehydrogenaz w glebie po zbiorze pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹), 2024 r.

i 180). Najwyższą aktywność tych enzymów uzyskano w próbkach pobranych z obiektów nawożonych obornikiem oraz obornikiem z biostymulatorem BlueN. W 2024 roku wysoką aktywność dehydrogenaz odnotowano dla uprawy plużnej w uprawie pszenicy okrągłoziałnowej Trispa po zastosowaniu międzypłonu z jednokrotnym zastosowaniem preparatu BlueN oraz międzypłonu z jednorazową aplikacją BlueN wraz z obornikiem.

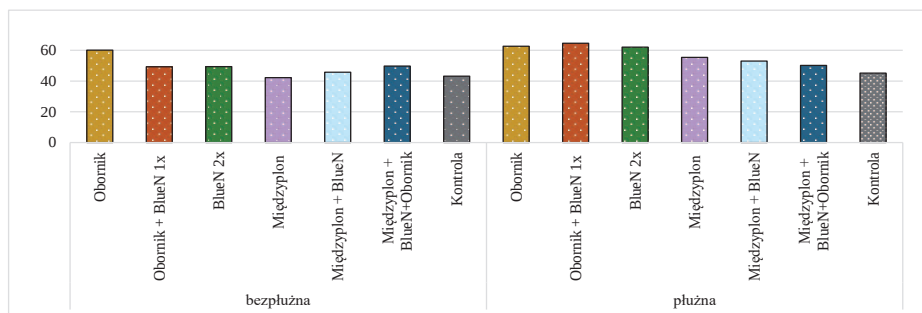


Fot. 18. Laboratoryjna ocena aktywności enzymów w glebie





Wykres 181. Aktywność FDA w glebie po zbiorze pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg F kg⁻¹·h⁻¹), 2023 r.

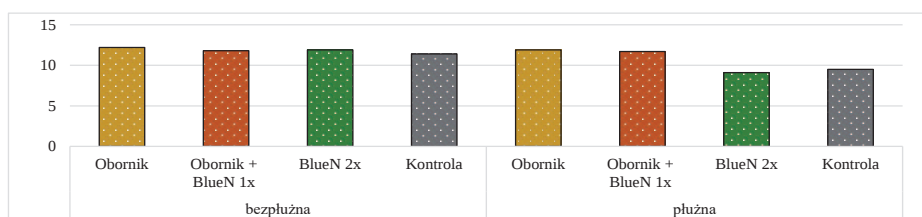


Wykres 182. Aktywność FDA w glebie po zbiorze pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg F kg⁻¹·h⁻¹), 2024 r.

W obydwu latach prowadzenia doświadczenia wykazano, że średnio najkorzystniej na aktywność FDA oddziaływało nawożenie obornikiem zarówno w uprawie plużnej, jak i bezplużnej (Wyk. 181 i 182). Wysoką aktywność tych hydrolaz stwierdzono w glebie pobranych z obiektów nawożonych obornikiem z jednorazowym stosowaniem biostymulatora BlueN.

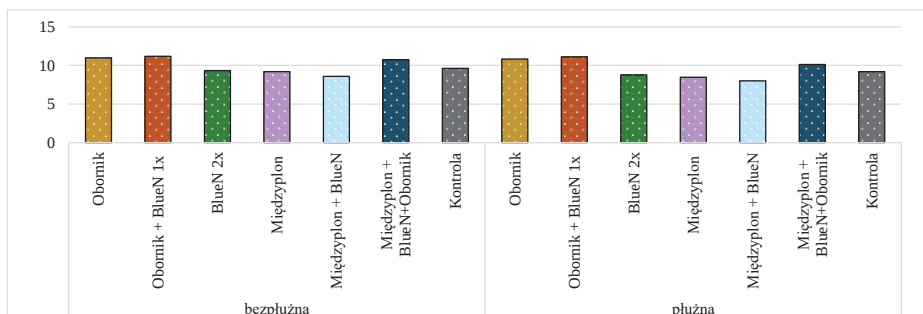
3.4.3. Analiza cech fizycznych gleby

Oceny wilgotności objętościowej gleby (w %VWC) oraz jej oporu penetracyjnego tzw. zwięzłości (w MPa) dokonywano corocznie w sposób oraz w terminach analogicznych jak w przypadku badań nad jęczmieniem omówionych wcześniej (rozdziały 1.4.3; 2:4:3). W obu latach badań większej wilgotności gleby pod pszenicą, niezależnie od sposobu uprawy roli, sprzyjała dogłębowa aplikacja obornika, pod wpływem której wartości wilgotności objętościowej (%VWC) były większe (Wyk. 183 i 184). Na pozostałych obiektach większą wilgotność w latach stwierdzono w warunkach uprawy bezplużnej.



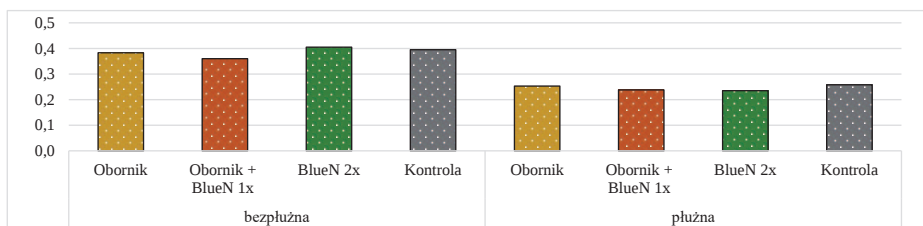
Wykres 183. Wilgotność gleby pod pszenicą w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, średnia z dwu terminów pomiaru (%VWC), 2023 r.



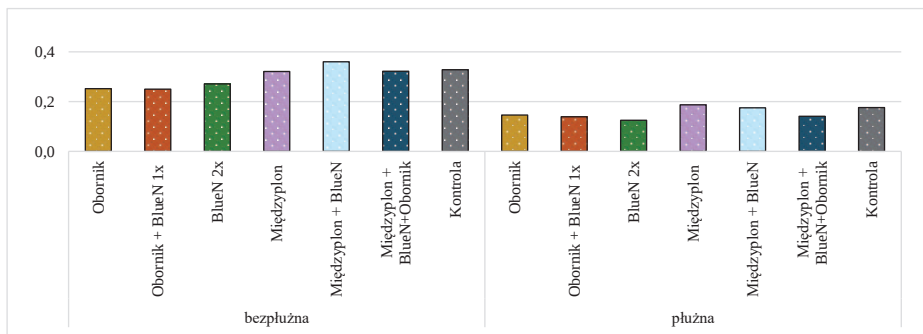


Wykres.184. Wilgotność gleby pod pszenicą w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, średnia z dwu terminów pomiaru (%WVC), 2024 r.

Niezależnie od roku badań opór penetracyjny gleby uprawianej bezorkowo okazał się większy niż opór penetracyjny gleby uprawianej płuznie (Wyk. 185 i 186). W obydwu latach badań, nawożenie gleby obornikiem lub obornikiem z Blue N obniżało opór penetracyjny gleby pod pszenicą. W 2024 roku, również korzystnie na wartości oporu penetracyjnego gleby pod pszenicą wpływała dogłębowa aplikacja preparatu BlueN – efekty tego oddziaływania okazały się silniejszy w warunkach uprawy bezpłuznej niż w warunkach uprawy płuznej (Wyk. 186).



Wykres 185. Zwięzłość (opór penetracyjny) gleby pod pszenicą w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, średnia z dwóch terminów pomiaru (MPa), 2023 r.



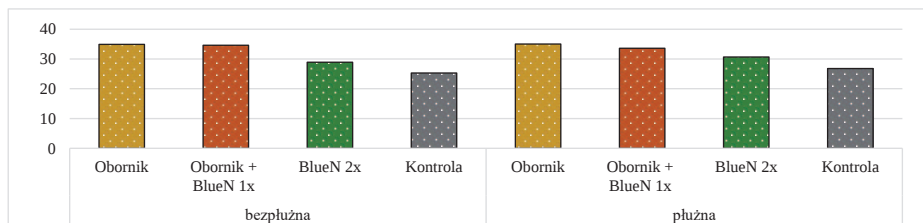
Wykres 186. Zwięzłość (opór penetracyjny) gleby pod pszenicą w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, średnia z dwóch terminów pomiaru (MPa), 2024 r.

3.5. Ocena odżywienia roślin

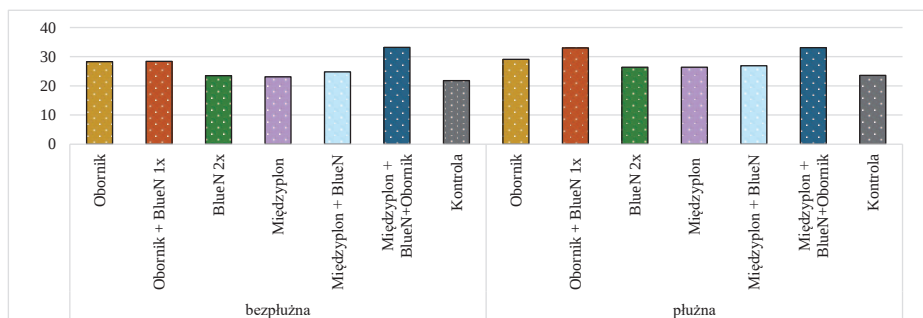
3.5.1. Zawartość N w liściu flagowym

Ocena zawartości N w liściu flagowym w fazie kłoszenia wykazała, że w 2023 roku pszenica okrągliżarnowa była najlepiej odżywiona azotem po zastosowaniu obornika lub obornika z preparatem BlueN (Wyk. 187). Mniejszą koncentrację N w liściu flagowym odnotowano po aplikacji samego biostymulatora a najmniejszą w kontroli. Sposób uprawy roli nie miał wpływu na omawianą cechę.

W 2024 roku pszenica charakteryzowała się największą koncentracją N w liściu flagowym w uprawie płużnej, w obiektach międzyplon+BlueN+obornik oraz obornik+BlueN (Wyk. 188). Podobnie w uprawie bezpłużnej wartość tego wskaźnika stanu odżywienia roślin azotem była największa w obiekcie międzyplon+BlueN+obornik. Wysoką zawartością N w liściu flagowym charakteryzowała się także pszenica w pozostałych obiektach z obornikiem. Aplikacja samego biostymulatora, samego międzyplonu lub międzyplonu z preparatem BlueN w uprawie płużnej jak i bezpłużnej dawała gorsze rezultaty, jednak stan odżywienia roślin w tych obiektach był lepszy niż w kontroli.



Wykres 187. Zawartość N w liściu flagowym pszenicy okrągliżarnowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), 2023 r.

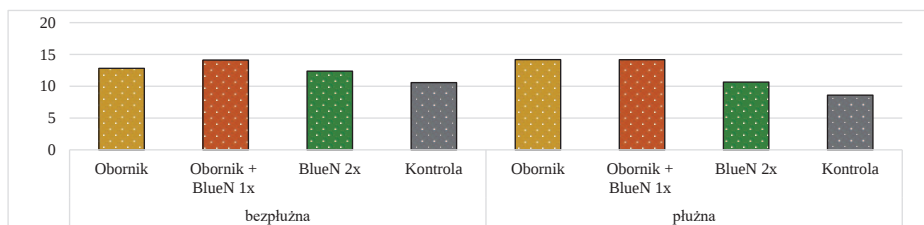


Wykres 188. Zawartość N w liściu flagowym pszenicy okrągliżarnowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), 2024 r.

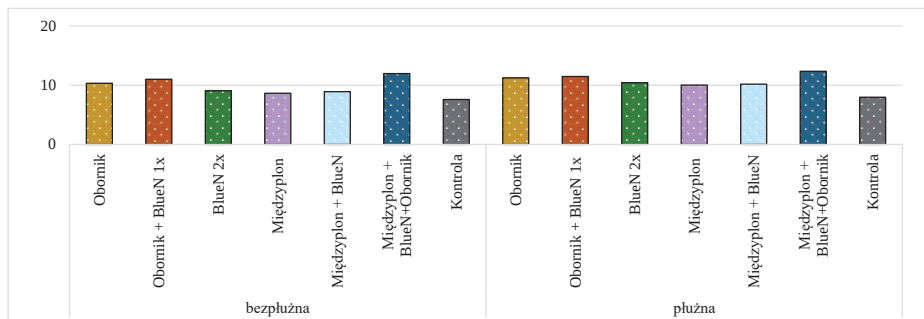


3.5.2. Zawartość N w biomase

W 2023 roku zawartość N w biomase nadziemnej pszenicy wynosiła średnio $12,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, natomiast w 2024 roku $10,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. W pierwszym roku badań odnotowano wysoką zawartość N w biomase pszenicy nawożonej samym obornikiem lub łącznie z nalistną aplikacją preparatu BlueN, szczególnie w uprawie płużnej (Wyk. 189). W 2024 roku, w uprawie płużnej i bezpłużnej najbardziej korzystny wpływ na omawianą cechę miała uprawa po międzyplonie łącznie z nawożeniem obornikiem i aplikacją biostymulatora (Wyk. 190). Najmniejszą koncentrację azotu oznaczono w obiekcie kontrolnym.



Wykres 189. Zawartość N w biomase nadziemnej pszenicy okrągliarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 2023 r.



Wykres 190. Zawartość N w biomase nadziemnej pszenicy okrągliarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 2024 r.

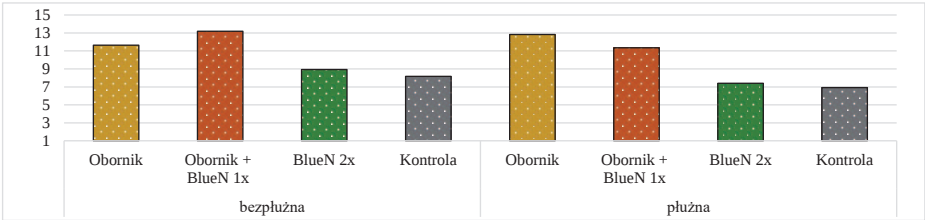
3.6. Ocena parametrów fizjologicznych

3.6.1. Fluorescencja chlorofilu

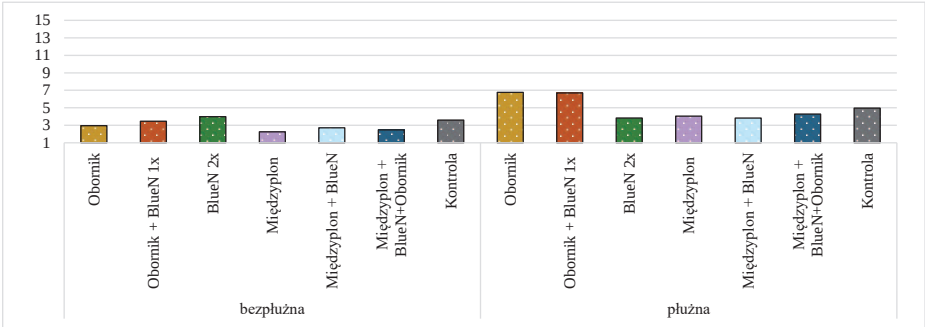
Wskaźnik funkcjonowania PSII (Plabs) liścia podflagowego pszenicy okrągliarowej był znacznie większy w 2023 roku niż w 2024 (Wyk. 191). W pierwszym roku badań na ogół nie obserwowano znaczących różnic w wartości Plabs pszenicy pomiędzy testowanymi metodami uprawy roli. Znacznie większy wpływ na ten parametr miał sposób nawożenia. W warunkach plużnej uprawy w 2023 roku najkorzystniejszym wariantem było zastosowanie obornika, znaczący wzrost w porównaniu z kontrolą uzyskano również pod wpływem zastosowania kombinacji obornika i Blue N. Wariant ten w warunkach



uprawy bezpłужnej wpłynął na największy względem kontroli bez nawożenia wzrost wartości indeksu Plabs liścia flagowego pszenicy. Nieco mniejszą, ale również znaczącą poprawę funkcjonowania PSII w porównaniu z kontrolą uzyskano pod wpływem nawożenia samym obornikiem.



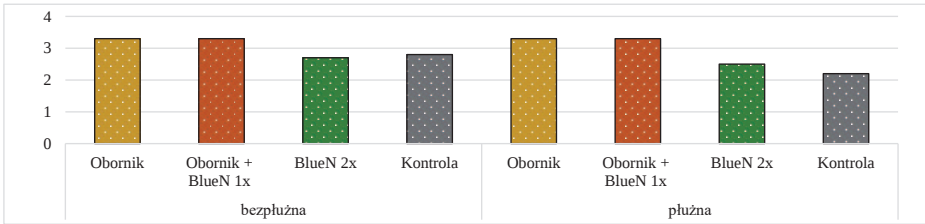
Wykres 191. Wskaźnik Plabs liścia podflagowego pszenicy okrągliarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2023 r.



Wykres 192. Wskaźnik Plabs liścia podflagowego pszenicy okrągliarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2024 r.

3.6.2. Indeks powierzchni liści LAI

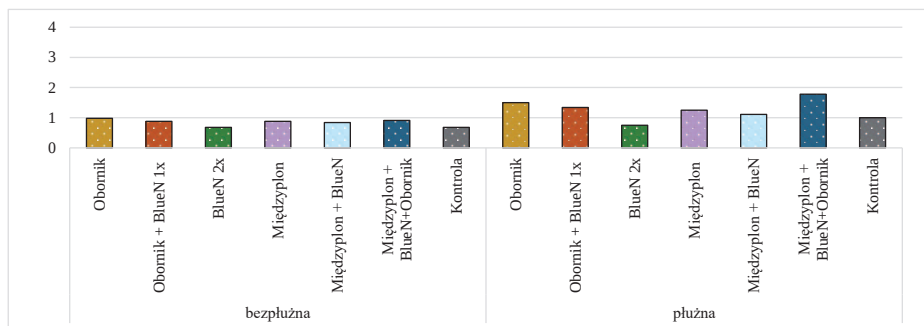
Wskaźnik powierzchni liściowej (LAI) pszenicy w fazie liścia flagowego w pierwszym roku badań był znacznie większy niż w drugim. W 2023 r. w uprawie bezpłужnej zastosowanie nawożenia obornikiem z aplikacją Blue N oraz samego obornika wpłynęło na znaczne zwiększenie wartości LAI pszenicy w porównaniu z kontrolą bez nawożenia (Wyk. 193). W uprawie płужnej również potwierdzono korzystny wpływ tych sposobów nawożenia na LAI pszenicy. Dwukrotna aplikacja Blue N w niewielkim stopniu zwiększyła LAI pszenicy w porównaniu z kontrolą w warunkach uprawy płужnej.



Wykres 193. Indeks powierzchni liściowej (LAI) pszenicy okrągliarowej w fazie liścia flagowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2023 r.



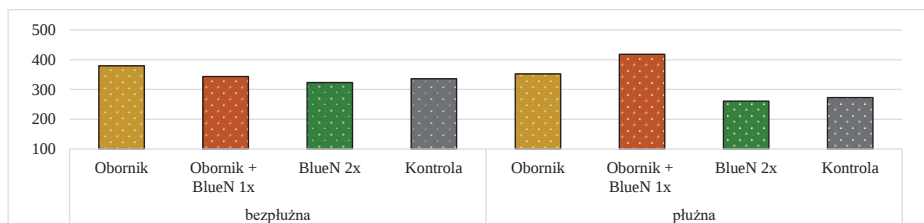
W 2024 r. rośliny na ogół wykazywały większą powierzchnię liściową w warunkach uprawy płuznej (Wyk. 194). W obu systemach uprawy wzrost wartości wskaźnika LAI w stosunku do kontroli uzyskano pod wpływem nawożenia obornikiem oraz z jednokrotną aplikacją Blue N, a także pod wpływem wcześniejszej uprawy międzyplonu, zwłaszcza jeżeli był on stosowany w kombinacji z obornikiem oraz stymulacją Blue N. Większy wzrost wartości wskaźnika LAI pszenicy względem kontroli bez nawożenia w 2024 r. obserwowano w warunkach uprawy płuznej.



Wykres 194. Indeks powierzchni liściowej (LAI) pszenicy okragłoziańkowej w fazie liścia flagowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2024 r.

3.6.3. Indeks chlorofilu SPAD

Wskaźnik SPAD był znacznie większy w 2023 niż 2024 roku niezależnie od zastosowanego wariantu nawozowego i sposobu uprawy roli. W pierwszym roku badań w warunkach uprawy bezpłuznej wartość SPAD pszenicy w stosunku do kontroli zwiększyła się pod wpływem stosowania obornika. W wariancie płuznym ten sposób nawożenia również przyczynił się do poprawy zieloności liścia w porównaniu z wariantem bez nawożenia jednak najkorzystniej na ten parametr wpłynęło zastosowanie obornika + Blue N (Wyk. 195).

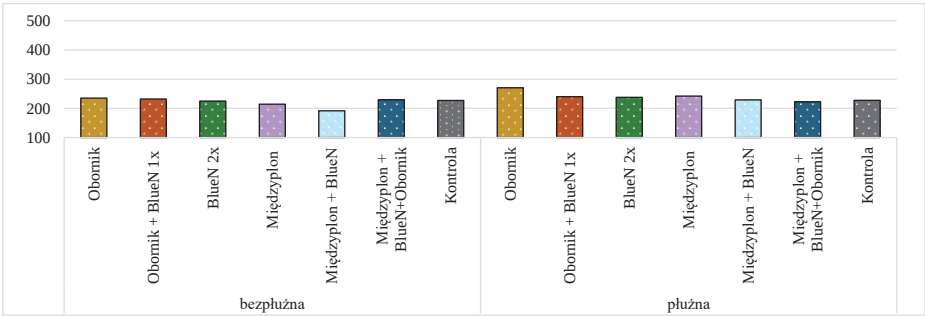


Wykres 195. Indeks zieloności (SPAD) liścia flagowego pszenicy okragłoziańkowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2023 r.

W drugim roku prowadzenia doświadczenia potwierdzono korzystne oddziaływanie obornika na indeks zieloności liścia pszenicy w uprawie płuznej. Pozostałe warianty nawozowe, niezależnie od stosowanej metody uprawy roli



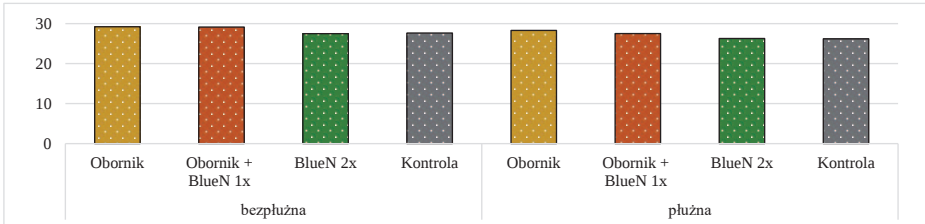
nie wpłynęły w znaczący sposób na poprawę wskaźnika zieloności liści (SPAD) pszenicy (Wyk. 196).



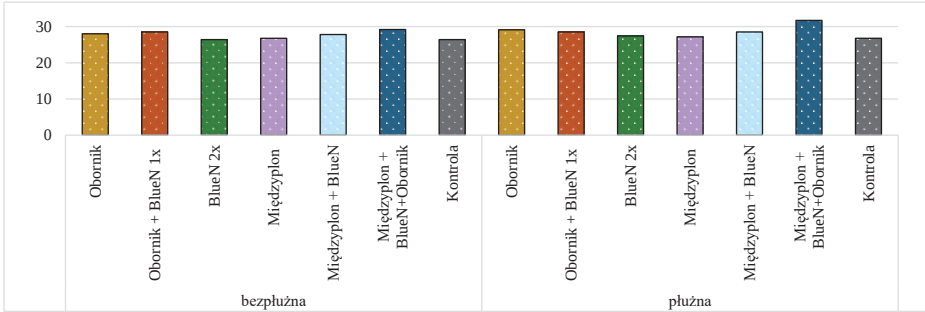
Wykres 196. Indeks zieloności (SPAD) liścia flagowego pszenicy okrągliarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2024 r.

3.7. Laboratoryjna ocena jakości ziarna
3.7.1. Ocena towaroznawcza

Masa tysiąca ziaren pszenicy okrągliarowej wynosiła 27,7 g w 2023 i 28,0 g w 2024 roku. Sposób uprawy roli nie miał wpływu na omawiana cechę w żadnym roku badań (Wyk. 197 i 198). Wpływ sposobu nawożenia/biostymulacji roślin był również niewielki. Odnotowano jedynie tendencje do zwiększenia masy tysiąca ziaren w obiektach z obornikiem.



Wykres 197. Masa tysiąca ziaren pszenicy okrągliarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (g), 2023 r.

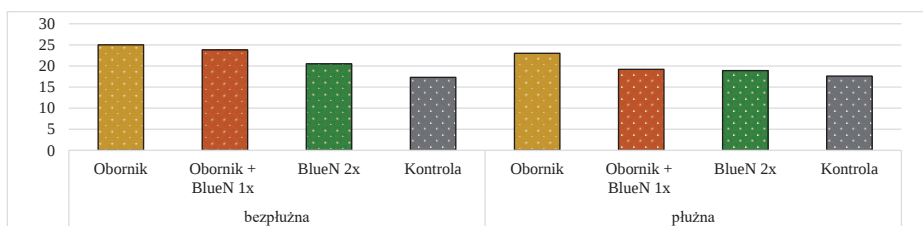


Wykres 198. Masa tysiąca ziaren pszenicy okrągliarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (g), 2024 r.



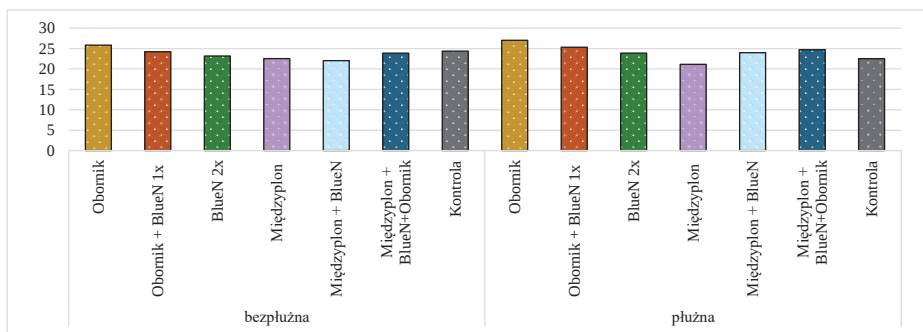
3.7.2. Zawartość makro i mikroelementów

Średnia zawartość azotu w ziarnie pszenicy w 2024 roku była wyższa w stosunku do wartości tej cechy odnotowanej w 2023 roku, a różnica wynosiła 15,8%. W obydwu latach prowadzenia doświadczenia największą zawartością azotu charakteryzowało się ziarno testowanego zboża zebrane z obiektów, na których aplikowano obornik w uprawie bezpłuznej (2023 – Wyk. 199) oraz płuznej (2024 – Wyk. 200). Należy zwrócić uwagę, że również przy uprawie płuznej w 2023 roku i bezpłuznej w 2024 roku zastosowanie obornika skutkowało uzyskaniem najwyższej zawartości azotu w ziarnie badanej pszenicy.



Wykres 199. Zawartość azotu w ziarnie pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), 2023 r.

W 2023 roku zawartości fosforu i magnezu oraz wapnia w ziarnie pszenicy były największe w uprawie bezpłuznej po aplikacji odpowiednio: obornika oraz łącznie obornika z preparatem BlueN. Z kolei po zastosowaniu systemu orkowego, najwyższe wartości powyższych składników mineralnych w plonie głównym odnotowano na poletkach nawożonych obornikiem.



Wykres 200. Zawartość azotu w ziarnie pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), 2024 r.

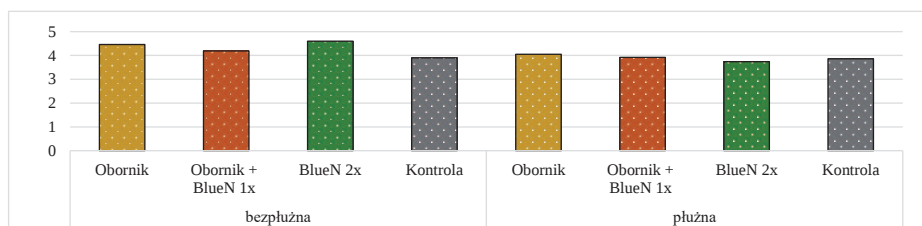
Odnotowano, że w pierwszym roku prowadzenia badań średnia zawartość potasu w ziarnie pszenicy była wyższa w porównaniu do wartości tej cechy uzyskanej w 2024 roku, a różnica wynosiła aż 29,8%.

Uprawa bezpłuzna i dwukrotna aplikacja biostymulatora BlueN determinowała uzyskanie największej zawartości potasu w ziarnie pszenicy zebranym z poletek doświadczalnych w 2023 roku (Wyk. 201). W kolejnym roku badań

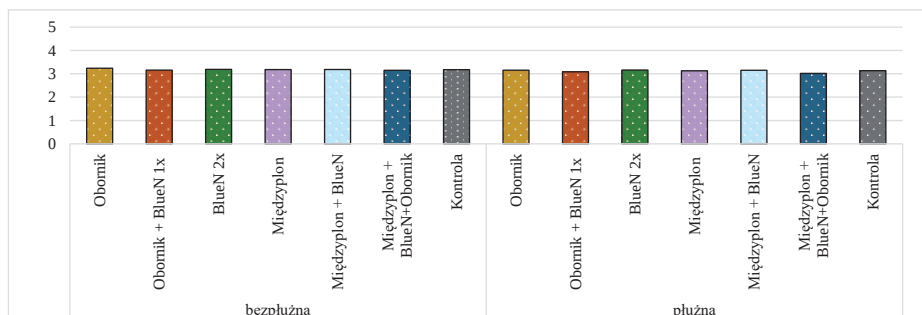


najkorzystniejszy dla wartości omawianej cechy był również ten sam system uprawy, ale w połączeniu z nawożeniem naturalnym (Wyk. 202).

W pierwszym roku prowadzenia eksperymentu polowego nie zauważono kierunkowych zmian w zawartości mikroelementów w ziarnie testowanego zboża. Najwyższe zawartości Cu oraz Mn stwierdzono po uprawie orkowej i odpowiednio: nawożeniu obornikiem łącznie z biostymulatorem BlueN oraz dwukrotnej aplikacji preparatu BlueN. Z kolei zawartości Zn oraz Fe w ziarnie pszenicy były największe na poletkach doświadczalnych z uprawą bezpłuną i odpowiednio na obiektach: nawożonych obornikiem oraz kontrolnym.



Wykres 201. Zawartość potasu w ziarnie pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.), 2023 r.



Wykres 202. Zawartość potasu w ziarnie pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.), 2024 r.

W drugim roku (2024) prowadzenia doświadczenia odnotowano, że najwyższymi zawartościami Cu i Mn charakteryzowało się ziarno zebrane z obiektów, na których stosowano system uprawy bezpłunnej i dwukrotnie aplikowano preparat BlueN. Natomiast największe ilości cynku oraz żelaza w ziarnie testowanego zboża stwierdzono na obiektach kontrolnych, odpowiednio przy uprawie: bezpłunnej oraz płunnej.

Należy również podkreślić, biorąc pod uwagę średnie dla efektów głównych, że najwyższe zawartości w ziarnie pszenicy: i) w 2023 roku: - dla P, K, Ca, Mg, Zn i Fe odnotowano po zastosowaniu uprawy bezpłunnej, a dla Cu i Mn - po uprawie orkowej; - dla P, K, Mg i Zn uzyskano po aplikacji obornika, a dla Ca i Cu – aplikacji łącznej obornika i BlueN, ii) w 2024 roku: - dla P, K, Cu i Zn stwierdzono po zastosowaniu uprawy bezpłunnej; dla Ca, Mg, Fe i Mn – po uprawie



orkowej; - dla P, K i Ca zauważono po aplikacji obornika, dla Mg, Cu, Zn i Mn – po dwukrotnej aplikacji preparatu BlueN. Poza tym średnie zawartości P, Ca i analizowanych mikroelementów w ziarnie pszenicy były większe w drugim roku przeprowadzonych badań.



Fot. 19. Zbiór ziarna pszenicy okrągłoziałowej

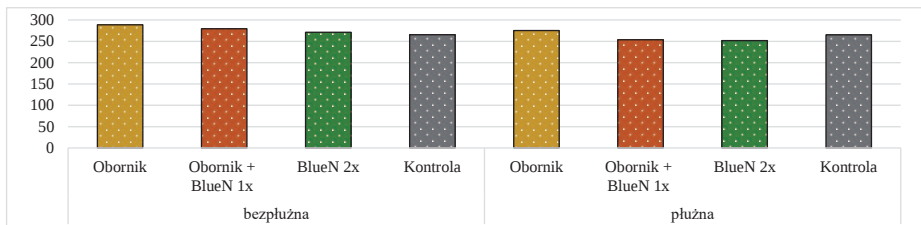
3.7.3. Udział aminokwasów w białku ziarna

W 2023 roku odnotowano, że zawartości wszystkich analizowanych aminokwasów egzo- i endogennych w białku ziarna pszenicy okrągłoziałowej były najwyższe po wykonaniu uprawy bezpłżnej i zaaplikowaniu obornika oraz preparatu stymulującego BlueN. Natomiast w drugim roku doświadczenia (2024) najkorzystniej na wartości badanych aminokwasów zadziałała uprawa płżna z aplikacją obornika (z wyjątkiem: alaniny – uprawa bezpłżna, międzyplon+BlueN, glutaminy i argininy – uprawa płżna i aplikacja obornika).

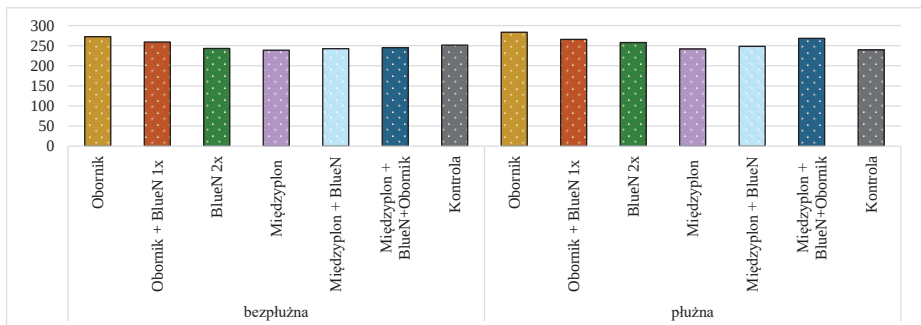
W 2023 roku odnotowano korzystniejszą sumę aminokwasów egzogennych w białku ziarna pszenicy. Następny rok doświadczenia charakteryzował się mniejszą o 5,5% wartością tej cechy.

W obydwu latach badań sumy aminokwasów egzogennych (Wyk. 203 i 204), endogennych i całkowita były najwyższe w białku ziarna pszenicy Trispa zebranego z poletek po zastosowaniu obornika, przy czym w pierwszym roku związane to było z uprawą bezpłżną, a w 2024 roku z uprawą orkową.



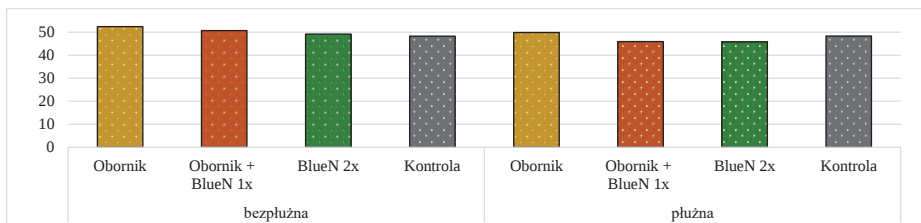


Wykres 203. Suma aminokwasów egzogennych w białku ziarna pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ białka), 2023 r.



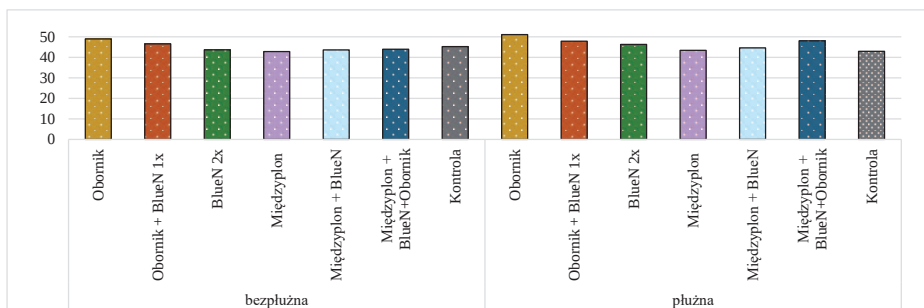
Wykres 204. Suma aminokwasów egzogennych w białku ziarna pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ białka), 2024 r.

Najkorzystniejsze wartości wskaźnika aminokwasów egzogennych WAE białka ziarna badanego zboża w obydwu latach badań uzyskano po aplikacji obornika, zarówno w uprawie płuznej jak i bezpłuznej (Wyk. 205 i 206). Przy czym w 2023 roku wskaźnik ten był największy po uprawie bezorkowej, a w kolejnym roku – orkowej. Takie same zależności stwierdzono dla wartości wskaźników aminokwasów ograniczających. Ziarno pszenicy zebrane w pierwszym roku prowadzenia eksperymentu polowego w Wolkowie charakteryzowało się wyższą średnią wartością wskaźnika aminokwasów egzogennych WAE białka w porównaniu do wartości tej cechy odnotowanej w 2024 roku. Różnica wynosiła 6,9%.



Wykres 205. Wartość WAE w białku ziarna pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2023 r.

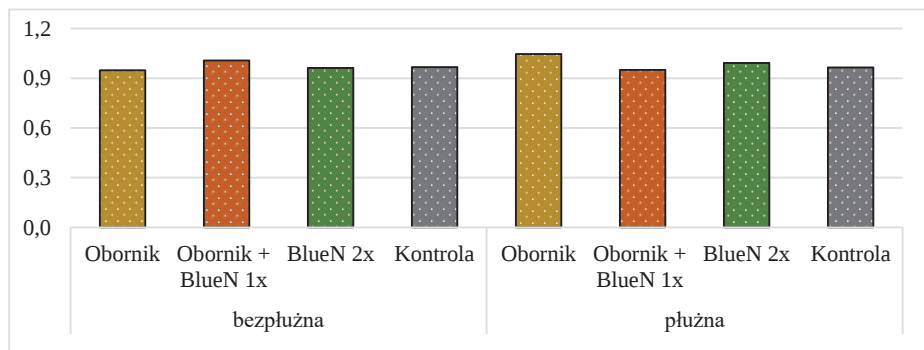




Wykres 206. Wartość WAE w białku ziarna pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia, 2024 r.

3.7.4. Zawartość substancji redukujących, skrobi oraz składników bioaktywnych

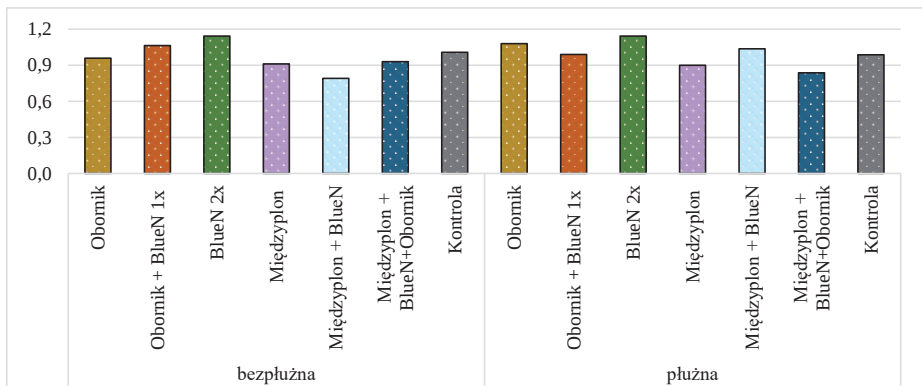
Oceniono wpływ sposobu uprawy roli, nawożenia organicznego i biostymulacji na skład chemiczny ziarna pszenicy okrągliżarnowej jarej Trispa. Zawartość związków redukujących w ziarnie pszenicy w 2023 r. kształtowała się na zbliżonym poziomie niezależnie od sposobu uprawy roli i nawożenia (Wyk. 207). W kolejnym 2024 r. największe stężenie substancji redukujących (1,15% s.s.) odnotowano po dwukrotnej biostymulacji pszenicy w uprawie płuznej i bezpłuznej (Wyk. 208).



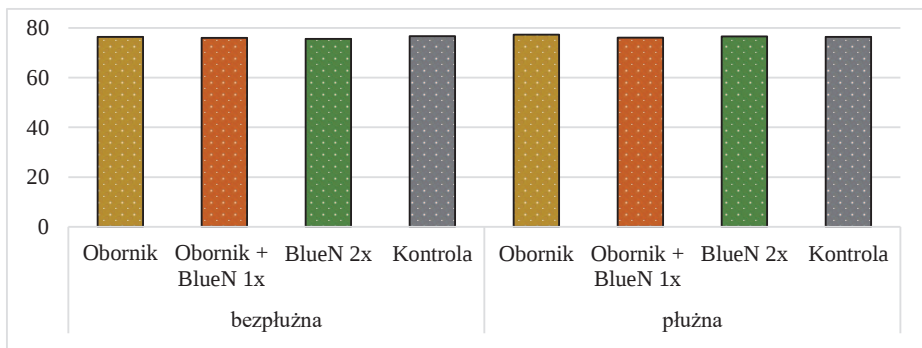
Wykres 207. Zawartość substancji redukujących w ziarnie pszenicy okrągliżarnowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2023 r.

Zawartość skrobi w ziarnie pszenicy okrągliżarnowej jarej w 2023 roku wahała się w granicach od 75,6% s.s. do 77,3% s.s. (Wyk. 209) a w 2024 roku od 63,2% s.s. do 78,1% s.s. (Wyk. 210). W pierwszym roku badań nie zaobserwowano wpływu analizowanych czynników na zawartość skrobi w ziarnie pszenicy. W drugim roku pszenica w obiektach z międzyplonem charakteryzowała się mniejszą zawartością skrobi niż w pozostałych obiektach.

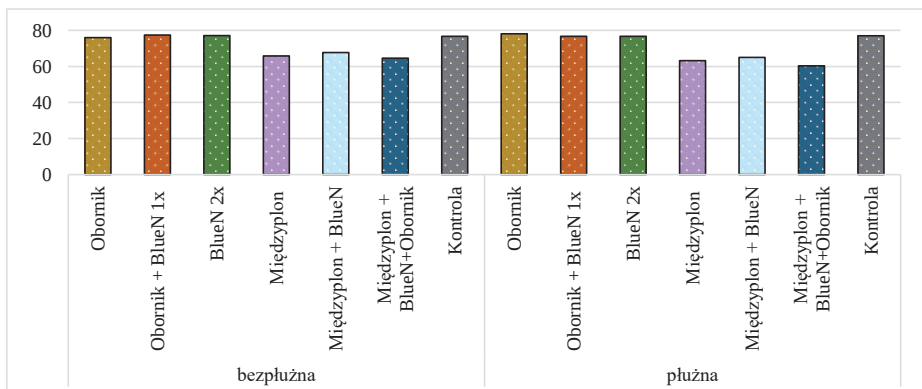




Wykres 208. Zawartość substancji redukujących w ziarnie pszenicy okrągłoziałowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2024 r.



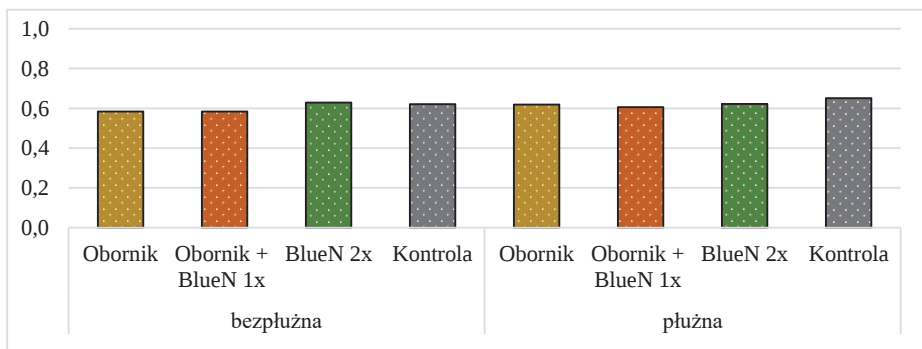
Wykres 209. Zawartość skrobi w ziarnie pszenicy okrągłoziałowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2023 r.



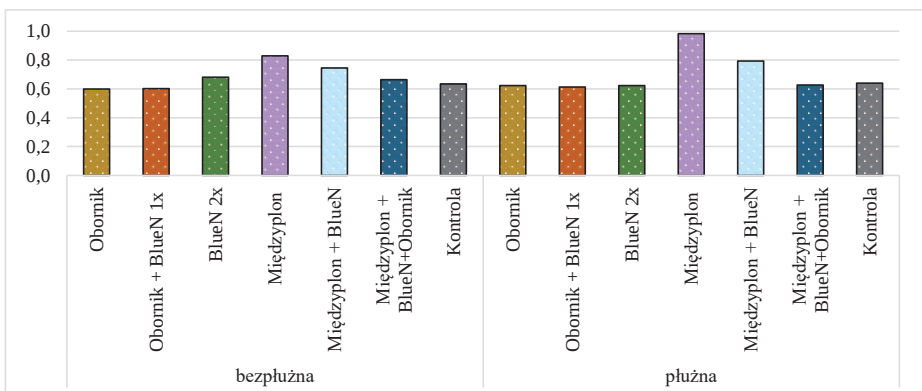
Wykres 210. Zawartość skrobi w ziarnie pszenicy okrągłoziałowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2024 r.



W 2023 roku ziarno pszenicy z uprawy bezpłznej zawierało mniej β -glukanów niż z uprawy płznej (Wyk. 211). Największą zawartością β -glukanów charakteryzowało się ziarno pszenicy z uprawy płznej z 2024 roku w obiekcie po międzyplonie (Wyk. 212). Zawartość błonnika pokarmowego kształtowała się na poziomie od 17,8% s.s do 19,6% s.s w 2023 r. (Wyk. 213) i od 18,2% s.s. do 22,8% s.s. (Wyk. 214) w 2024 r. Największe stężenia odnotowano w ziarnie z uprawy płznej z zastosowaną dawką obornika i preparatu mikrobiologicznego (2023 r.) oraz z zastosowaną mieszanką międzyplonową bez lub z preparatem mikrobiologicznym (2024 r.).

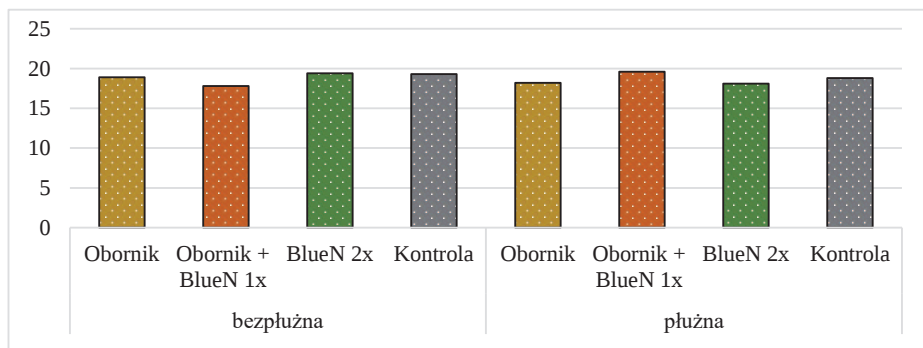


Wykres 211. Zawartość β -glukanów ogółem w ziarnie pszenicy okragłoziarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2023 r.

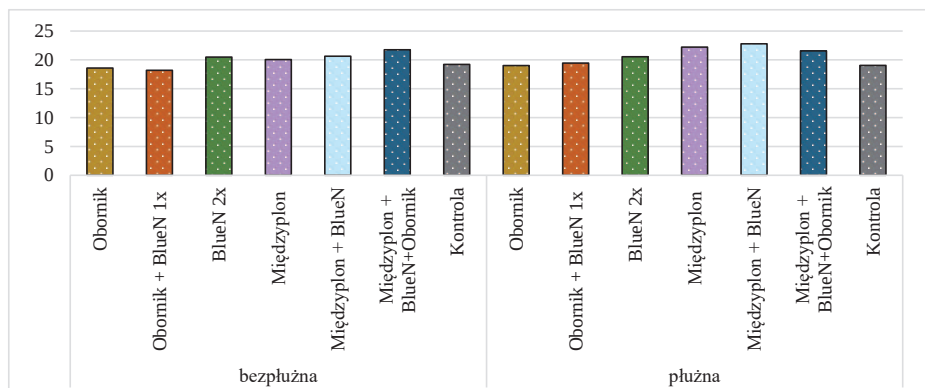


Wykres 212. Zawartość β -glukanów ogółem w ziarnie pszenicy okragłoziarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2024 r.





Wykres 213. Zawartość błonnika pokarmowego ogółem w ziarnie pszenicy okrągłoziałowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2023 r.



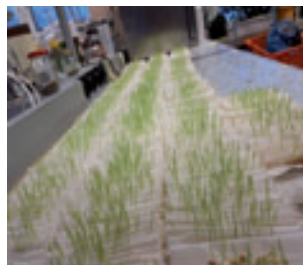
Wykres 214. Zawartość błonnika pokarmowego ogółem w ziarnie pszenicy okrągłoziałowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (% s.s.), 2024 r.

3.7.5. Zdolność i energia kiełkowania

Oceniano wpływ sposobu uprawy roli i nawożenia na energię i zdolność kiełkowania ziarna pszenicy okrągłoziałowej jarej Trispa (Fot. 20). Pożądana jest wysoka, co najmniej 85%, energia kiełkowania. Na energię kiełkowania wpływają przede wszystkim warunki klimatyczne, następnie czynniki agrotechniczne i w mniejszym stopniu właściwości odmianowe. W obu latach prowadzenia



A

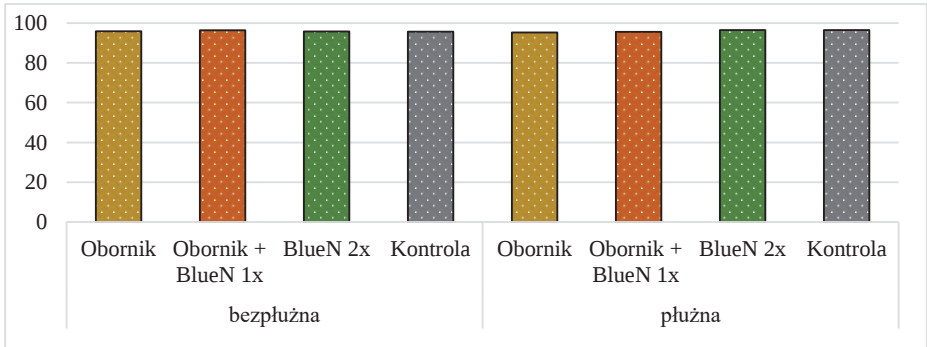


B

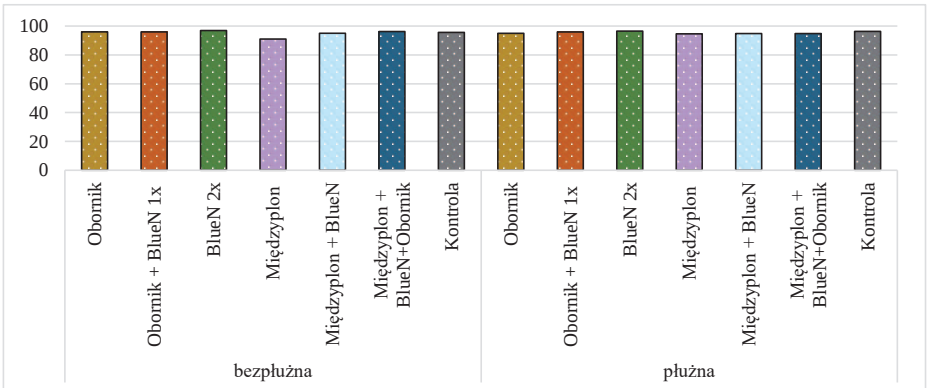
Fot. 20. Oznaczenie zdolności kiełkowania pszenicy okrągłoziałowej: A- wzrost w 3. dobie, B- wzrost w 5. dobie.



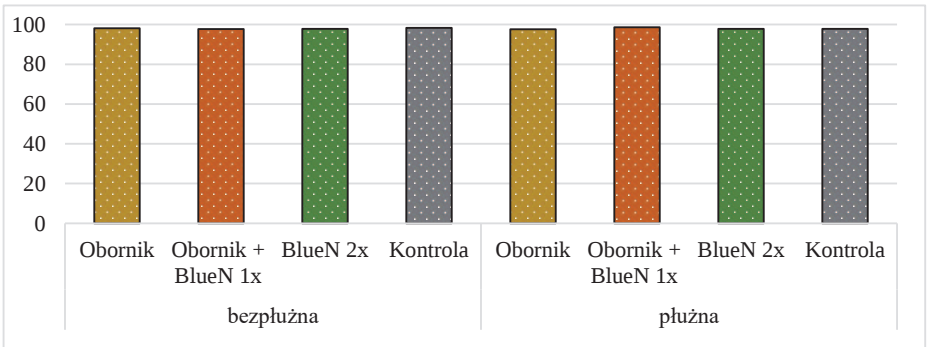
doświadczenia ziarno charakteryzowało się wysoką zdolnością kiełkowania od 91% do 96,9% niezależnie od sposobu uprawy roli i nawożenia (Wyk. 215 i 216). Podobnie zdolność kiełkowania kształtowała się na wysokim poziomie i wahała od 97,6% do 98,6% zarówno w 2023 r. jak i 2024 r. (Wyk. 217 i 218).



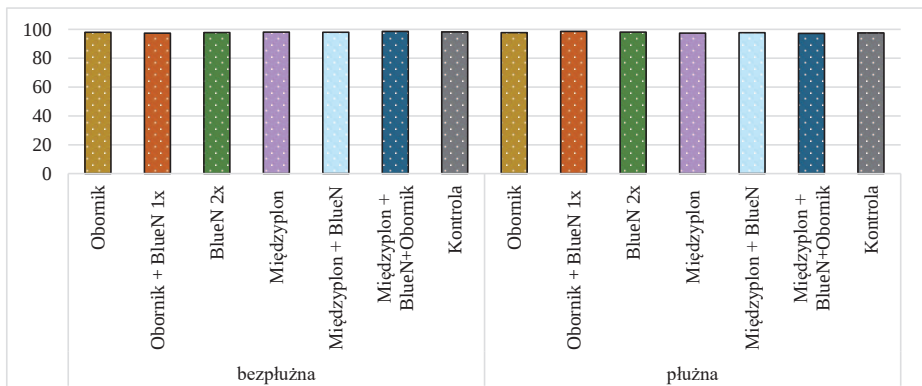
Wykres 215. Energia kiełkowania ziarna pszenicy okrągliarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (%), 2023 r.



Wykres 216. Energia kiełkowania ziarna pszenicy okrągliarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (%), 2024 r.



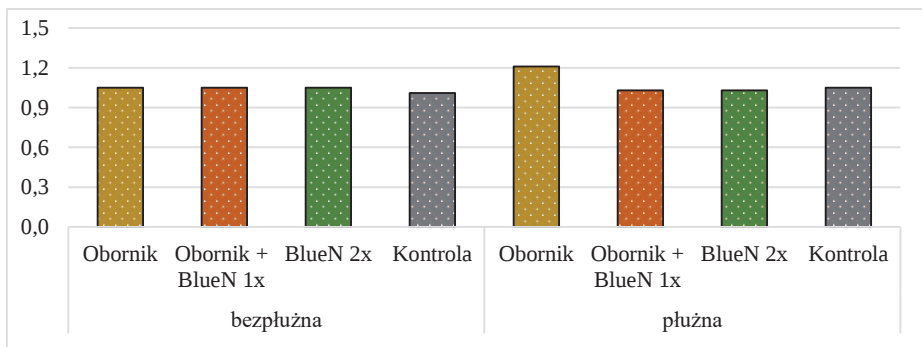
Wykres 217. Zdolność kiełkowania ziarna pszenicy okrągliarowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (%), 2023 r.



Wykres 218. Zdolność kiełkowania ziarna pszenicy okrągłoziałowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (%), 2024 r.

3.7.6. Zawartość związków fenolowych i aktywność przeciwutleniająca

Oceniano wpływ sposobu uprawy roli i nawożenia na zawartość związków fenolowych i aktywność przeciwutleniającą ziarna pszenicy okrągłoziałowej jarej Trispa. W 2023 roku największą zawartość związków fenolowych ($1,2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) odnotowano w uprawie płuznej po jednorazowym zastosowaniu dawki obornika (Wyk. 219). W kolejnym roku prowadzenia doświadczenia uprawa płuzna zarówno z jednorazową dawką obornika jak i z zastosowaniem wielogatunkowej mieszanki międzyplonowej, obornika i preparatu mikrobiologicznego sprzyjała największej kumulacji związków fenolowych (Wyk. 220).

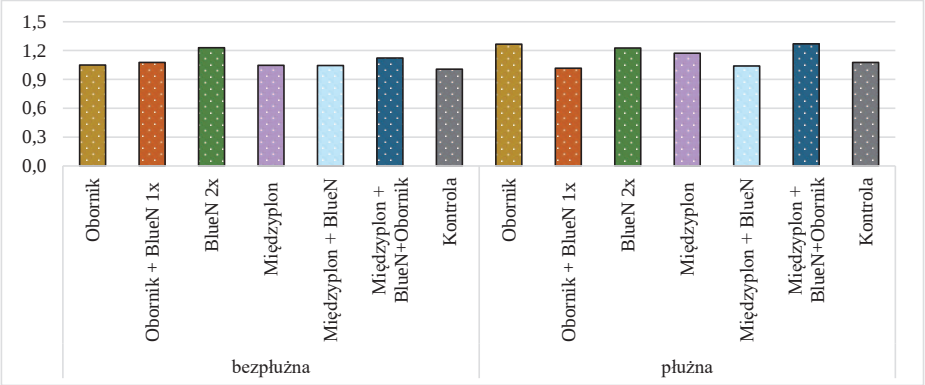


Wykres 219. Zawartość związków fenolowych w ziarnie pszenicy okrągłoziałowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg kwasu ferulowego $\cdot \text{g}^{-1}$), 2023 r.

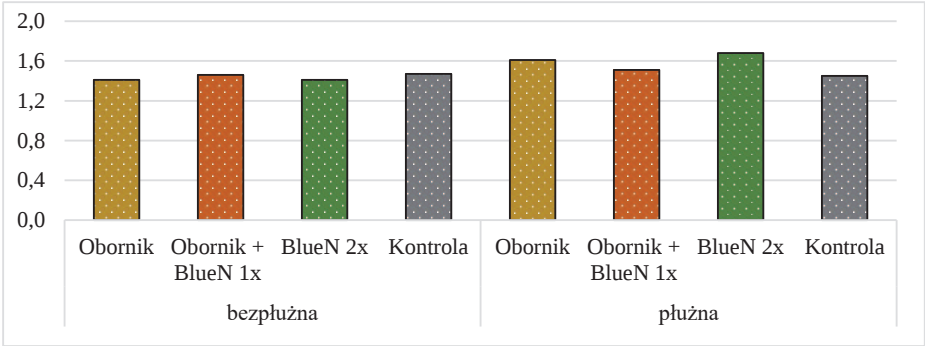
Aktywność przeciwutleniająca ziarna pszenicy okrągłoziałowej w 2023 roku wahała się w granicach od $1,4 \text{ mg Tx} \cdot \text{g}^{-1}$ do $1,7 \text{ mg Tx} \cdot \text{g}^{-1}$ (Wyk. 221) a w 2024 roku od $1,4 \text{ mg Tx} \cdot \text{g}^{-1}$ do $1,9 \text{ mg Tx} \cdot \text{g}^{-1}$ (Wyk. 222). Największą aktywnością antyoksydacyjną charakteryzowały się próby ziarna z uprawy płuznej po dwukrotnej



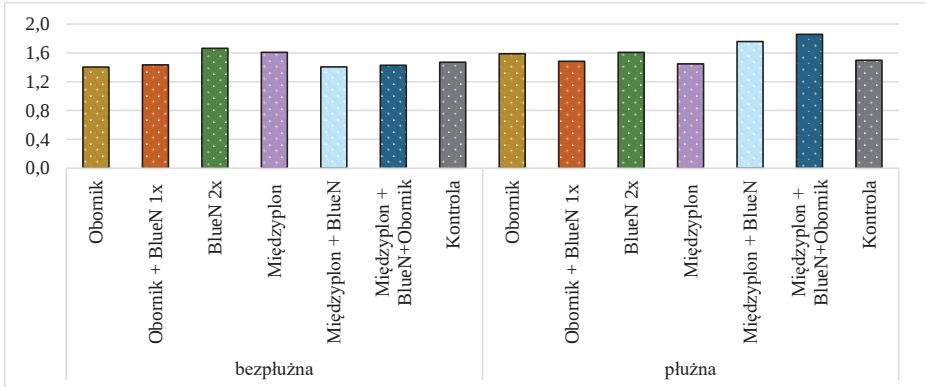
biostymulacji (2023 r.) oraz po zastosowaniu wielogatunkowej mieszanki międzyplonowej, obornika i preparatu mikrobiologicznego (2024 r.).



Wykres 220. Zawartość związków fenolowych w ziarnie pszenicy okrągłoziennej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg kwasu ferulowego·g⁻¹), 2024 r.



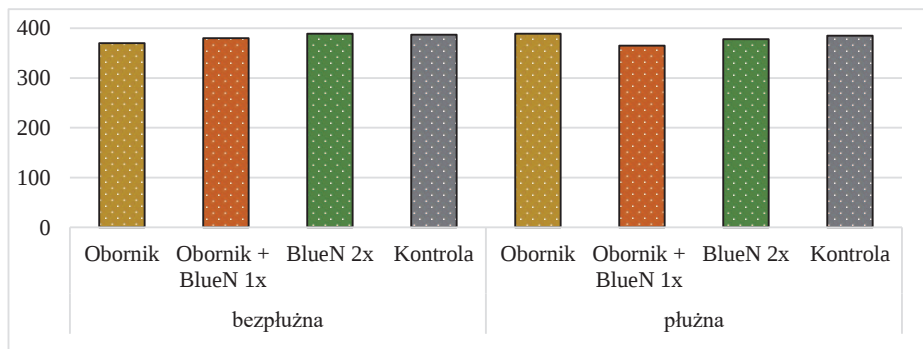
Wykres 221. Aktywność antyoksydacyjna ziarna pszenicy okrągłoziennej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (mg Tx·g⁻¹), 2023 r.



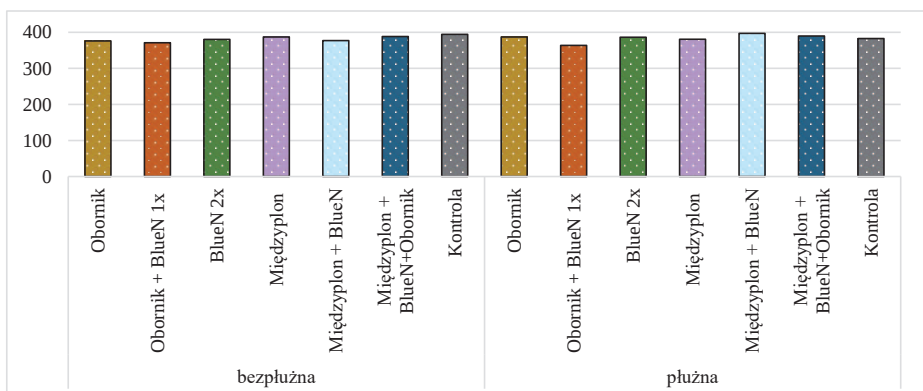
Wykres 222. Aktywność antyoksydacyjna ziarna pszenicy okrągłoziennej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia mg (Tx·g⁻¹), 2024 r.

3.7.7. Właściwości technologiczne ziarna

Liczba opadania jest powszechnie stosowanym wyróżnikiem jakości do określenia aktywności enzymów amylolitycznych ziarna pszenicy. Największy wpływ na aktywność alfa-amylazy mają warunki pogodowe w trakcie wegetacji roślin i zbioru ziarna. Poziom aktywności enzymów amylolitycznych w dużym stopniu wpływa na jakość uzyskanego pieczywa. Oceniono wpływ sposobu uprawy roli i nawożenia pszenicy okrągłoziarnowej jarej Trispa na układ skrobiowo-amylolityczny i przebieg kleikowania skrobi zawartej w ziarnie. Badane ziarno charakteryzowało się niską aktywnością amylolityczną. W zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia wartości liczby opadania kształtowały się w zakresie od 365 s do 389 s w 2023 roku (Wyk. 223) i od 364 s do 394 s w 2024 roku (Wyk. 224).



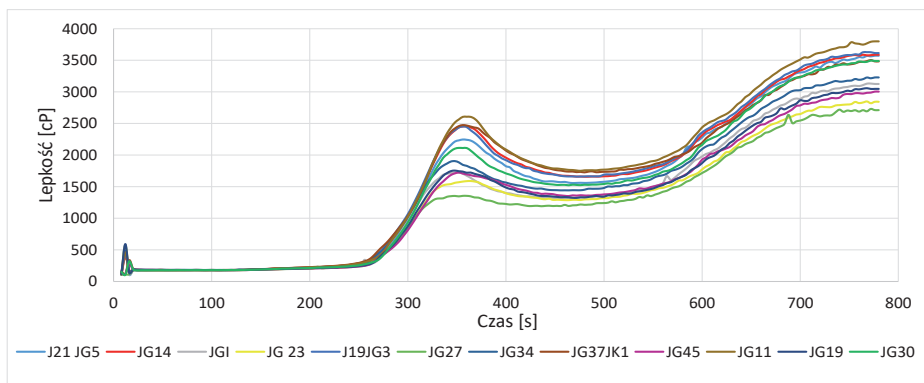
Wykres 223. Liczba opadania ziarna pszenicy okrągłoziarnowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (s), 2023 r.



Wykres 224. Liczba opadania ziarna pszenicy okrągłoziarnowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (s), 2024 r.

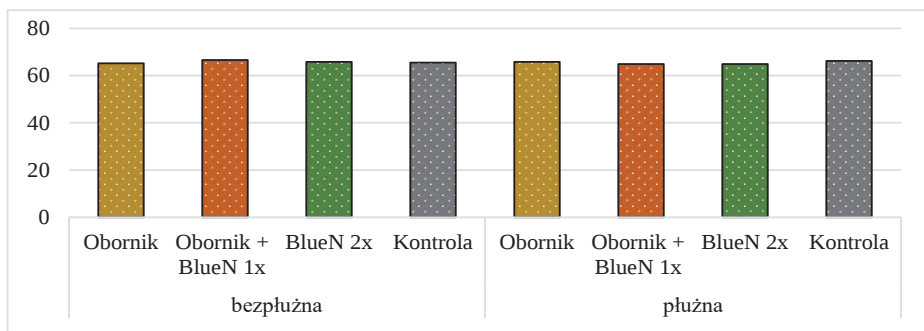
Kształt krzywych charakterystyki kleikowania był typowy dla procesu kleikowania skrobi, a kleiki poszczególnych analizowanych prób odznaczały się nieznacznie różnymi wartościami lepkości (Wyk. 225).



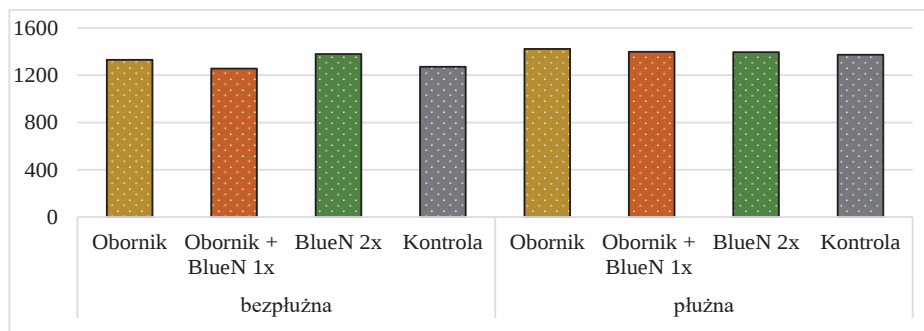


Wykres 225. Krzywe charakterystyki kleikowania ziarna pszenicy okrągłoziałowej

Temperatura kleikowania kształtowała się na bardzo zbliżonym poziomie i wahała się od 64,9°C do 66,6°C w 2023 roku (Wyk. 226) i od 64,4°C do 67,2°C w 2024 roku (Wyk. 227). W pierwszym roku prowadzenia doświadczenia ziarno pszenicy charakteryzowało się lepkością maksymalną w zakresie od 1272 cP do 1423 cP (Wyk. 228) a w kolejnym roku od 1291 cP do 1572 cP (Wyk. 229). W obu latach prowadzenia doświadczeń wzrost lepkości maksymalnej zaobserwowano w uprawie płużnej.

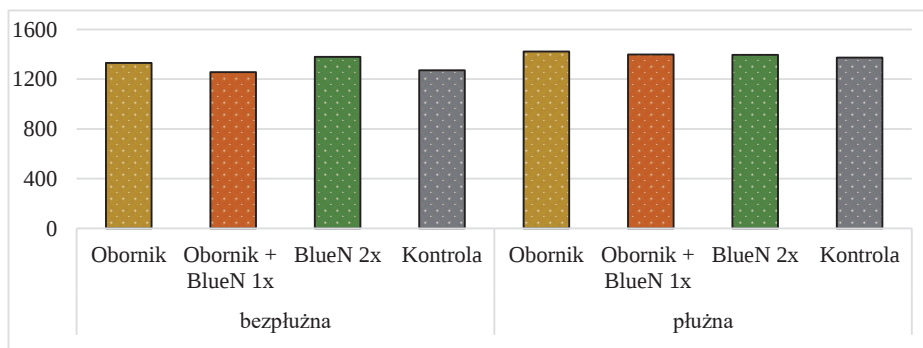


Wykres 226. Temperatura kleikowania zawiesin z ziarna pszenicy okrągłoziałowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (°C), 2023 r.

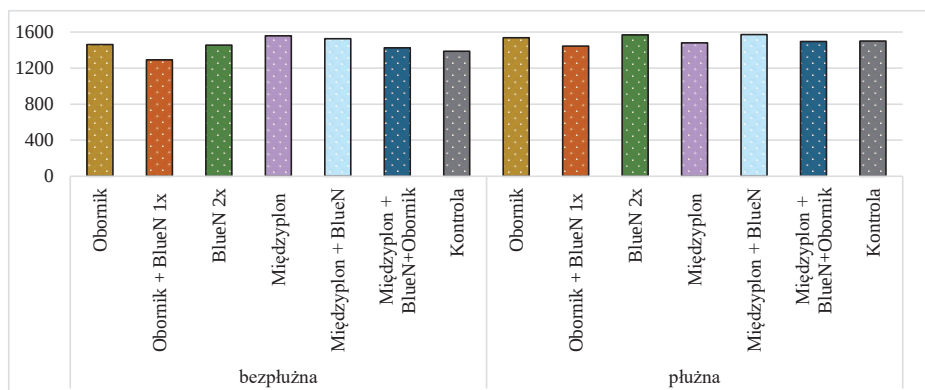


Wykres 227. Temperatura kleikowania zawiesin z ziarna pszenicy okrągłoziałowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (°C), 2024 r.





Wykres 228. Lepkość max zawiesin z ziarna pszenicy okrągłozirnowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (cP), 2023 r.



Wykres 229. Lepkość max zawiesin z ziarna pszenicy okrągłozirnowej w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia (cP), 2024 r.



4. Technologia otrzymywania i cechy jakościowe funkcjonalnych mączek z pozostałości browarniczych (młóta) z pszenicy okrągłoziałowej

4.1. Technologia otrzymywania mączek

4.1.1. Proces słodowania

4.1.1.1. Wpływ temperatury na proces słodowania i jakość słodu

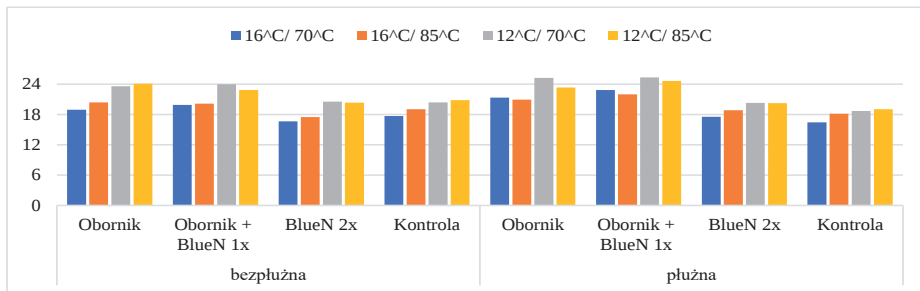
W celu uzyskania produktu charakteryzującego się niską dla celów browarniczych zawartością białka, wysoką aktywnością enzymatyczną i dobrym rozluźnieniem bielma niezbędny jest dobór parametrów procesu słodowania. Dlatego też w ramach zadania opracowano warunki prowadzenia procesu słodowania pszenicy okrągłoziałowej w celu otrzymania słodu o parametrach umożliwiających produkcję piwa. Postępowanie technologiczne w trakcie otrzymywania słodu było zgodne z metodyką przyjętą przez Europejską Unię Browarną. Proces kiełkowania prowadzono w temperaturze 12 i 16 °C. Poniżej przedstawiono przykładowe zdjęcia z procesu słodowania ziarna pszenicy okrągłoziałowej (Fot. 21). Następnie skiełkowane ziarno suszono w dwóch testowanych temperaturach 70 i 85°C. Wysuszone ziarna słodu pszenicy okrągłoziałowej poddano analizie fizyko-chemicznej.



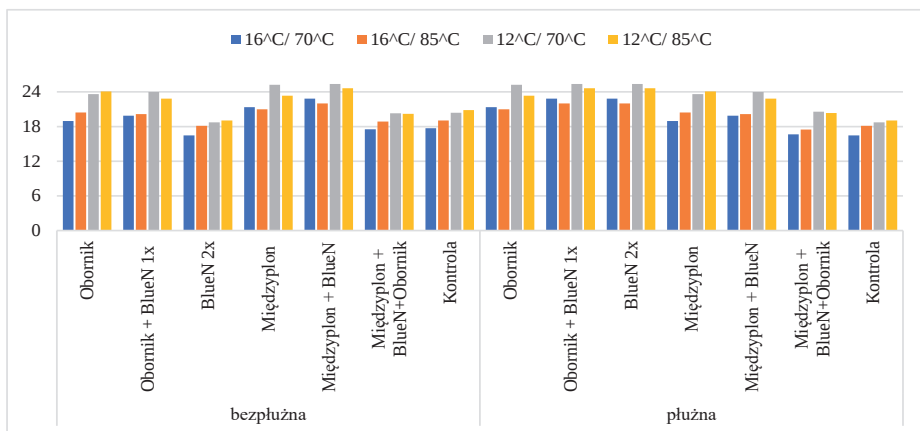
Fot. 21. Proces słodowania ziarna pszenicy okrągłoziałowej



Zawartość białka w słodzie uzyskanym z pszenicy okrągłoziałowej kształtowała się na poziomie od 12,1% s.s. do 13,9% s.s. zarówno w 2023 r. (Wyk. 230) jak i w 2024 r. (Wyk. 231). Najniższą zawartością białka w 2023 roku charakteryzowały się próby po dwukrotnej dawce preparatu mikrobiologicznego, zarówno z uprawy bezpłaznej jak i płaznej. Dla tych prób najkorzystniej jest prowadzić proces kiełkowania w temperaturze 16°C a suszenie skiełkowanego ziarna w 70°C. Podobnie w 2024 najniższą zawartość białka stwierdzono w próbce pochodzącej z obiektu, w którym dwukrotnie aplikowano biostymulator, jednak tylko z uprawy bezpłaznej.

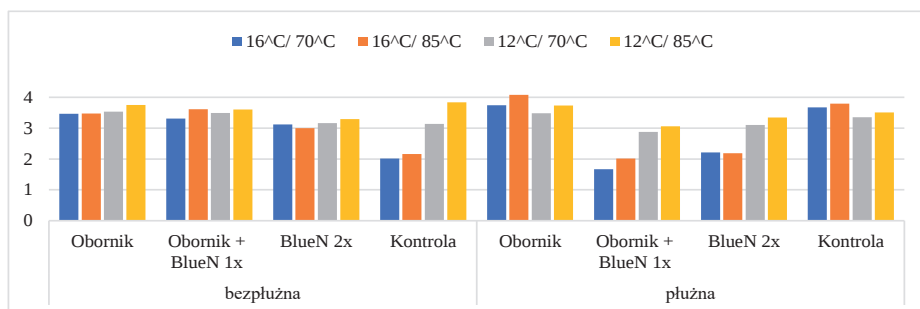


Wykres 230. Zawartość białka ogólnego (% s.s.) w słodzie uzyskanym z pszenicy okrągłoziałowej w 2023 r., z uwzględnieniem temperatury kiełkowania oraz suszenia srodu



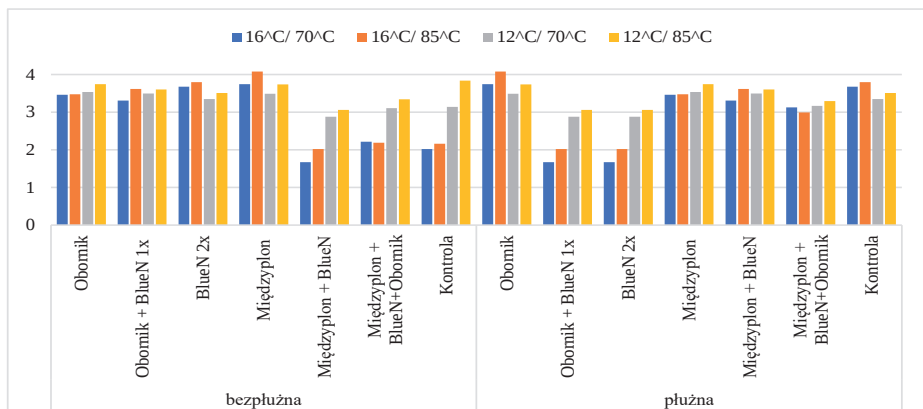
Wykres 231. Zawartość białka ogólnego (% s.s.) w słodzie uzyskanym z pszenicy okrągłoziałowej w 2024 r., z uwzględnieniem temperatury kiełkowania oraz suszenia srodu.

Aktywność antyoksydacyjna srodów pszennych wahała się w przedziale od 5,8 mg Tx·g⁻¹ do 8,8 mg Tx·g⁻¹ w 2023 r. (Wyk. 232) a w 2024 r do 8,5 mg Tx·g⁻¹ (Wyk. 233). W 2023 i 2024 roku największą aktywnością przeciwutleniającą odznaczały się próby z uprawy płżnej po zastosowaniu obornika. Podwyższenie temperatury kiełkowania i suszenia wpłynęło na zwiększenie kumulację związków o charakterze przeciwutleniającym w tym obiekcie.



Wykres 232. Aktywność antyoksydacyjna (mg Tx·g⁻¹ srodu) w słodzie uzyskanym z pszenicy okrągłoziałowej w 2023 r., z uwzględnieniem temperatury kiełkowania oraz suszenia srodu.

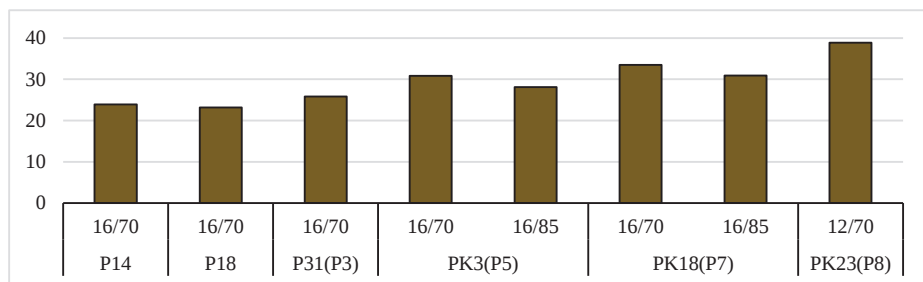




Wykres 233. Aktywność antyoksydacyjna (mg Tx·g⁻¹ słoðu) w słoðzie uzyskanym z pszenicy okrągłoziaŕnowej w 2024 r., z uwzględnieniem temperatury kiełkowania oraz suszenia słoðu.

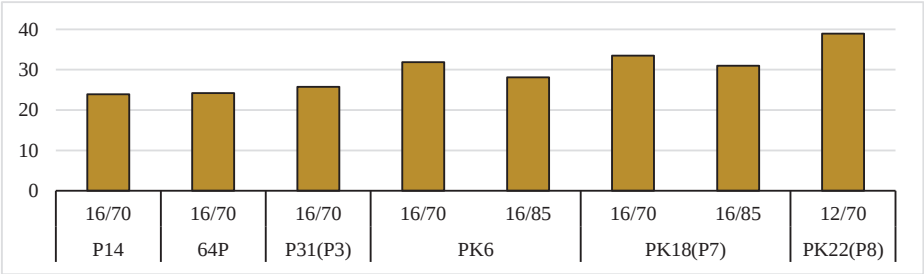
4.1.1.2. Parametry brzeczek kongresowych

Z uzyskanych słoðów z pszenicy okrągłoziaŕnowej jarej pochodzących z dwóch lat prowadzenia doświadczenia wytworzono laboratoryjne brzeczki kongresowe. Brzeczki poddano analizom zgodne z metodyką przyjętą przez Europejską Unię Browarną w odniesieniu do ziarna jęczmienia. Wysoka zawartość białka, powyżej 11,5%, wpływa negatywnie na ekstraktywność słoðu oraz na liczbę Kolbacha. Liczba Kolbacha to procentowy stosunek zawartości białka w brzeczce do ilości białka zawartego w słoðzie. Jest ona miarą rozluźnienia proteolitycznego oraz wyróżnikiem dynamiki procesów proteolitycznych w słoðzie. Parametr ten informuje o procentowym udziale protein obecnych w słoðzie, hydrolizowanych podczas słoðowania ziarna i otrzymywania brzeczki. Określenie możliwości prognozowania zmienności wartości liczby Kolbacha szczególnie w obszarze czynników agrotechnicznych ma duże znaczenie praktyczne. Wartość tej cechy kształtowała się w zakresie od 23,21% do 38,91% w 2023 r. (Wyk. 234) i od 23,92% do 38,91% w 2024 r. (Wyk. 235). Najniższymi wartościami Liczby Kolbacha charakteryzowały się słoðy wyprodukowane

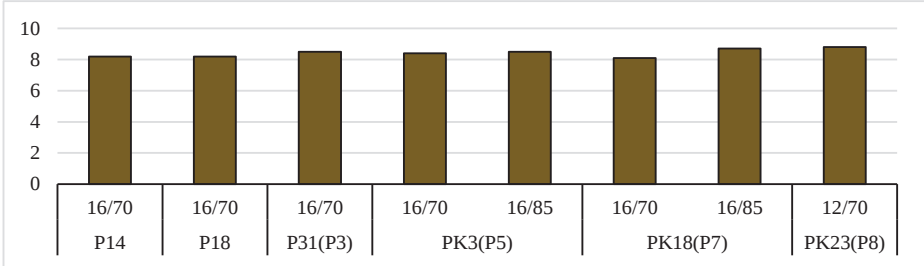


Wykres 234. Liczba Kolbacha brzeczek kongresowych z pszenicy okrągłoziaŕnowej (%), 2023 r.

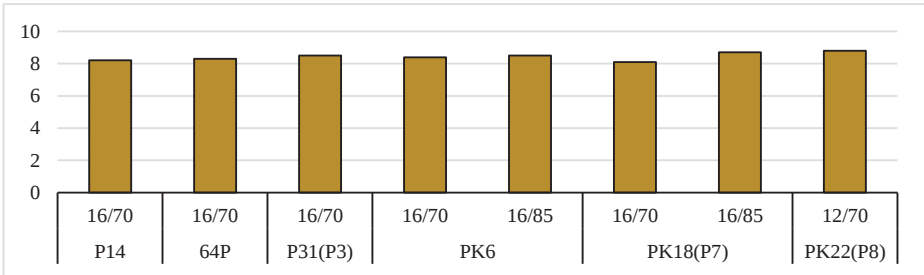
z ziarna pszenicy z upraw bezpłaznych z podwójną biostymulacją (23,21%), z dodatkiem obornika (23,92%) oraz z zastosowaniem wielogatunkowej mieszanki międzyplonowej (23,92%). Wszystkie te próby kiełkowano w 16°C a suszenie prowadzono w 70°C.



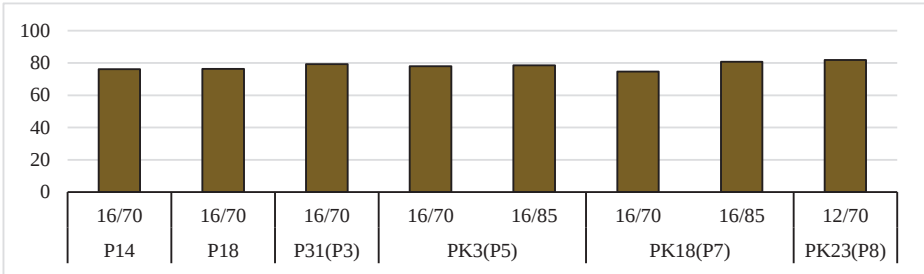
Wykres 235. Liczba Kolbacha brzeczek kongresowych z pszenicy okrągliarnowej (%), 2024 r.



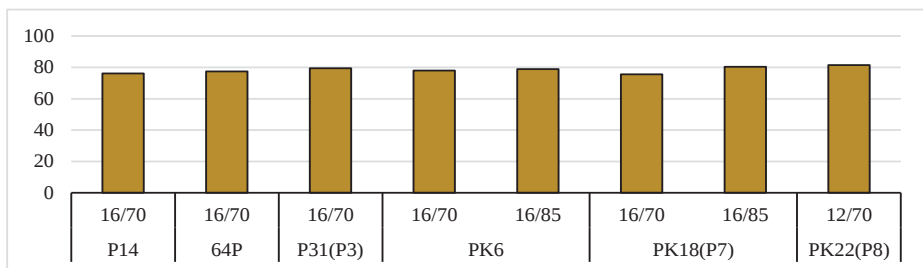
Wykres 236. Ekstrakt brzezki z pszenicy okrągliarnowej (*Błg), 2023 r.



Wykres 237. Ekstrakt brzezki z pszenicy okrągliarnowej (*Błg), 2024 r.



Wykres 238. Ekstraktywność brzeczek kongresowych z pszenicy okrągliarnowej (% ss), 2023 r.



Wykres 239. Ektraktywność brzezek kongresowych z pszenicy okrągliarnej (% ss), 2024 r.

4.1.2. Proces dehydratacji

4.1.2.1. Parametry procesu

Proces dehydratacji młóty z pszenicy okrągliarnej przeprowadzano w przedsiębiorstwie AleBrowar w Łęborgu, w którym znajduje się specjalistyczne urządzenie dedykowane do przeprowadzenia tego procesu (Fot. 22). Młóto jest podstawowym produktem ubocznym przemysłu browarniczego. W początkowym etapie sład po dodaniu wody poddano procesowi zacierania (Fot. 23 A). Proces zacierania przeprowadzano w zmiennych warunkach termicznych: 1) temperatura 65° C przez 60 min, 2) 72° C przez 10 min. 3) 78° C przez 3 min. Następnie przeprowadzono filtrację zacieru (oddzielenie części stałych od płynnych) poprzez odsączenie i trzykrotne przepłukiwanie. W efekcie tego procesu młóto oddzielono od brzezki. Następnie mokre młóto wyłożono na tacach (Fot. 23 B) i umieszczono w specjalistycznym urządzeniu do dehydratacji (Fot. 24 A). Ustalono stałą temperaturę tego procesu wynoszącą 37 °C (Fot. 24 B). Całkowity czas suszenia zależy od grubości warstwy młóty ułożonego na



Fot. 22. Urządzenie do dehydratacji w przedsiębiorstwie AleBrowar



tacy wynosi 12-18 h. Uzyskane po wysuszeniu młóto przydatne jest do dalszego zagospodarowania m.in. na cele spożywcze.



Fot. 23. Proces zacierania słoju pszenicy okrągliarowej (A) oraz umieszczenie młota na tacach przed dehydracją (B)

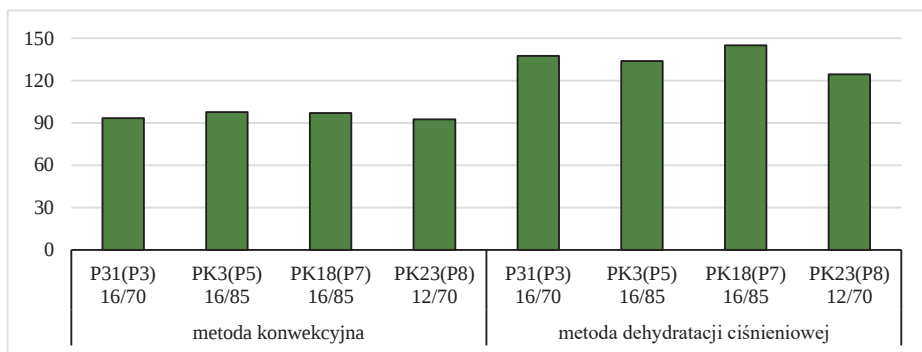


Fot. 24. Młóto umieszczone w komorze urządzenia do dehydracji (A) oraz panel sterujący urządzeniem (B)

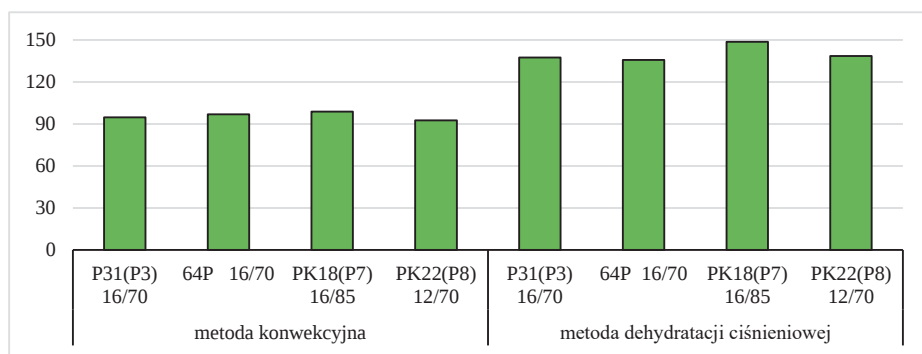


4.1.2.2. Ocena jakościowa młota po dehydratacji

W kolejnym etapie badań oceniono wpływ procesu dehydratacji na skład młota z pszenicy okrągłoziarnowej. Przeprowadzone badania wykazały, iż metoda dehydratacji ciśnieniowej jest korzystniejszą metodą suszenia pozostałości browarniczych. Materiał badawczy poddany suszeniu metodą konwekcyjną charakteryzował się średnio o 30% mniejszą zawartością substancji redukujących zarówno w 2023 jak i 2024 r. prowadzenia doświadczenia (Wyk.240 i 241).



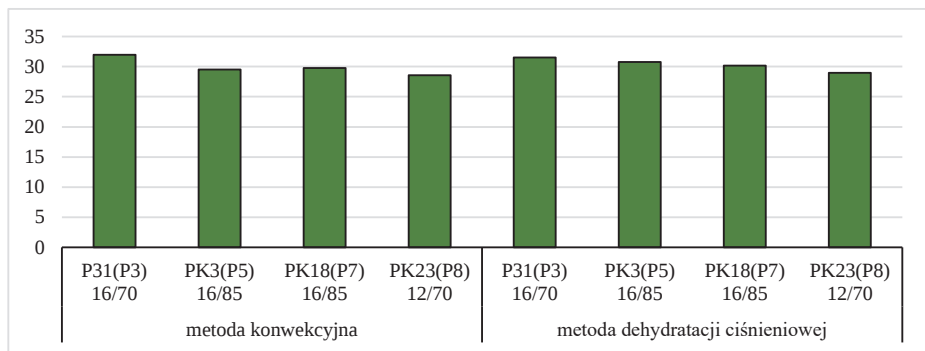
Wykres 240. Zawartość substancji redukujących w młocie po dehydratacji z pszenicy okrągłoziarnowej (mg·g⁻¹), 2023 r.



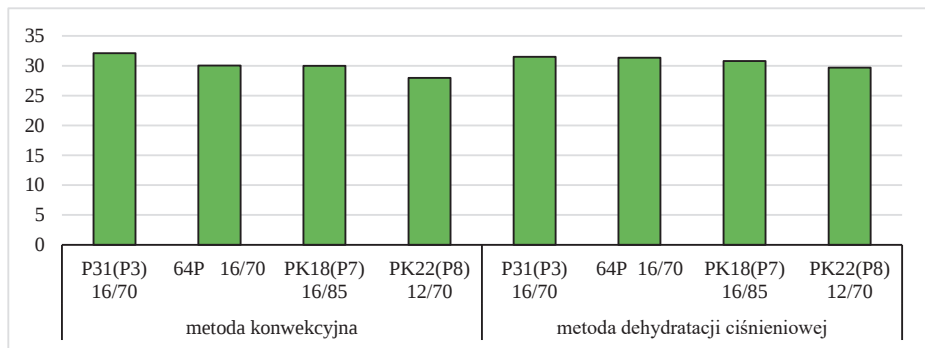
Wykres 241. Zawartość substancji redukujących w młocie po dehydratacji z pszenicy okrągłoziarnowej (mg·g⁻¹), 2024 r.

Zastosowana metoda w mniejszym stopniu wpływała na zawartość białka ogółem, którego zawartość niezależnie od zastosowanej metody w dwóch latach badań kształtowała się na poziomie od 27,99% do 32,08% (Wyk. 242 i 243).

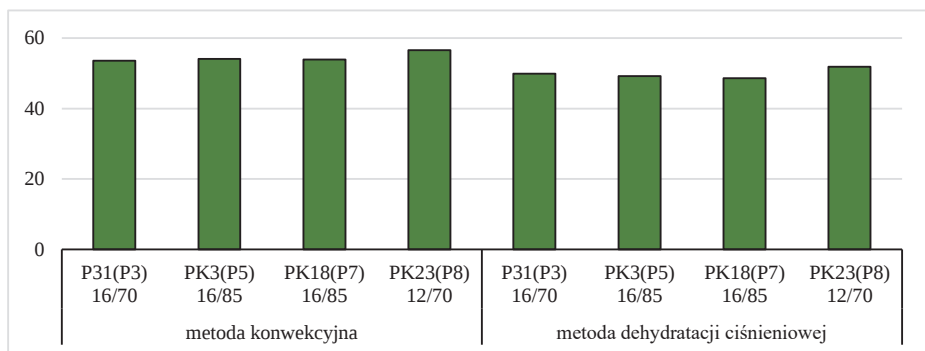




Wykres 242. Zawartość białka ogółem w młocie po dehydratacji z pszenicy okrągłoziarnowej (%), 2023 r.

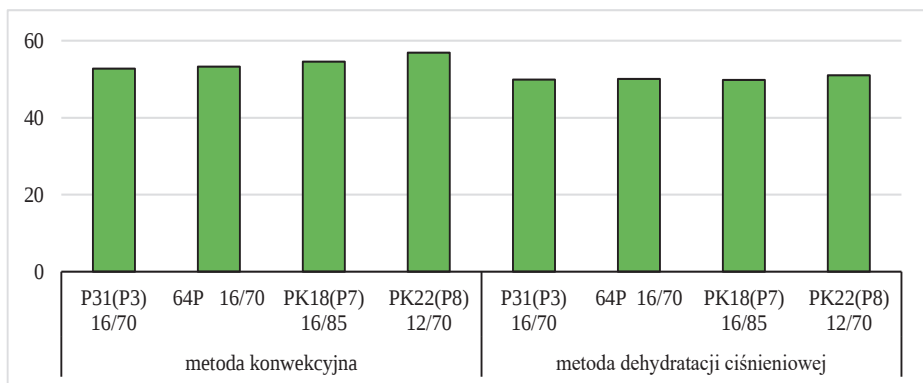


Wykres 243. Zawartość białka ogółem w młocie po dehydratacji z pszenicy okrągłoziarnowej (%), 2024 r.



Wykres 244. Zawartość błonnika ogółem w młocie po dehydratacji z pszenicy okrągłoziarnowej (%), 2023 r.

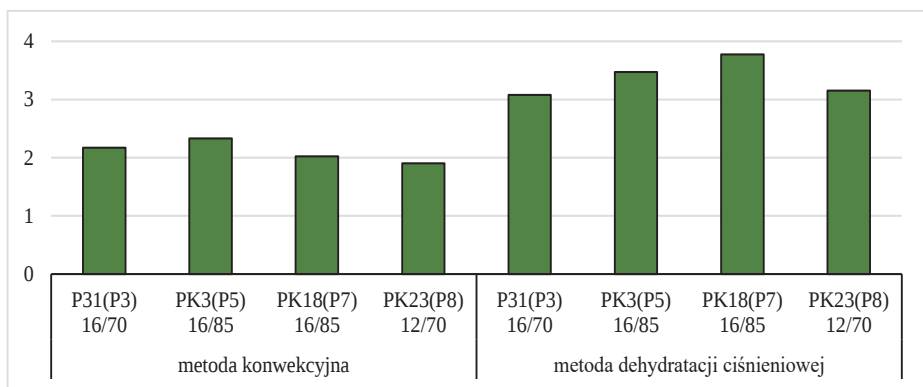




Wykres 245. Zawartość błonnika ogółem w młócie po dehydratacji z pszenicy okrągliarowej (%), 2024 r.

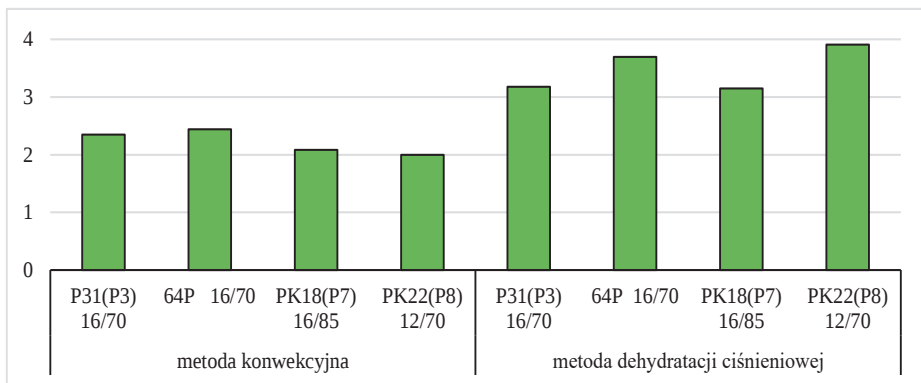
Większa zawartość związków fenolowych w młócie suszonym metodą pod ciśnieniem przełożyła się na zdecydowanie większą aktywność antyoksydacyjną analizowanych prób. Aktywność przeciwutleniająca wahała się od 2,38 mg Tx·g⁻¹ do 4,88 mg Tx·g⁻¹ i była wyższa dla prób suszonych ciśnieniowo o około 56%.

W porównaniu z metodą dehydratacji ciśnieniowej metoda konwekcyjna w większym stopniu wpływała na redukcję sumy związków fenolowych (Wyk. 246 i 247) oraz na spadek aktywności antyoksydacyjnej (Wyk. 248 i 249). W kolejnych dwóch latach prowadzenia badań młóto poddane dehydratacji ciśnieniowej charakteryzowało się o prawie 60% większą zawartością związków fenolowych w porównaniu z próbami poddanymi suszeniu metodą konwekcyjną.

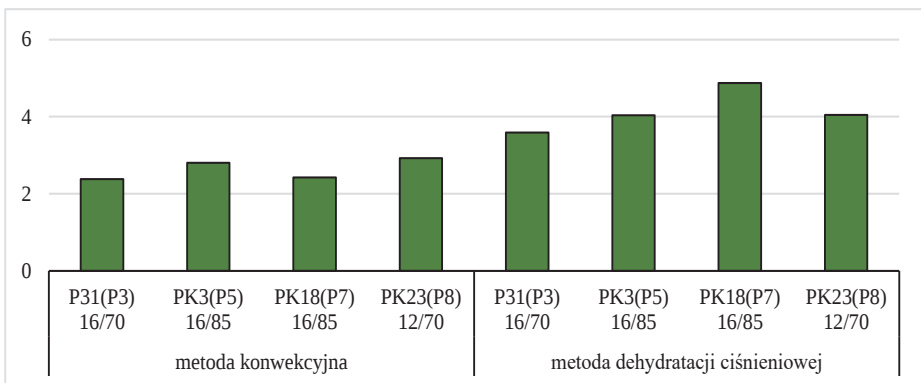


Wykres 246. Suma związków fenolowych w młócie po dehydratacji z pszenicy okrągliarowej (mg kwasu ferulowego·g⁻¹), 2023 r.

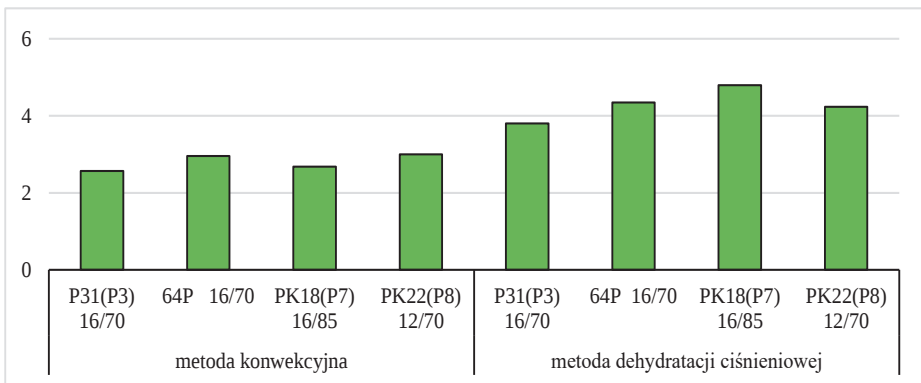




Wykres 247. Suma związków fenolowych w młocie po dehydratacji z pszenicy okrągłoziarnowej (mg kwasu ferulowego·g⁻¹), 2024 r.



Wykres 248. Aktywność przeciwutleniająca w młocie po dehydratacji z pszenicy okrągłoziarnowej (mg Tx·g⁻¹), 2023 r.



Wykres 249. Aktywność przeciwutleniająca w młocie po dehydratacji z pszenicy okrągłoziarnowej (mg Tx·g⁻¹), 2024 r.

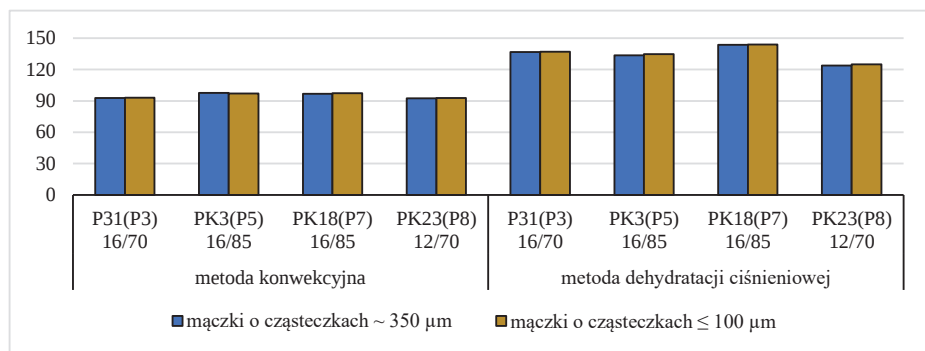


4.2. Cechy jakościowe mączek funkcjonalnych

Cechy technologiczne i funkcjonalne surowców zbożowych są determinowane wielkością cząstek. Dlatego młóto poddano rozdrobnieniu uzyskując produkt o zróżnicowanym stopniu rozdrobnienia. Określono granulację uzyskanych mączek poprzez pomiar średnicy zastępczej oraz ich skład chemiczny.

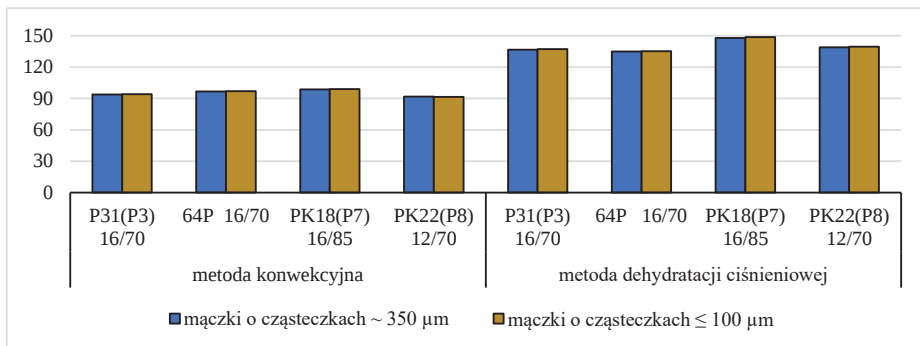
4.2.1. Parametry składu chemicznego

W badaniach zastosowano mączkę poddaną dehydratacji metodą konwekcyjną oraz ciśnieniową o średnicy zastępczej 356 μm i 100 μm (średnia z dwóch lat prowadzenia doświadczenia). Zawartość cukrów redukujących w 2023 roku prowadzenia doświadczenia wahała się w granicach od 92,8 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ mączki do 144,0 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ mączki (Wyk. 250). Zaobserwowano, iż granulacja mączki nie wpływa istotnie na stężenie substancji o charakterze redukującym. Odnotowano zaledwie od 0,2 do 1,0% większe wartości dla prób mączek o cząsteczkach poniżej 100 μm . Większy wpływ na zawartość analizowanych związków miała zastosowana metoda dehydratacji. Mączki otrzymane metodą dehydratacji ciśnieniowej charakteryzowały się o około 40% większym stężeniem substancji redukujących. W kolejnym roku badań (Wyk. 251) uzyskane wartości były zbliżone i wahały się w przedziale od 93,9 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ mączki do 148,6 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ mączki. W 2024 roku prowadzenia doświadczenia odnotowano podobną tendencję wpływu zastosowanej metody dehydratacji natomiast braku istotnego wpływu stopnia granulacji.



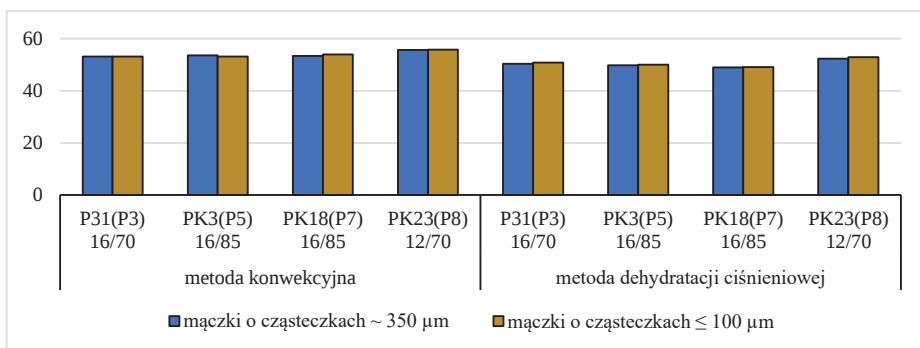
Wykres 250. Zawartość substancji redukujących w mączkach o dwóch stopniach granulacji z pszenicy okrągliarnej (mg·g⁻¹), 2023 r.

Zawartość błonnika pokarmowego w analizowanych mączkach pochodzących z pierwszego roku prowadzenia doświadczenia wahała się w przedziale od 48,9% do 55,8% (Wyk. 252). Zarówno stopień rozdrobnienia jak i zastosowana metoda dehydratacji nie wpłynęły istotnie na zawartość błonnika ogółem. Zaobserwowano nieznaczny (0,1-1%) wzrost zawartości błonnika wraz z zmniejszeniem wielkości cząsteczek. W 2024 roku badań próby charakteryzowały się

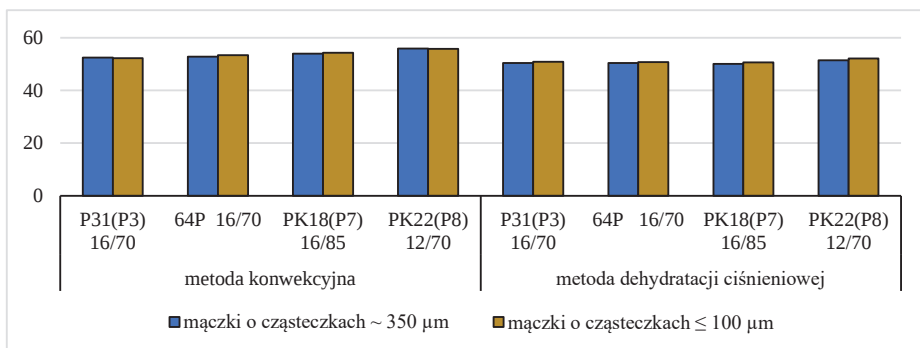


Wykres 251. Zawartość substancji redukujących w mączkach o dwóch stopniach granulacji z pszenicy okrągłozłazowej ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), 2024 r.

zawartością błonnika od 50,0% do 55,9% (Wyk. 253). Uzyskane wartości dla prób otrzymanych metodą dehydratacji ciśnieniowej były średnio o 6% mniejsze w porównaniu dla prób otrzymanych metodą konwekcyjną.



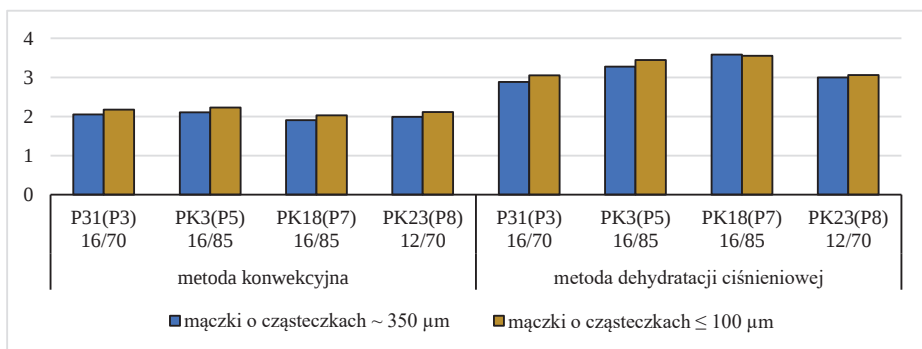
Wykres 252. Zawartość błonnika ogółem w mączkach o dwóch stopniach granulacji z pszenicy okrągłozłazowej (%), 2023 r.



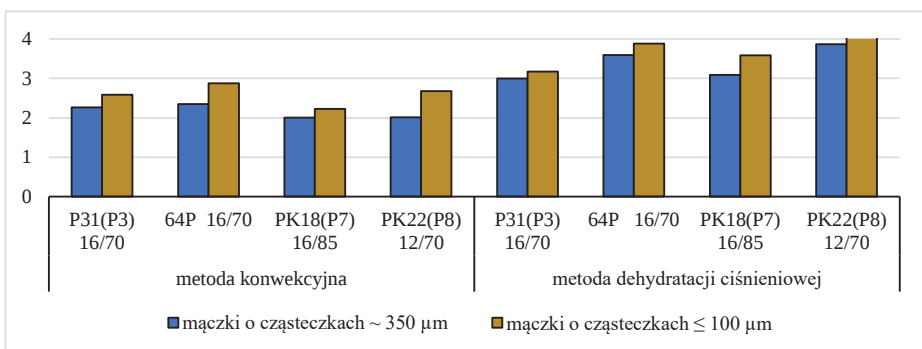
Wykres 253. Zawartość błonnika ogółem w mączkach o dwóch stopniach granulacji z pszenicy okrągłozłazowej (%), 2024 r.



Suma związków fenolowych w przeliczeniu na kwas ferulowy w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia oscylowała w przedziale od 1,9 mg·g⁻¹ do 3,6 mg·g⁻¹ mączki (Wyk. 254). Zaobserwowano, iż wraz ze zmniejszeniem się wielkości cząsteczek mączki stężenie związków fenolowych wzrastało średnio o 5%. Wpływ na zawartość związków o charakterze przeciwutleniającym miała także zastosowana metoda dehydratacji. Mączki otrzymane metodą dehydratacji konwekcyjnej cechowały się o około 36% mniejszym stężeniem sumy związków fenolowych. W kolejnym roku badań (Wyk. 255) uzyskane wartości nieznacznie różniły się i zawierały się w zakresie od 2,01 mg·g⁻¹ mączki do 4,1 mg·g⁻¹ mączki. W 2024 roku prowadzenia doświadczenia odnotowano podobną tendencję zwiększenia zawartości związków fenolowych wraz ze zwiększeniem stopnia rozdrobnienia oraz zastosowaniem dehydratacji ciśnieniowej.



Wykres 254. Suma związków fenolowych w mączkach o dwóch stopniach granulacji z pszenicy okrągliarowej (mg kwasu ferulowego·g⁻¹), 2023 r.

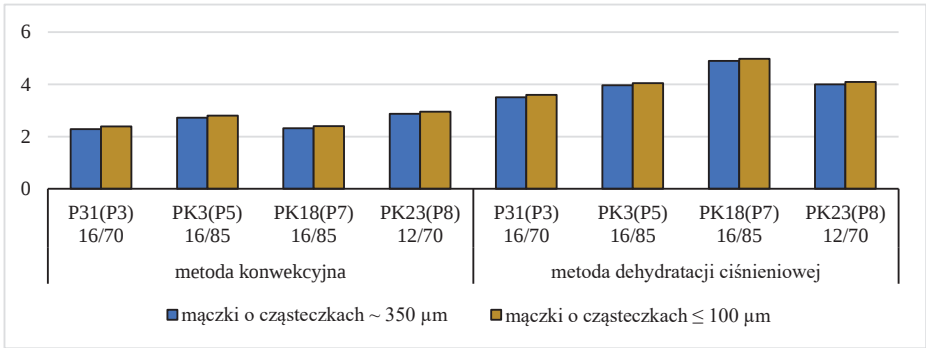


Wykres 255. Suma związków fenolowych w mączkach o dwóch stopniach granulacji z pszenicy okrągliarowej (mg kwasu ferulowego·g⁻¹), 2024 r

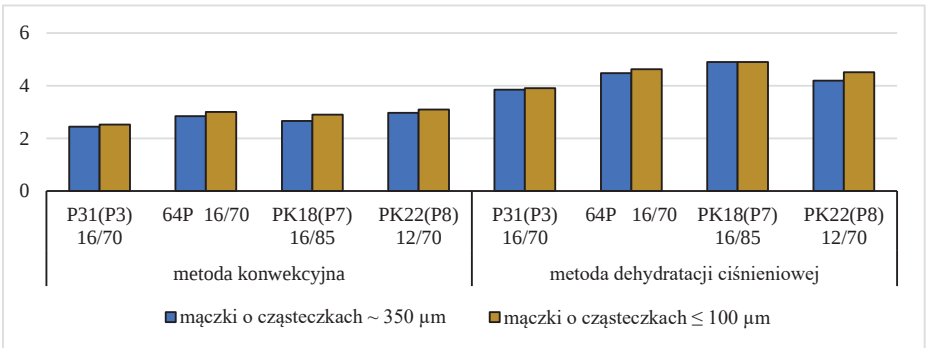
Podobny kierunek zmian odnotowano także w ocenie aktywności antyoksydacyjnej (Wyk. 256 i 257). Wartości dla analizowanych lat oscylowały od 2,4 mg Tx·g⁻¹ mączki do 4,9 mg Tx·g⁻¹ mączki. Zmniejszenie średnicy zastępczej



cząstek mączki wpływała na średnio 3% zwiększenie aktywności antyoksydacyjnej. Większe znaczenie na zmiany aktywności przeciwutleniającej miała zastosowana metoda dehydratacji. Mączki otrzymane metodą dehydratacji konwekcyjnej cechowały się średnio o 37% mniejszą aktywnością w porównaniu z próbami poddanymi działaniu dehydratacji ciśnieniowej.



Wykres 256. Aktywność przeciwutleniająca w mączkach o dwóch stopniach granulacji z pszenicy okrągłozłazowej (mg Tx·g⁻¹), 2023 r.

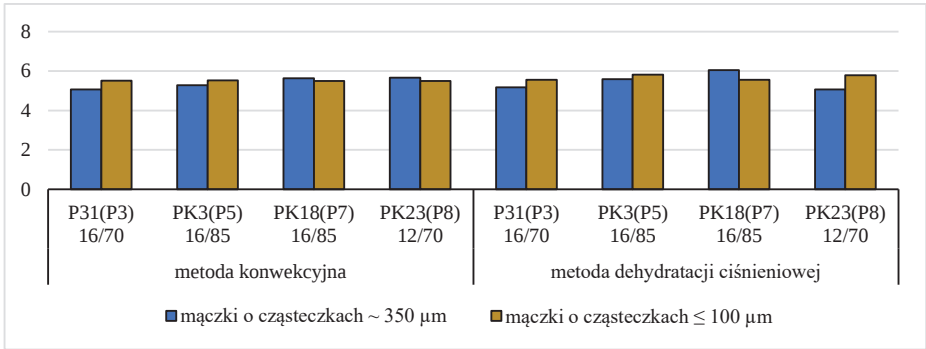


Wykres 257. Aktywność przeciwutleniająca w mączkach o dwóch stopniach granulacji z pszenicy okrągłozłazowej (mg Tx·g⁻¹), 2024 r.

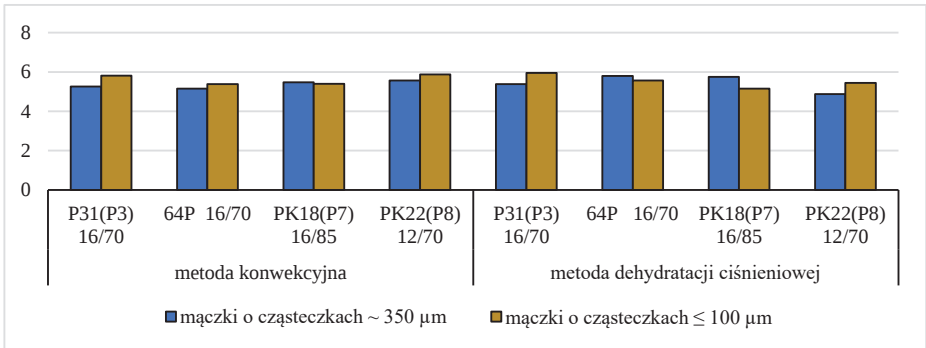
4.2.2. Właściwości technologiczne mączek

W celu określenia właściwości technologicznych mączek oznaczono aktywność enzymów amylolitycznych oraz wodochłonność. Liczba opadania jest miarą aktywności enzymów amylolitycznych zawartych w mące, czyli wyraża ich zdolność do rozkładania skrobi do cukrów prostych, które mogą brać czynny udział w procesie fermentacji ciasta. Analizowane próby mączek charakteryzowały się liczbą opadania równą 62 s, co świadczy o bardzo wysokiej ilości enzymów. Wodochłonność mączek w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia kształtowała się na poziomie od 5,06 g·g⁻¹ do 6,05 g·g⁻¹ (Wyk. 258)

a w 2024 od 4,87 g·g⁻¹ do 5,95 g·g⁻¹ (Wyk. 259). Zmniejszenie średnicy zastępczej przyczyniło się do wzrostu wodochłonności mączek od 4 do 14%.



Wykres 258. Wodochłonność mączek o dwóch stopniach granulacji z pszenicy okrągłoziałowej (g·g⁻¹), 2023 r.



Wykres 259. Wodochłonność mączek o dwóch stopniach granulacji z pszenicy okrągłoziałowej (g·g⁻¹), 2024 r.



5. Technologia otrzymywania i cechy jakościowe funkcjonalnych mączek z pozostałości browarniczych (młóta) z jęczmienia kapturkowego

5.1. Technologia otrzymywania mączek

5.1.1. Proces słodowania

5.1.1.1. Wpływ temperatury na proces słodowania i jakość słodu

Opracowano parametry słodowania jęczmienia kapturkowego w celu otrzymania słodu o parametrach umożliwiających produkcję piwa, tj.. słodu charakteryzującego się niską zawartością białka, wysoką aktywnością enzymatyczną i dobrym rozluźnieniem bielma. Postępowanie technologiczne w trakcie otrzymywania słodu było zgodne z metodyką przyjętą przez Europejską Unię Browarną w odniesieniu do ziarna jęczmienia. Proces kiełkowania prowadzono w temperaturze 12 i 16 °C. Następnie skiełkowane ziarno suszono w temperaturach 70 i 85 °C. Wysuszone ziarna słodu jęczmienia kapturkowego poddano analizie fizyko-chemicznej. Poniżej przedstawiono przykładowe zdjęcia z procesu słodowania ziarna z jęczmienia kapturkowego (Fot. 22).

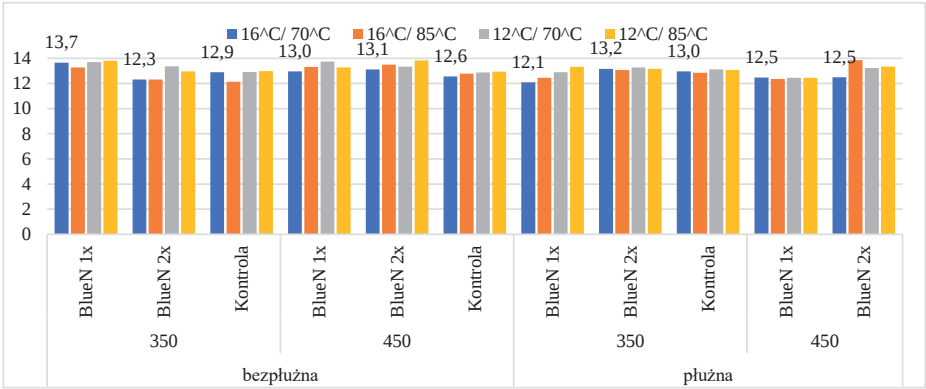


Fot. 25. Proces słodowania ziarna jęczmienia kapturkowego

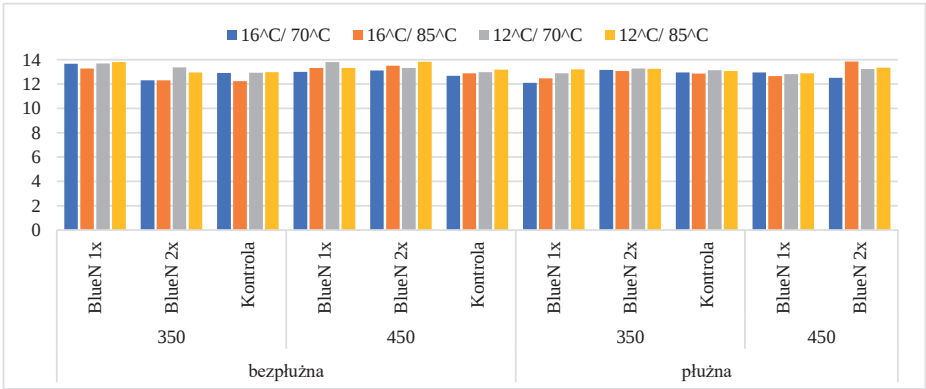
Zawartość białka w słodzie uzyskanym z jęczmienia kapturkowego kształtowała się na poziomie od 12,1% s.s. do 13,8% s.s. zarówno w 2023 r. (Wyk. 260) jak i w 2024 r. (Wyk. 261). Najniższą zawartością białka charakteryzowały się próby z uprawy płuznej po jednokrotnej dawce preparatu mikrobiologicznego przy gęstości siewu 350 szt. $\cdot$ m⁻². Dla tych prób najkorzystniej jest prowadzić proces kiełkowania w temperaturze 16°C a suszenie skiełkowanego ziarna w 70°C. Aktywność antyoksydacyjna sładów jęczmiennych wahała się



w przedziale od 6,1 mg Tx·g⁻¹ do 8,8 mg Tx·g⁻¹ w 2023 r. (Wyk. 262) a w 2024 r od 5,9 do 8,5 mg Tx·g⁻¹ (Wyk. 263). Największą aktywnością przeciwutleniającą w obu latach doświadczenia (odpowiednio 8,8 i 8,5 mgTx·g⁻¹) odznaczały się próby z uprawy bezpłuznej po dwukrotnej stymulacji przy gęstości siewu 350 szt.·m⁻². Obniżenie temperatury kiełkowania a podwyższenie temperatury podczas procesu suszenia wpłynęło na większą kumulację związków o charakterze przeciwutleniającym.

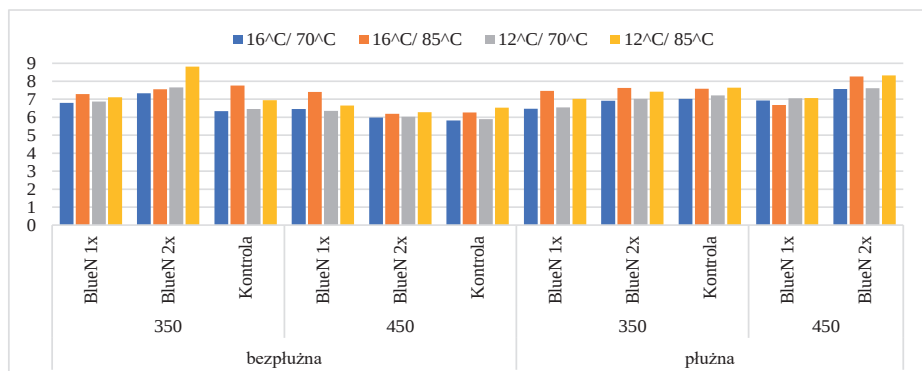


Wykres 260. Zawartość białka ogólnego (% s.s.) w słodzie uzyskanym z jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu w 2023, z uwzględnieniem temperatury kiełkowania oraz suszenia słodu.

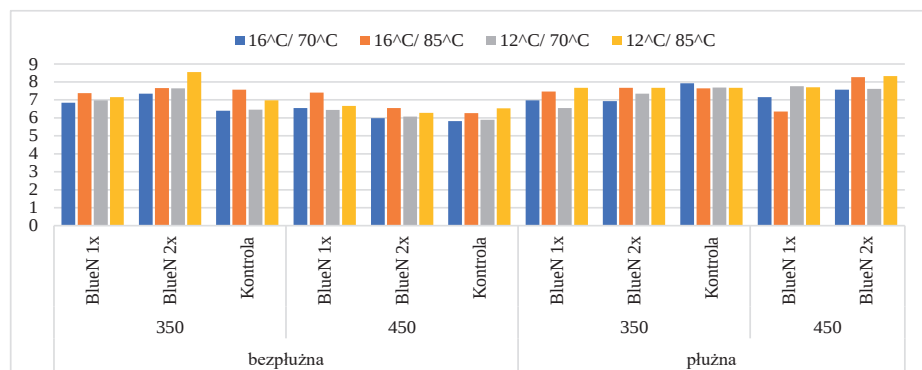


Wykres 261. Zawartość białka ogólnego (% s.s.) w słodzie uzyskanym z jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu w 2024 r., z uwzględnieniem temperatury kiełkowania oraz suszenia słodu.





Wykres 262. Aktywność antyoksydacyjna (mg Tx·g⁻¹ słoju) w słodzie uzyskanym z jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu w 2023 r., z uwzględnieniem temperatury kiełkowania oraz suszenia słoju.



Wykres 263. Aktywność antyoksydacyjna (mg Tx·g⁻¹ słoju) w słodzie uzyskanym z jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli, stymulacji mikrobiologicznej i gęstości siewu w 2024 r., z uwzględnieniem temperatury kiełkowania oraz suszenia słoju.

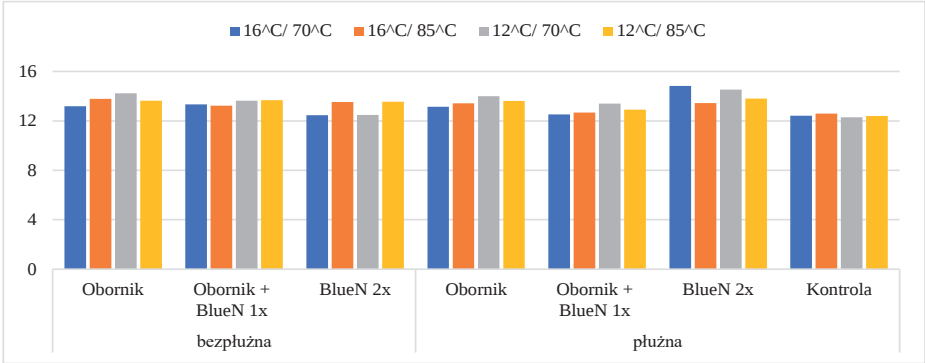
W kolejnym etapie badań nad procesem słodowania oprócz nawożenia obornikiem i stymulacją *M. symbioticum* analizowano również wpływ międzyplonu ozimego. W obu latach zastosowano jednakową dawkę obornika oraz preparatu mikrobiologicznego. W 2024 roku układ doświadczalny rozszerzono o kombinacje, w których uwzględniono wielogatunkową mieszankę międzyplonową.

Najniższą zawartością białka ogólnego (% s.s.) w 2023 r. (12,5%) charakteryzowały się próby z uprawy bezpłuznej z preparatem BlueN 2x zarówno w temperaturze słodowania 16 i 12 °C i suszenia 70°C (Wyk. 264). Najlepsze rezultaty otrzymano również dla tej próby w przypadku aktywności antyoksydacyjnej na poziomie 7,74 bezpłuzna oraz 7,97 mg Tx·g⁻¹ w przypadku płuznej uprawy (Wyk. 266).

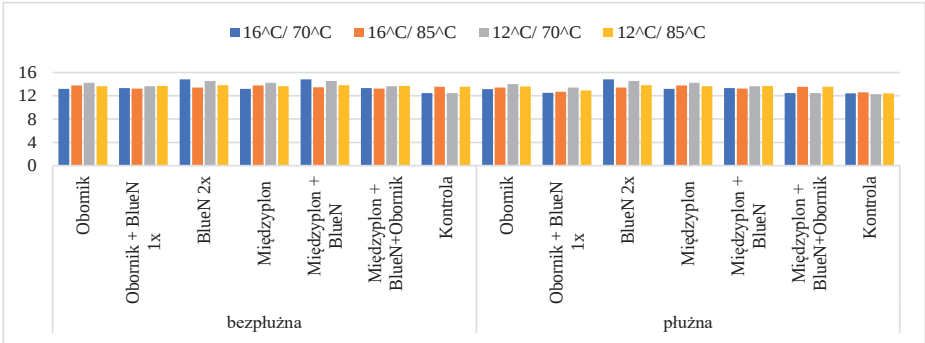
W 2024 roku najwyższą zawartość białka ogólnego (14,8 % s.s.) odnotowano w wariantach uprawy bezpłuznej z międzyplonem + BlueN lub BlueN 2x w uprawie płuznej jak i bezpłuznej, w temperaturze słodowania 16 °C i suszenia 70 °C (Wyk.



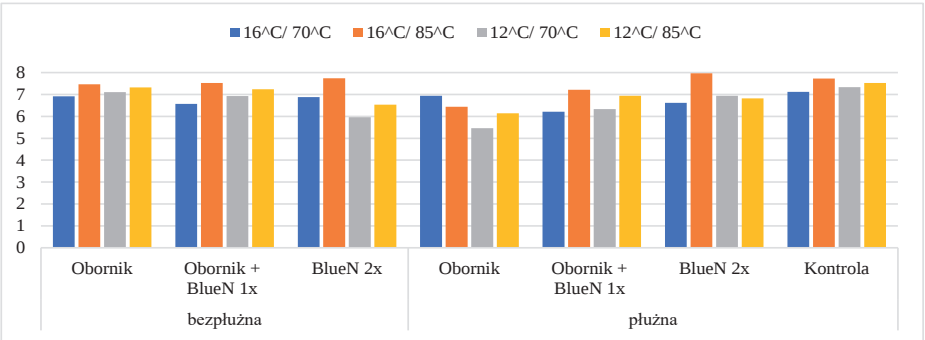
265). W analizowanym roku najwyższą aktywnością antyoksydacyjną charakteryzowały się próby z uprawy bezplużnej z międzyplonem i aplikacją BlueN BlueN 2x, gdzie wartości kształtowały się na poziomie 8 mg Tx·g⁻¹ (Wyk. 267), przy temperaturze słodowania 16 °C a suszenia 85°C.



Wykres 264. Zawartość białka ogólnego (% s.s.) w słodzie uzyskanych z jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia w 2023., z uwzględnieniem temperatury kiełkowania oraz suszenia słodu.

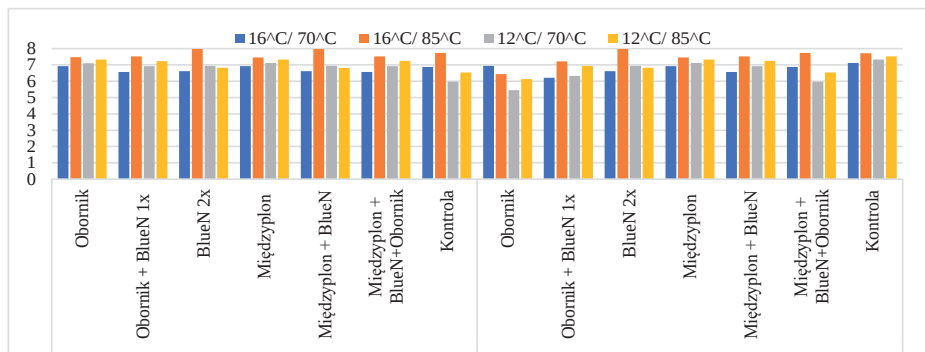


Wykres 265. Zawartość białka ogólnego (% s.s.) w słodzie uzyskany z jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia w 2024 r., z uwzględnieniem temperatury kiełkowania oraz suszenia słodu.



Wykres 266. Aktywność antyoksydacyjna (mg Tx·g⁻¹ słodu) w słodzie uzyskany z jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia w 2023 r., z uwzględnieniem temperatury kiełkowania oraz suszenia słodu.

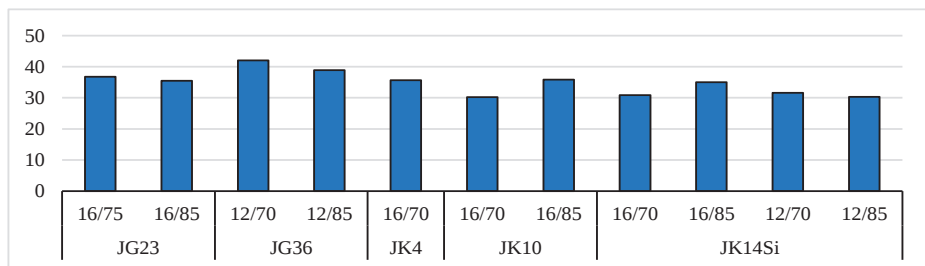




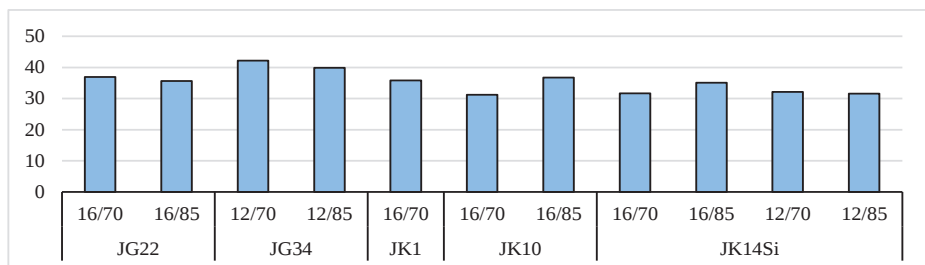
Wykres 267. Aktywność antyoksydacyjna (mg Tx·g⁻¹ słoju) w słoju uzyskanym z jęczmienia kapturkowego w zależności od sposobu uprawy roli i nawożenia w 2024 r., z uwzględnieniem temperatury kiełkowania oraz suszenia słoju.

5.1.1.2. Parametry brzeczek kongresowych

Z uzyskanych słoików z jęczmienia kapturkowego pochodzącego z dwóch lat prowadzenia doświadczenia wytworzono laboratoryjne brzeczki kongresowe. Brzeczki poddano analizom zgodne z metodyką przyjętą przez Europejską Unię Browarną w odniesieniu do ziarna jęczmienia. Wysoka zawartość białka, powyżej 11,5%, wpływa negatywnie na ekstraktywność słoju oraz na liczbę Kolbacha. Liczba Kolbacha kształtowała się w zakresie od 30% do 42% w 2023 r. i od 32% do 42% w 2024 r. (Wyk. 268 i 269). Najniższymi wartościami tej cechy charakteryzowały się słoiki wyprodukowane z ziarna jęczmienia z biostymulacją azotem i krzemem (30,8%; 2023 r.), oraz biostymulacją azotem (31%; 2024 r.). Wszystkie te próby kiełkowano w 16°C a suszenie prowadzono w 70°C.



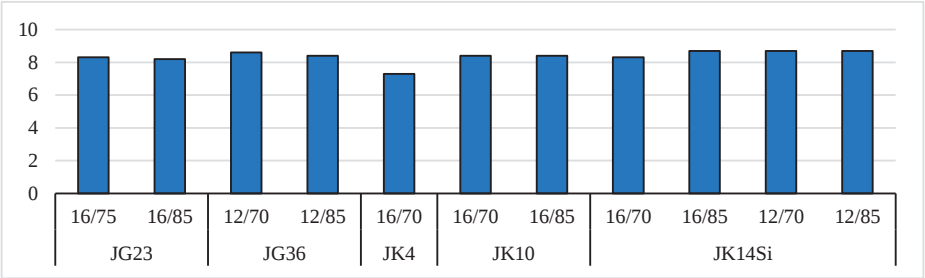
Wykres 268. Liczba Kolbacha brzeczek kongresowych z jęczmieni (%), 2023 r.



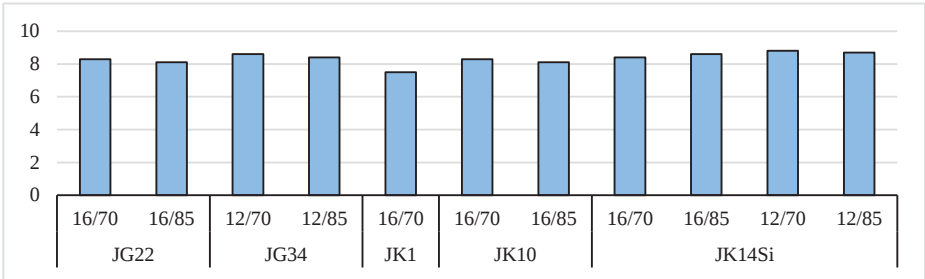
Wykres 269. Liczba Kolbacha brzeczek kongresowych z jęczmieni (%), 2024 r.



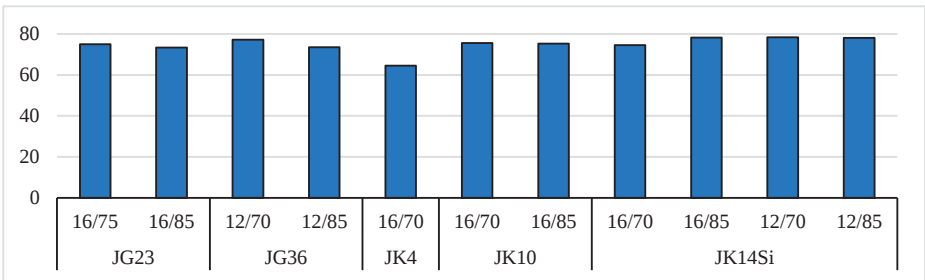
Ekstrakt brzezki piwnej jest jednym z najważniejszych atrybutów jakości sło­du. Wartość ekstraktu ma zasadnicze znaczenia dla fermentacji i bezpośredni zwią­zek z cukrami rozpuszczonymi w roztworze. Niezależnie od sposobu uprawy i nawożenia oraz zastosowanych parametrów słodowania ekstrakt brzezki oscylował w wąskim zakresie od 7,3°Blg do 8,7°Blg (Wyk. 270 i 271). Ekstraktywność brze­zek kongresowych wahała się na poziomie od 64,6% s.s. do 78,2% s.s. w 2023 r. i od 66,5,6% s.s do 78,8% s.s. w kolejnym roku badań (Wyk. 272 i 273). Większą ekstraktywnością charakteryzowałby się próby biostymulowane krzemem.



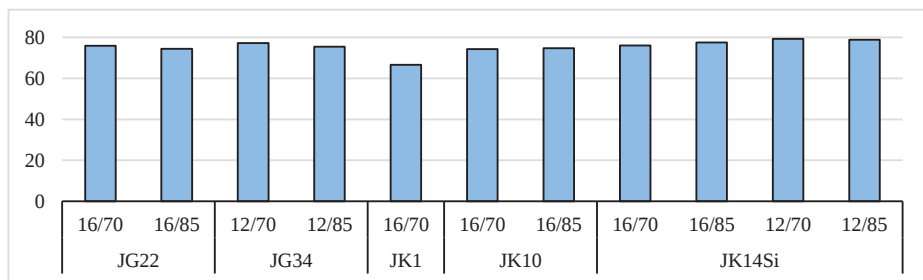
Wykres 270. Ekstrakt brzezki z jęczmienia kapturkowego (°Blg), 2023 r.



Wykres 271. Ekstrakt brzezki z jęczmienia kapturkowego (°Blg), 2024 r.



Wykres 272. Ekstraktywność brzezki z jęczmienia kapturkowego (% ss), 2023 r.



Wykres 273. Ektraktywność brzezki z jęczmienia kapturkowego (% ss), 2024 r.

5.1.2. Proces dehydratacji

5.1.2.1. Parametry procesu

Proces dehydratacji młóta jęczmienia kapturkowego przebiegał analogicznie do opisanego w rozdziale 4.1.2 dla pszenicy okrągłoziałowej. Słód po dodaniu wody poddano zacieraniu w temp. 65 °C przez 60 min., następnie w temp. 72 °C przez 10 min i na końcu w temp. 78 °C przez 3 min (Fot. 26 A). Kolejnym etapem była filtracja, podczas której oddzielono brzezkę od młóta. Po wstępnym odsączeniu brzezki młóto przepłukano trzykrotnie wodą, aby rozpuścić całkowicie znajdujący się w nim cukier i wykorzystać go w dalszej produkcji. Pozyskane po filtracji młóto zawiera prawie wszystkie składniki ziarna, z wyjątkiem cukrów rozpuszczalnych w wyniku hydrolizy. Młóto poddawane dehydratacji rozkłada się na tacach, a następnie umieszcza w komorze urządzenia i ustawia temperaturę 37 °C (Fot. 27 A i B). Czas niezbędny do całkowitego wysuszenia jest zależny od grubości warstwy poddanej suszeniu i wynosi od 12 do 18 h.



A



B

Fot. 26. Proces zacierania słodu jęczmienia kapturkowego (A) oraz umieszczenie młóta na tacach w komorze urządzenia (B)



A



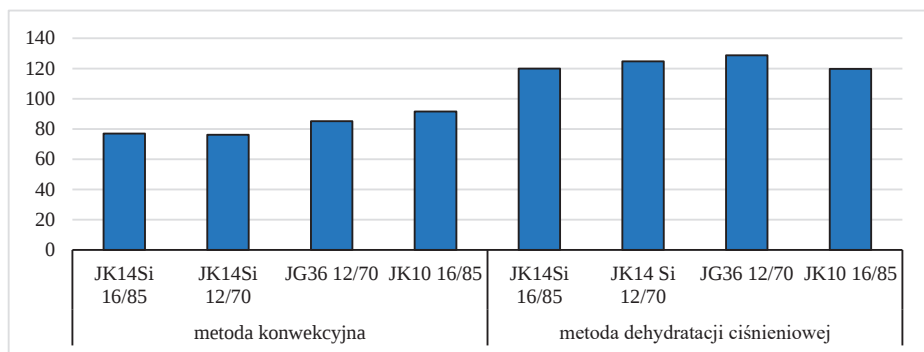
B



Fot. 27. Mokre młóto na tacach (A) oraz ustawienie temperatury dehydratacji (B)

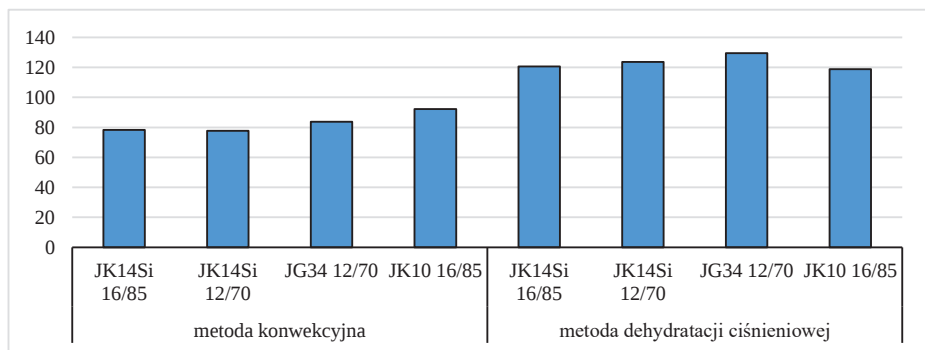
5.1.2.2. Ocena jakościowa młóta po dehydratacji

Oceniono wpływ procesu dehydratacji na skład młóta z jęczmienia kapturkowego. Dowiedziono, iż metoda dehydratacji ciśnieniowej jest korzystniejszą metodą suszenia pozostałości browarniczych w porównaniu z metodą konwekcyjną. Pozostałości browarnicze poddane suszeniu metodą konwekcyjną charakteryzowały o ponad 30% mniejszą zawartością substancji redukujących zarówno w 2023 jak i 2024 r. prowadzenia doświadczenia (Wyk. 274 i 275).



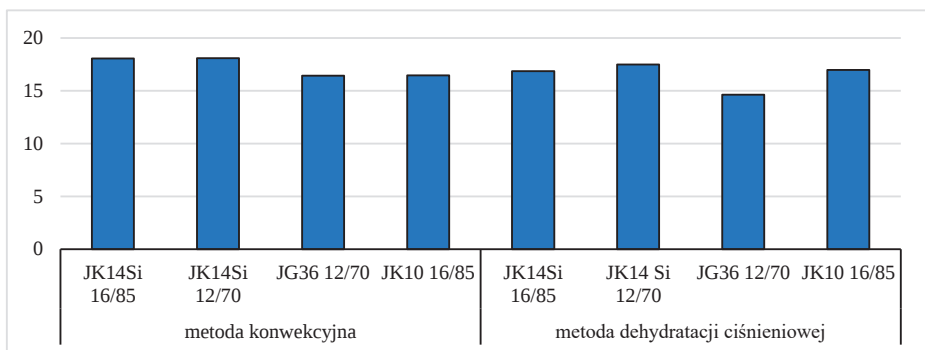
Wykres 274. Zawartość substancji redukujących w młócie po dehydratacji jęczmienia kapturkowego ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$), 2023 r.



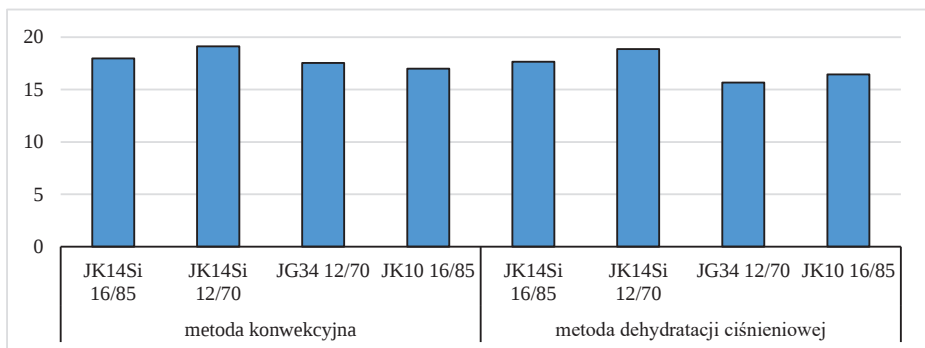


Wykres 275. Zawartość substancji redukujących w młocie po dehydratacji jęczmienia kapturkowego ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$), 2024 r.

Zastosowana metoda suszenia nie wpływała na zawartość białka ogółem, którego zawartość niezależnie od zastosowanej metody w dwóch latach badań kształtowała się na poziomie od 15,67% do 18,88% (Wyk. 276 i 277). Podobnie zawartość błonnika ogółem nie podlegała dużym wahaniom, a jego poziom był w zakresie od 62,7% do 69,9% (Wyk. 278 i 279).

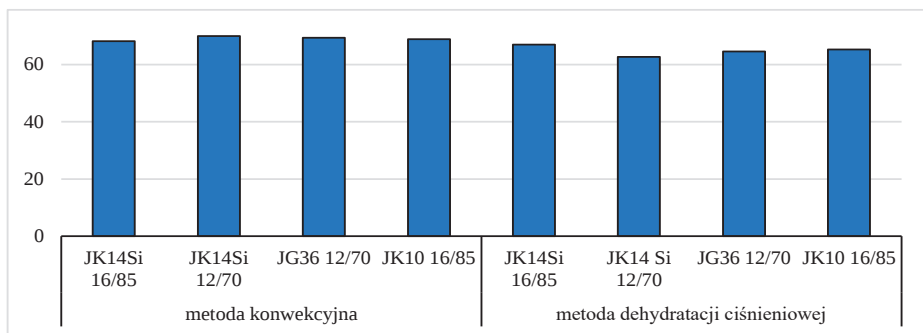


Wykres 276. Zawartość białka ogółem w młocie po dehydratacji jęczmienia kapturkowego (%), 2023 r.

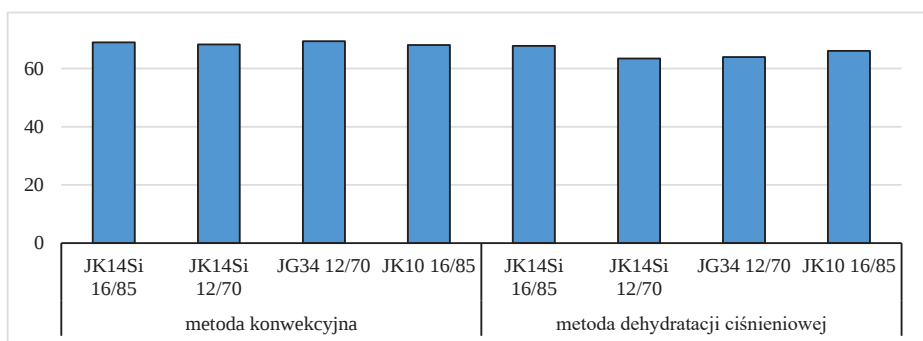


Wykres 277. Zawartość białka ogółem w młocie po dehydratacji z jęczmienia kapturkowego (%), 2024 r.



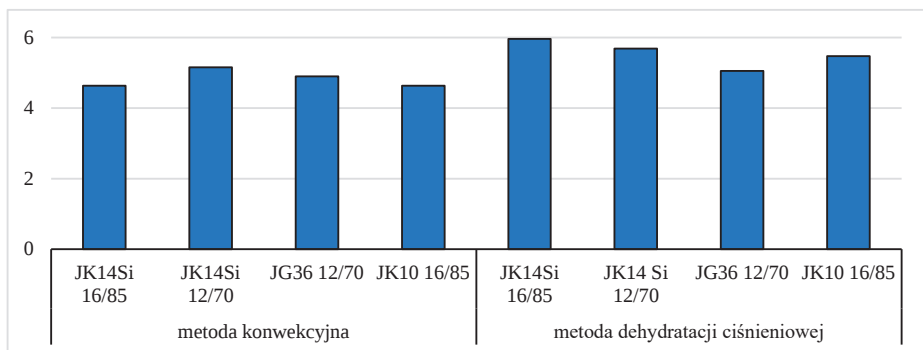


Wykres 278. Zawartość błonnika ogółem w młocie po dehydratacji jęczmienia kapturkowego (%), 2023 r.

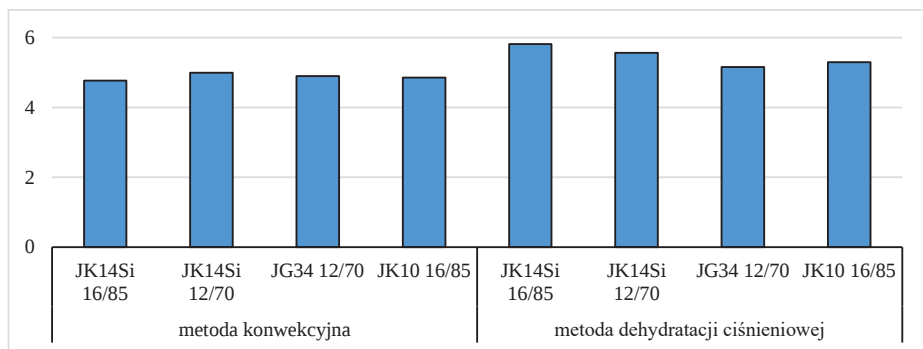


Wykres 279. Zawartość błonnika ogółem w młocie po dehydratacji jęczmienia kapturkowego (%), 2024 r.

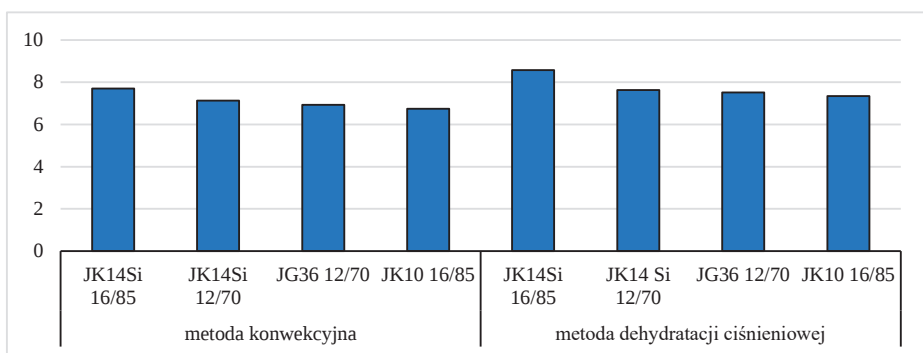
W kolejnych dwóch latach prowadzenia badań młoto poddane dehydratacji ciśnieniowej charakteryzowało się o 13% większą zawartością związków fenolowych w porównaniu z próbami poddanymi suszeniu metodą konwekcyjną (Wyk. 280 i 281). Większa zawartość związków fenolowych w młocie suszonym metodą pod ciśnieniem przełożyła się na około 6% większą aktywność antyoksydacyjną analizowanych prób (Wyk. 282 i 283).



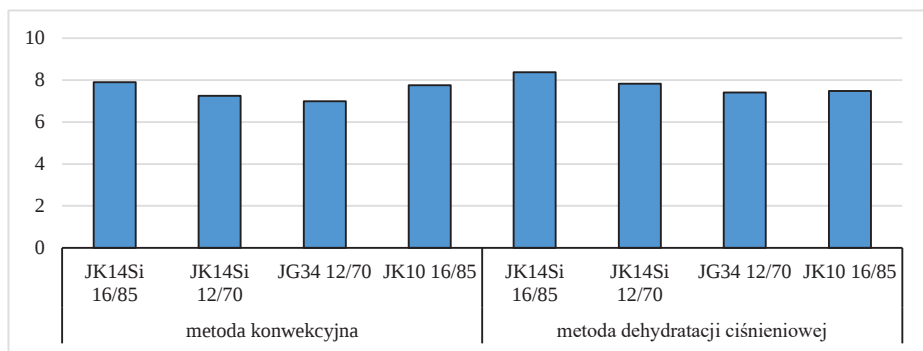
Wykres 280. Suma związków fenolowych w młocie po dehydratacji jęczmienia kapturkowego (mg kwasu ferulowego-g⁻¹), 2023 r.



Wykres 281. Suma związków fenolowych w młócie po dehydratacji jęczmienia kapturkowego (mg kwasu ferulowego·g⁻¹), 2024 r.



Wykres 282. Aktywność przeciwutleniająca w młócie po dehydratacji jęczmienia kapturkowego (mg Tx·g⁻¹), 2023 r.



Wykres 283. Aktywność przeciwutleniająca w młócie po dehydratacji z jęczmienia kapturkowego (mg Tx·g⁻¹), 2024 r.

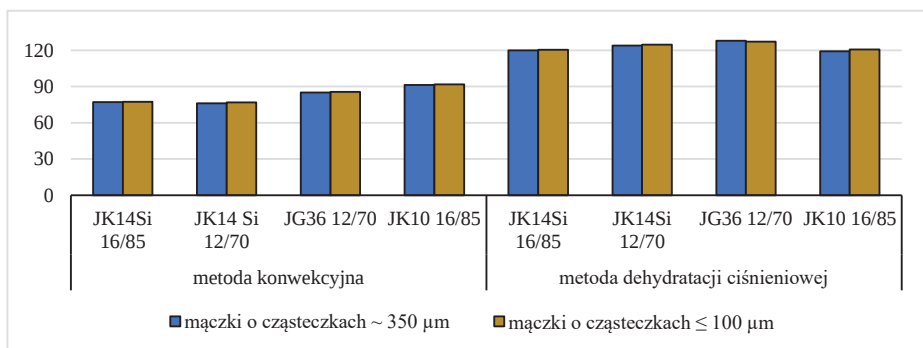
5.2. Cechy jakościowe mączek funkcjonalnych

Stopień rozdrobnienia mąki zależy od systemu przemiału oraz zastosowanych sit mącznych. Na wielkość cząstek mąki wpływ mają również fizyczne i technologiczne właściwości ziarna. Młóto poddano rozdrobnieniu uzyskując produkt o zróżnicowanej granulacji. Określono średnicę zastępczą (μm) oraz skład chemiczny uzyskanych mączek.

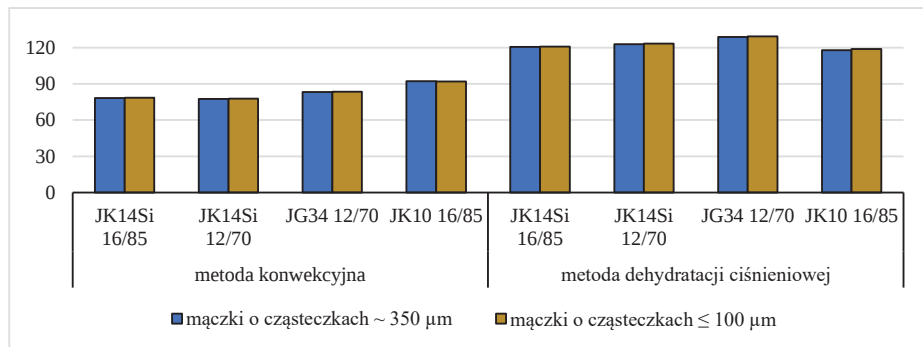


5.2.1. Parametry składu chemicznego

W badaniach zastosowano mączkę z jęczmienia kapturkowego poddaną dehydratacji metodą konwekcyjną oraz ciśnieniową o średnicy zastępczej 372 μm i 96 μm (średnia z dwóch lat prowadzenia doświadczenia). Zawartość cukrów redukujących w 2023 roku prowadzenia doświadczenia wahała się w granicach od 77,1 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ mączki do 128 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ mączki (Wyk. 284). Zaobserwowano, iż granulacja mączki nie wpływa istotnie na stężenie substancji o charakterze redukującym. Odnotowano zaledwie od 0,3 do 1,2% większe wartości dla prób mączek o mniejszych wymiarach cząstek. Odnotowano, iż mączki otrzymane metodą dehydratacji ciśnieniowej charakteryzowały się średnio 50% większym stężeniem substancji redukujących. W kolejnym roku badań (Wyk. 285) uzyskane wartości były zbliżone i wahały się w przedziale od 93,9 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ mączki do 148,6 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ mączki. W 2024 roku prowadzenia doświadczenia odnotowano podobną tendencję zmian.

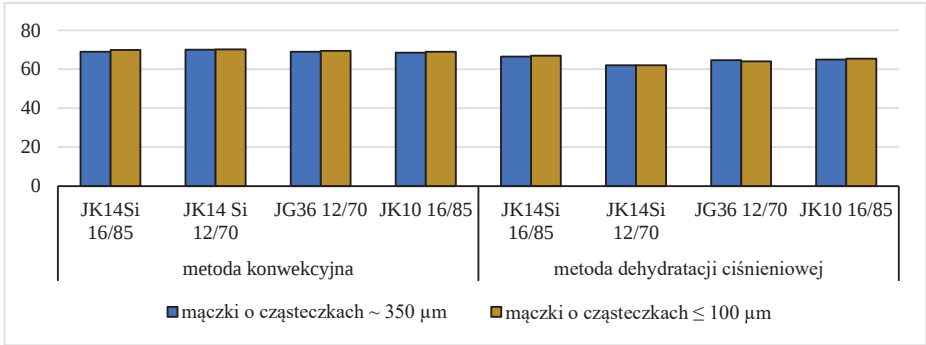


Wykres 284. Zawartość substancji redukujących w mączkach o dwóch stopniach granulacji z jęczmienia kapturkowego ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), 2023 r.

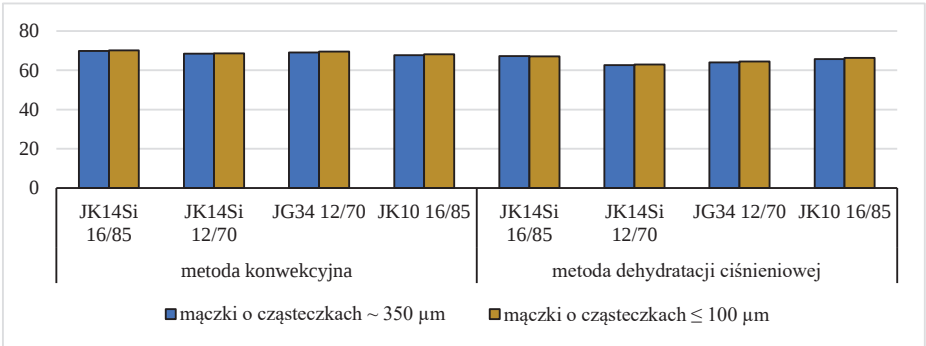


Wykres 285. Zawartość substancji redukujących w mączkach o dwóch stopniach granulacji z jęczmienia kapturkowego ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), 2024 r.

Zawartość błonnika pokarmowego w analizowanych mączkach z jęczmienia kapturkowego pochodzącego z pierwszego roku prowadzenia doświadczenia wahała się w przedziale od 62% do 70,3% (Wyk. 286). Zarówno stopień rozdrobnienia jak i zastosowana metoda dehydratacji nie wpłynęły istotnie na zawartość błonnika ogółem. W 2024 roku badań próby charakteryzowały się zawartością błonnika od 62,6% do 70,1% (Wyk. 287). Uzyskane wartości dla prób otrzymanych metodą dehydratacji ciśnieniowej były średnio o 6% mniejsze w porównaniu dla prób otrzymanych metodą konwekcyjną.



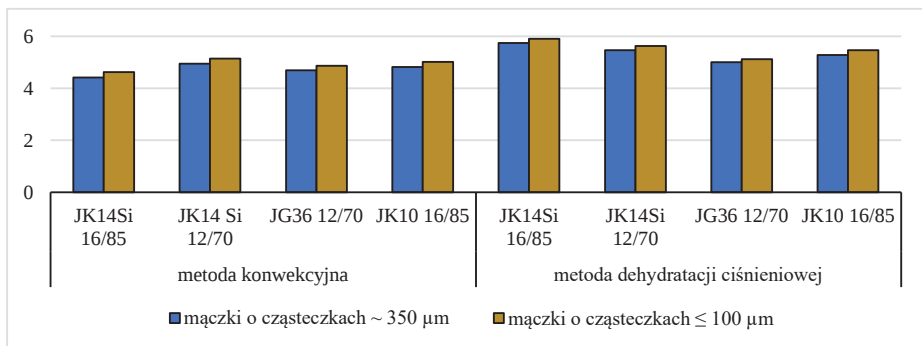
Wykres 286. Zawartość błonnika ogółem w mączkach o dwóch stopniach granulacji z jęczmienia kapturkowego (%), 2023 r.



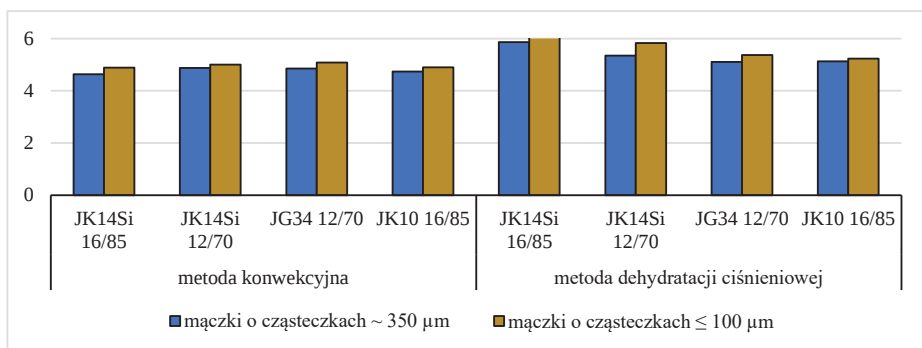
Wykres 287. Zawartość błonnika ogółem w mączkach o dwóch stopniach granulacji z jęczmienia kapturkowego (%), 2024 r.

Suma związków fenolowych w przeliczeniu na kwas ferulowy w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia oscylowała w przedziale od 4,4 mg·g⁻¹ do 5,9 mg·g⁻¹ mączki (Wyk. 288). Zaobserwowano, iż wraz ze zmniejszeniem się wielkości cząsteczek mączki stężenie związków fenolowych wzrastało średnio o 3,5%. Na zawartość związków o charakterze przeciwutleniającym wpływała także zastosowana metoda dehydratacji. Mączki otrzymane metodą dehydratacji konwekcyjnej cechowały się od 7% do 30% mniejszym stężeniem sumy związków fenolowych. W kolejnym roku badań (Wyk. 289) suma związków

fenolowych zawierała się w zakresie od $4,6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ mączki do $6,2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ mączki. W 2024 roku prowadzenia doświadczenia odnotowano podobną tendencję zwiększenia zawartości związków fenolowych wraz ze zwiększeniem stopnia rozdrobnienia oraz zastosowaniem dehydratacji ciśnieniowej.



Wykres 288. Suma związków fenolowych w mączkach o dwóch stopniach granulacji z jęczmienia kapturkowego (mg kwasu ferulowego $\cdot \text{g}^{-1}$), 2023 r.

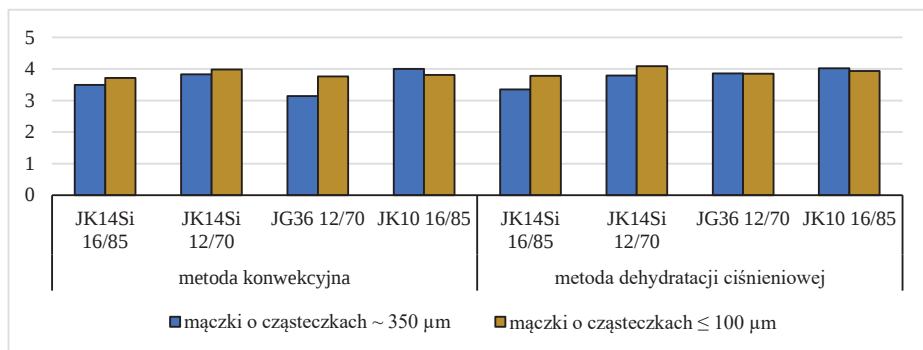


Wykres 289. Suma związków fenolowych w mączkach o dwóch stopniach granulacji z jęczmienia kapturkowego (mg kwasu ferulowego $\cdot \text{g}^{-1}$), 2024 r.

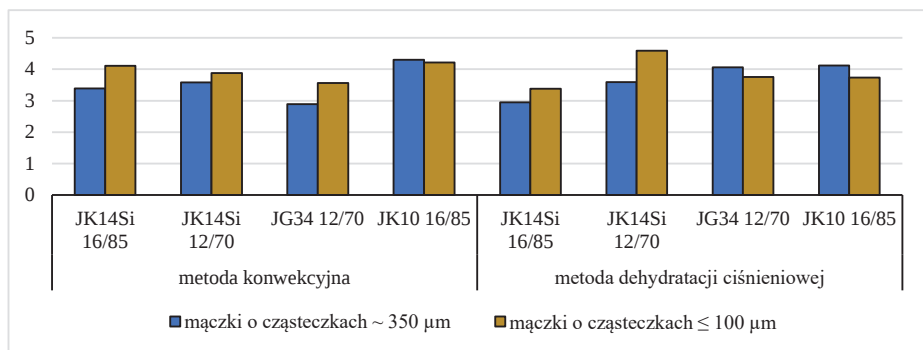
5.2.2. Właściwości technologiczne

W celu realizacji zadania badawczego oznaczono aktywność enzymów amylo-
litycznych oraz wodochłonność mączek. Analizowane próby mączek charaktery-
zowały się liczbą opadania równą 62 s, co świadczy o bardzo wysokiej aktywności enzymów. Wodochłonność mączek w 2023 r. kształtowała się na poziomie od $3,14 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ do $4,09 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ (Wyk. 290) a w kolejnym roku od $2,95 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ do $4,59 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ (Wyk. 291). Zmniejszenie średnicy zastępczej uzyskanych mączek przyczyniło się do wzrostu wodochłonności mączek nawet do 27%.





Wykres 290. Wodochłonność mączek o dwóch stopniach granulacji z jęczmienia kapturkowego ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$), 2023 r.



Wykres 291. Wodochłonność mączek o dwóch stopniach granulacji z jęczmienia kapturkowego ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$), 2024 r.



6. Ocena przydatności technologicznej mączek

W celu realizacji zadania badawczego przeprowadzono testy wypiekowe pieczywa pszennego i pszenno-jęczmiennego z dodatkiem mączki o dwóch stopniach rozdrobnienia.

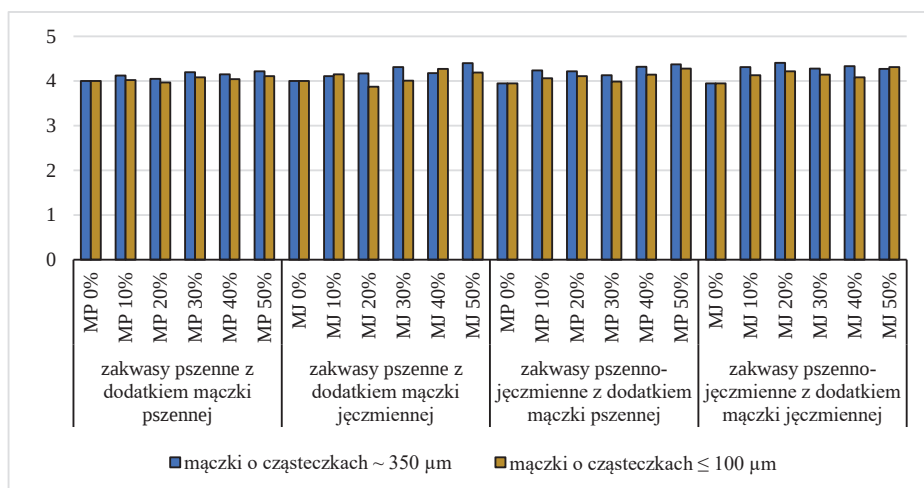
6.1. Zdolność do fermentacji

Opracowano technologię przygotowania zakwasów z dodatkiem wytworzonych mączek funkcjonalnych. Zakwasy wytworzono z dodatkiem komercyjnych kultur starterowych LV2 (Lesaffre, Francja). Określono pH zakwasów oraz zawartość kwasu mlekowego i octowego metodą spektrofotometryczną. Poniżej przedstawiono zdjęcie przykładowych zakwasów z dodatkiem mączek jęczmiennych (Fot. 23).



Fot 28. Zakwasy fermentowane starterem LV2 z dodatkiem mączek jęczmiennych

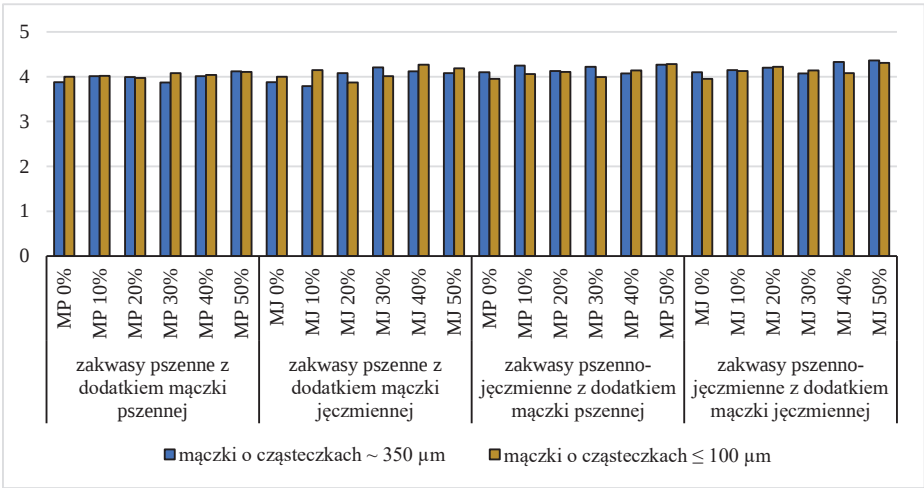
Odczyn zakwasów świadczy o podatności surowca na ukwaszanie. Wartości pH zakwasów przygotowanych na bazie mąki pszennej lub pszenno-jęczmiennej z dodatkiem funkcjonalnych mączek pszennej i jęczmiennej o różnej granulacji



Wykres 292. Wartość pH zakwasów pszennych i pszenno-jęczmiennych z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50%, 2023 r.



(około 350 μm i poniżej 100 μm) pochodzących z pierwszego roku doświadczenia wahały się w granicach od 3,87 do 4,41 (Wyk. 292). Natomiast analogiczne wartości charakteryzujące zakwasy z mączek uzyskanych w 2024 roku były nieco niższe (o 2-5%) i mieściły się przedziale od 3,79 do 4,36 (Wyk. 293).



Wykres 293. Wartość pH zakwasów pszennych i pszenno-jęczmiennej z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50%, 2024 r.

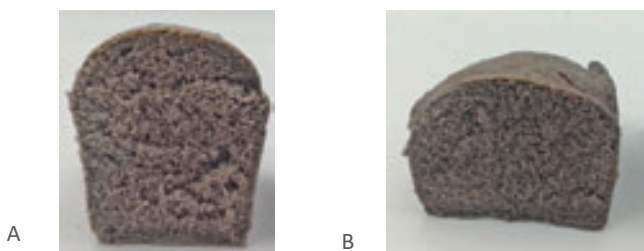
Analizując uzyskane wyniki stwierdzono, że zakwasy z dodatkiem mączki jęczmiennej charakteryzowały się o 4% wyższym pH niż z dodatkiem mączki pszennej, ponadto zakwasy z dodatkiem mączki o mniejszej granulacji szybciej ulegały zakwaszeniu (niższe pH) niż gdy dodawano analogiczną ilość mączek o większej granulacji 350 μm . W procesie fermentacji zakwasu udział biorą bakterie kwasu mlekowego: homofermentatywne (których produktem fermentacji jest wyłącznie kwas mlekowy) oraz heterofermentatywne (które obok kwasu mlekowego wytwarzają także kwas octowy). W przygotowanych zakwasach oznaczono proporcje zawartości kwasu mlekowego i octowego. We wszystkich analizowanych zakwasach, bez względu na rok, w którym pozyskano mączki, stosunek obu kwasów (mlekowy: octowy) był podobny i wahał się w granicach od 83:17 do 78:22. Są to wartości prawidłowe. Nie wykazano różnic w proporcji tych kwasów ani w zależności od roku prowadzonego doświadczenia, rozdrobnienia dodawanej mączki, rodzaju mączki, ani mąki bazowej (mąka pszenna; mieszanka mąki pszennej i jęczmiennej).

6.2. Parametry próbnego wypieku

W celu realizacji zadania przygotowano pieczywo pszenne na zakwasie oraz pieczywo pszenno-jęczmienne na zakwasie z dodatkiem funkcjonalnej mączki pszennej i jęczmiennej w ilości od 0 do 50% o dwóch stopniach granulacji.

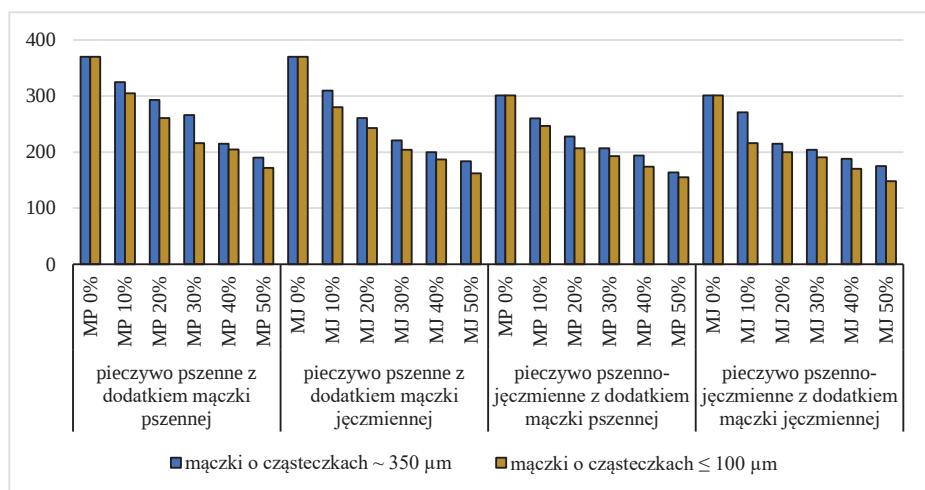


Poniżej zamieszczono zdjęcia pieczywa pszenno-jęczmiennego z dodatkiem 10% i 50% mączki jęczmiennej (Fot. 29).



Fot 29. Pieczywo pszenno-jęczmiennego z dodatkiem 10% (A) i 50% (B) mączki jęczmiennej.

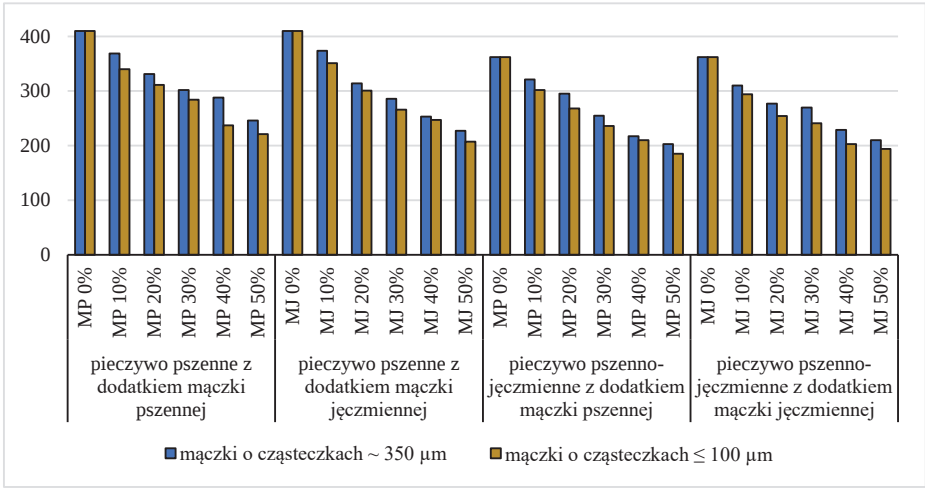
W ocenie jakości pieczywa bardzo ważnym wyróżnikiem jest jego objętość. Objętość uzyskanego pieczywa zmniejszała się wraz ze zwiększającym się udziałem mączek funkcjonalnych w chlebie, bez względu na to, czy były to mączki o granulacji około 350 μm , czy poniżej 100 μm . W doświadczeniu przeprowadzonym w 2023 roku (Wyk. 294) objętość pieczywa bez dodatku mączek, wytworzonego z mąki pszennej wynosiła 370 $\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, natomiast mniejszą o 19% objętość miało pieczywo wytworzone z mieszanki mąki pszennej i jęczmiennej (301 $\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Maksymalny dodatek (50%) mączki o granulacji 350 μm , spowodował zmniejszenie objętości pieczywa pszenno-jęczmiennego z dodatkiem mączki jęczmiennej o 42%. W przypadku pieczywa pszennego z dodatkiem mączki jęczmiennej objętość zmniejszyła się o 50%. Zmiany tego parametru w przypadku zastosowania mączek mikronizowanych (wielkość cząstek poniżej 100 μm) były jeszcze większe i wynosiły odpowiednio 51% i 56%.



Wykres 294. Objętość pieczywa pszennego i pszenno-jęczmiennego z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50% ($\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), 2023 r.



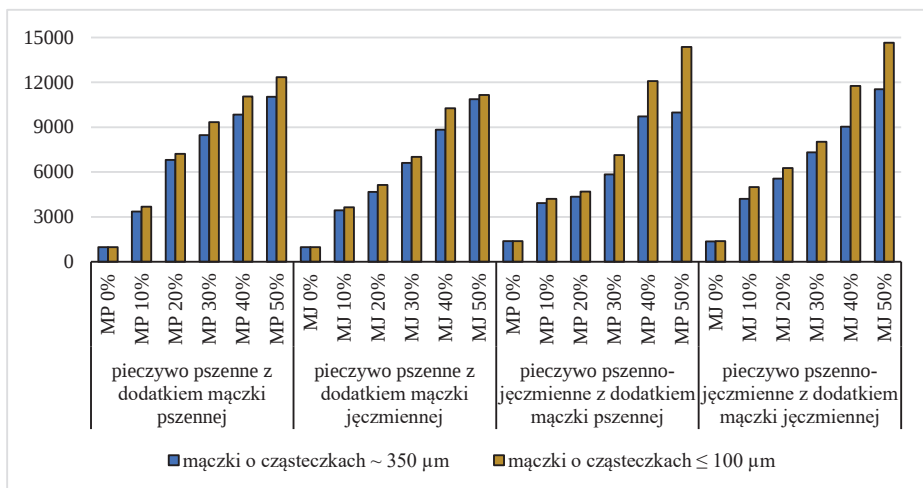
Trend w zmianach objętości pieczywa w zależności od rodzaju dodanej mączki, jej rozdrobnienia i użytej mąki bazowej w doświadczeniu przeprowadzonym w 2024 roku był taki sam (Wyk. 295), chociaż uzyskane wyniki były o około 10% wyższe. Jest to wynikiem użycia innej mąki, będącej surowcem bazowym do wytworzenia pieczywa.



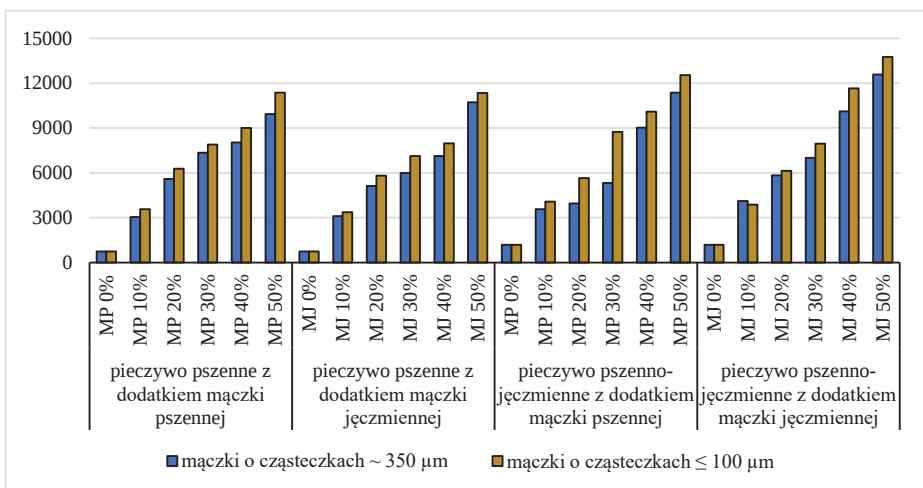
Wykres 295. Objętość pieczywa pszennego i pszenno-jęczmiennego z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50% (cm³/100 g·g⁻¹), 2024 r.

Twardość pieczywa oznaczono za pomocą teksturometru. Zgodnie z przeprowadzonym testem definiuje się ją jako siłę potrzebną do kompresji kromki pieczywa o zdefiniowanych wymiarach. Twardość pieczywa zwiększała się wraz ze wzrostem dodatku mączek. Już 10% dodatek mączek funkcjonalnych do pieczywa spowodował niemal dziesięciokrotny wzrost jego twardości. Dotyczy to zarówno pieczywa wytworzonego w ramach doświadczenia w 2023 roku (Wyk. 296), jak i w 2024 roku (Wyk. 297). Zaobserwowano, że przy tym samym dodatku większą twardością charakteryzowało się pieczywo z dodatkiem mączki o granulacji poniżej 100 µm niż pieczywo zawierające mączkę o grubszej granulacji, ponadto pieczywo wytworzone na bazie mieszanki mąki pszennej i jęczmiennej było twardsze niż pieczywo pszenne, a rodzaj mączki (czy była to mączka pszenna czy jęczmienna) nie miał tu istotnego znaczenia.





Wykres 296. Twardość miękiszu pieczywa pszennego i pszenno-jęczmiennego z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50% (g), 2023 r.

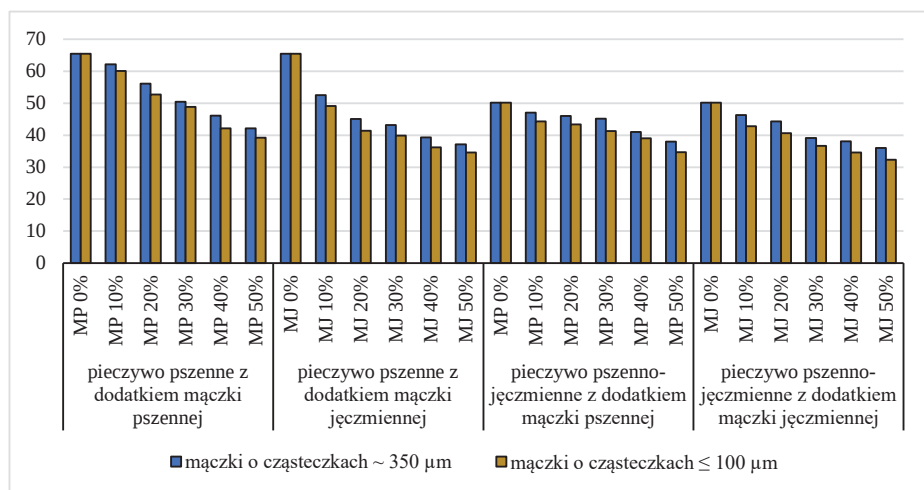


Wykres 297. Twardość miękiszu pieczywa pszennego i pszenno-jęczmiennego z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50% (g), 2024 r.



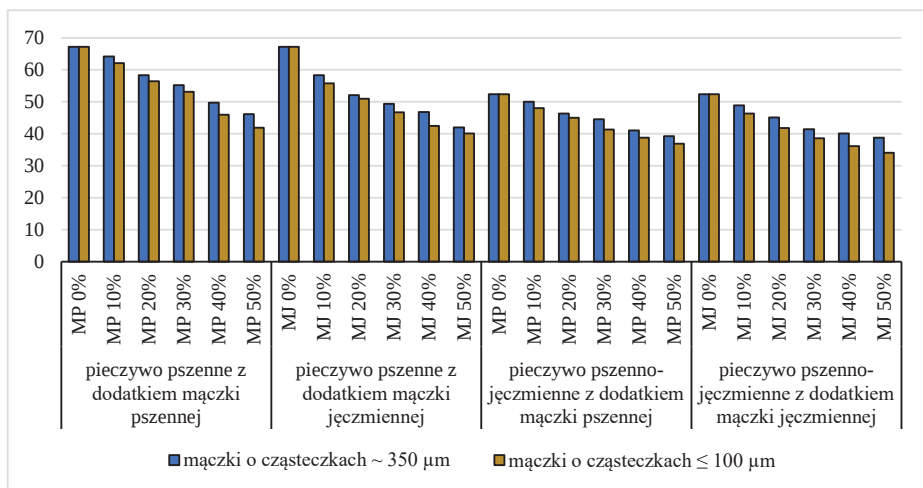
Fot. 30. Pieczywo pszenne i pieczywo z 10% dodatkiem mączki pszennej

Kolejnym parametrem w ocenie instrumentalnej pieczywa jest jego barwa. Oznaczono ją w systemie CIE $L^*a^*b^*$, gdzie poszczególne składowe oznaczają jasność (L^*), nasycenie barwą czerwoną lub zieloną (a^*) i nasycenie barwą żółtą lub niebieską (b^*). Powyżej przedstawiono zdjęcie pieczywa pszennego i pieczywa z dodatkiem mączki pszennej w ilości 10% (Fot. 30). Na wykresach 298 i 299 przedstawiono wartości parametru L^* (jasności) pieczywa uzyskanego w doświadczeniach prowadzonych w 2023 i 2024 roku. Pieczywo wytworzone z mąki pszennej charakteryzowało się większą jasnością (64,44 i 67,22) niż pieczywo z mieszanki mąk pszennej i jęczmiennej (50,17 i 52,34). Wraz ze zwiększającym się udziałem mączek w pieczywie, jego jasność malała, a różnice były większe w przypadku dodatku mączki jęczmiennej (44 % niż mączki pszennej (35 %). Ponadto zaobserwowano, że przy tym samym poziomie dodatku pieczywo z dodatkiem mączek mikronizowanych było ciemniejsze (wartości L^* były średnio o 7 % mniejsze) niż z dodatkiem mączek o granulacji około 350 μm . Różnice jasności pieczywa przygotowanego i analizowanego w 2023 i 2024 roku były nieistotne.



Wykres 298. Jasność barwy L^* pieczywa pszennego i pszenno-jęczmiennego z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50%, 2023 r.

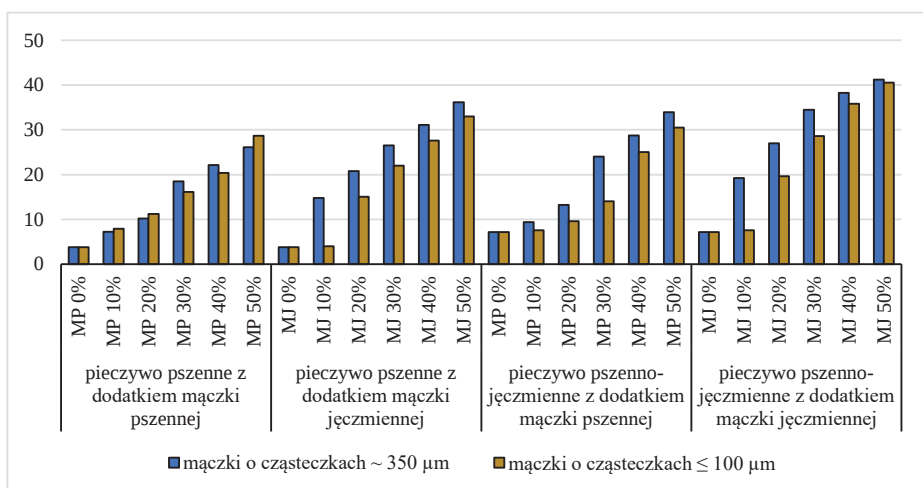




Wykres 299. Jasność barwy L* pieczywa pszennego i pszenno-jęczmiennego z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50%, 2024 r.

6.3. Wpływ procesów mikrobiologicznych i obróbki termicznej

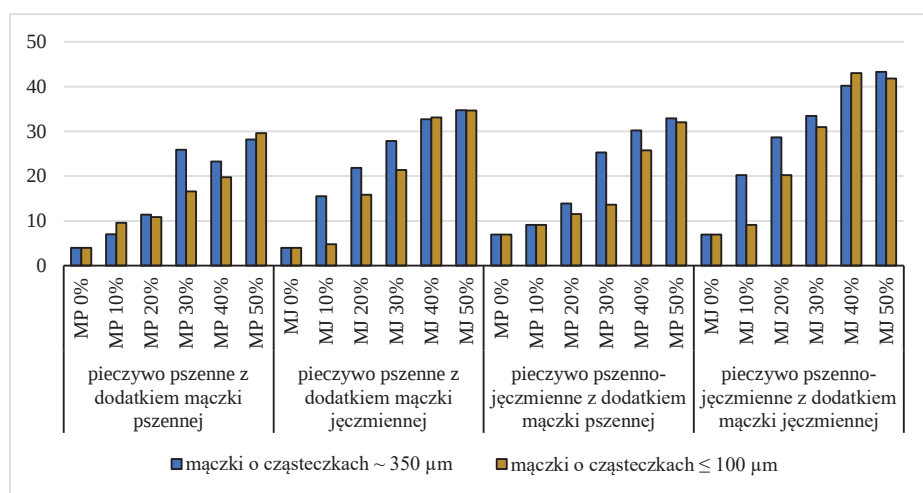
Jak wykazano we wcześniejszych etapach projektu otrzymane mączki funkcjonalne są bogatym źródłem błonnika pokarmowego. Zawartość błonnika w pieczywie pszennym i pieczywie pszenno-jęczmiennym, których nie wzbogacano w mączki wynosiła 3,78 % i 7,15 % (Wyk. 300). Wraz ze zwiększającym się dodatkiem mączek, ilość błonnika w pieczywie zwiększała się. W pieczywie pszennym o największym udziale mączki pszennej jego zawartość wzrosła do 26 %, podczas gdy w pieczywie pszenno-jęczmiennym z takim samym



Wykres 300. Zawartość błonnika ogółem w pieczywie pszennym i pszenno-jęczmiennym z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50% (%), 2023 r.



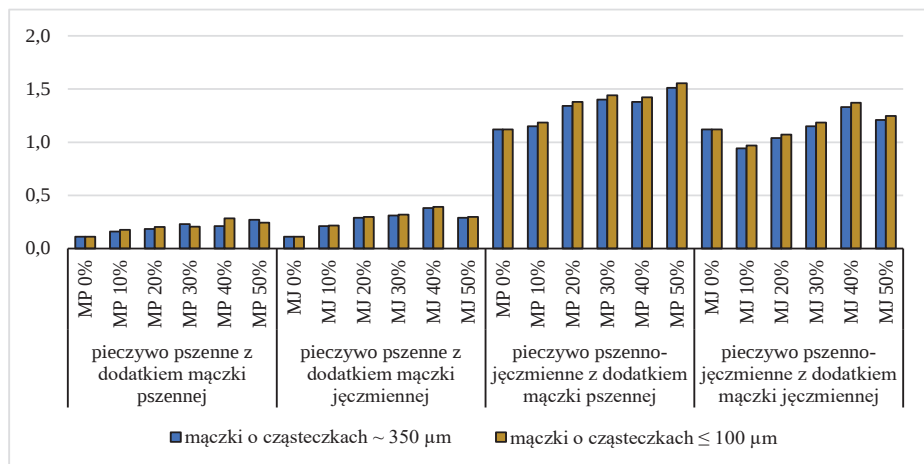
dotatkem mączki jęczmiennej zawartość błonnika sięgała aż 41 %. Odnotowano większy wpływ rodzaju mąki bazowej (mąka pszenna i mieszanka mąki pszennej z jęczmienną), z której przygotowano pieczywo i rodzaju wyprodukowanej mączki funkcjonalnej (pszenna i jęczmienna) niż stopnia jej rozdrobnienia na zawartość błonnika w pieczywie. Analogiczne doświadczenie przeprowadzono używając surowców pochodzących z upraw w 2024 roku. (Wyk. 301). Uzyskane wyniki zawartości błonnika pokarmowego w przygotowanym pieczywie różniły się w niewielkim stopniu od wyników otrzymanych we wcześniejszym doświadczeniu. Stwierdzono, że trendy zmian zawartości błonnika pokarmowego w pieczywie były niezależne od roku doświadczenia.



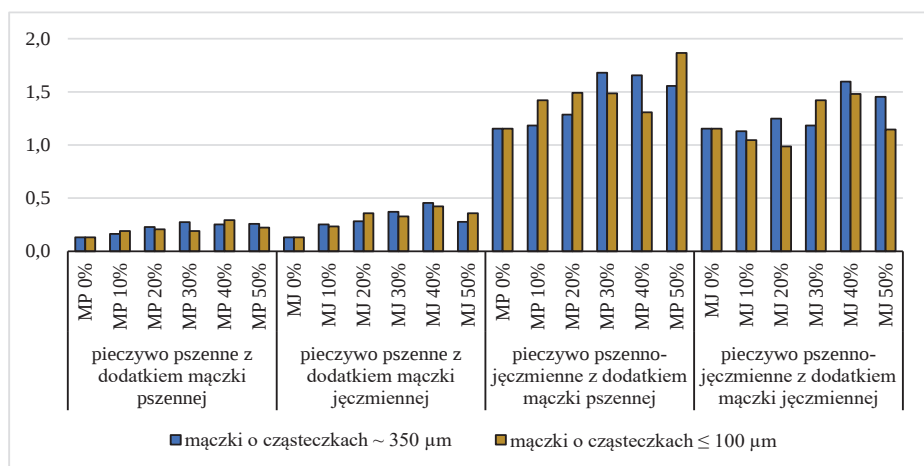
Wykres 301. Zawartość błonnika ogółem w pieczywie pszennym i pszenno-jęczmiennym z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50% (%), 2024 r.

Analizując zawartość β -glukanów w pieczywie wytworzonym z dodatkiem mączek funkcjonalnych stwierdzono, że pieczywo wytworzone na bazie mieszanki mąki pszennej i jęczmiennej charakteryzowało się wyższą zawartością tej frakcji błonnika pokarmowego (1,12 %) niż pieczywo wytworzone jedynie z mąki pszennej (0,11 %) (Wyk. 302). Ich zawartość w pieczywie pszenno-jęczmiennym bez dodatku mączek funkcjonalnych była niemal trzykrotnie większa (1,12 %) niż w pieczywie pszennym z 50% dodatkiem mączki jęczmiennej (0,38 %). Nie odnotowano wpływu procesu mikronizowania mączek funkcjonalnych na zawartość β -glukanów w pieczywie wytworzonym z ich udziałem. Analogiczne doświadczenie przeprowadzono z zastosowaniem surowców uzyskanych w 2024 roku (Wyk. 303). Otrzymane wyniki zawartości β -glukanów w poszczególnych wariantach pieczywa były takie same jak w próbach analizowanych rok wcześniej.





Wykres 302. Zawartość β -glukanów ogółem w pieczywie pszennym i pszenno-jęczmiennym z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50% (%), 2023 r.

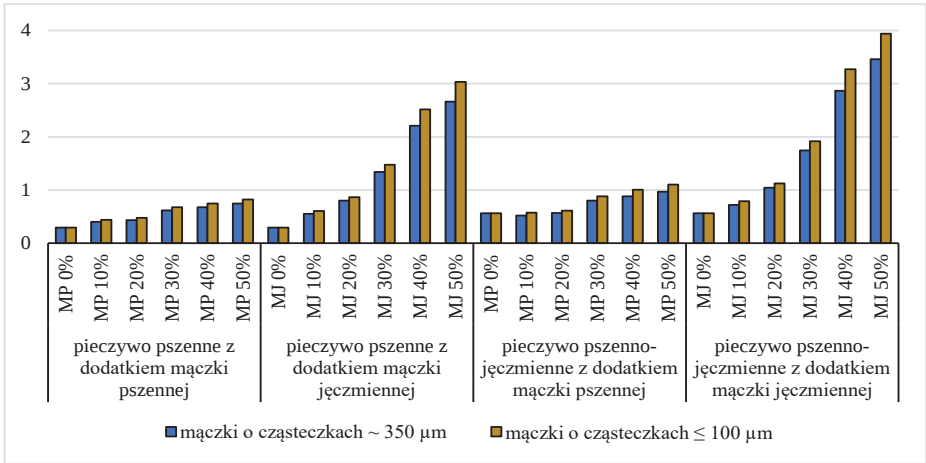


Wykres 303. Zawartość β -glukanów ogółem w pieczywie pszennym i pszenno-jęczmiennym z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50% (%), 2024 r.

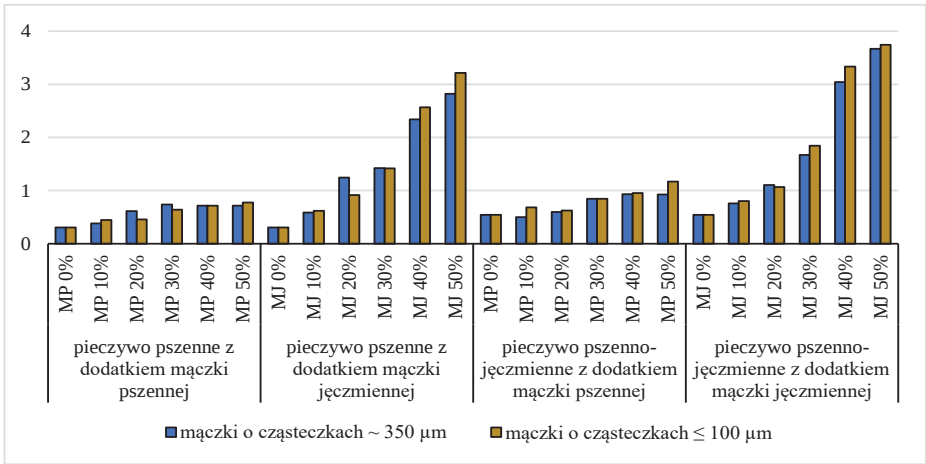
Zawartość związków fenolowych ogółem w pieczywie z dodatkiem mączek funkcjonalnych była bardzo zróżnicowana i zmieniała się w szerokim zakresie. Ich zawartość w pieczywie pszenno-jęczmiennym bez dodatku mączek funkcjonalnych była dwukrotnie wyższa niż w analogicznym pieczywie pszennym ($0,29 \text{ mg FA} \cdot \text{g}^{-1}$ i $0,56 \text{ mg FA} \cdot \text{g}^{-1}$) (Wyk. 304). Dodatek mączek funkcjonalnych istotnie zwiększył ich zawartość w pieczywie, a różnice te były tym większe im większy był udział wyżej wymienionych mączek. Zaobserwowano, że dodatek mączki jęczmiennej jest bardziej efektywny pod tym względem. Przy 50% udziale mączki jęczmiennej w pieczywie zawartość związków fenolowych wynosiła $2,66 \text{ mg FA} \cdot \text{g}^{-1}$ (pieczywo pszenne) i $3,46 \text{ mg FA} \cdot \text{g}^{-1}$ (pieczywo pszenno-jęczmienne). Wartości te były ponad trzykrotnie wyższe niż dla analogicznych próbek pieczywa z dodatkiem mączki



pszennej. Zaobserwowano także, że wpływ na uzyskane wyniki ma stopień rozdrobnienia mączek funkcjonalnych dodawanych do pieczywa. W przypadku dodatku mączek o granulacji 100 µm zawartość związków fenolowych ogółem w pieczywie była o 11-14% większa niż gdy dodawano mączkę o granulacji 350 µm. Analogiczne badania przeprowadzono wykorzystując mączki funkcjonalne uzyskane w doświadczeniu w 2024 roku (Wyk. 305). Ponownie wykazano, że pieczywo z mączkami jęczmiennymi charakteryzuje się większą zawartością związków fenolowych niż z dodatkiem mączek pszennych. Potwierdzono również, że zawartość tych związków jest istotnie większa w pieczywie pszenno-jęczmiennym niż pszenным. Nie stwierdzono natomiast różnic zawartości związków fenolowych w próbach analizowanych w dwóch latach doświadczeń.



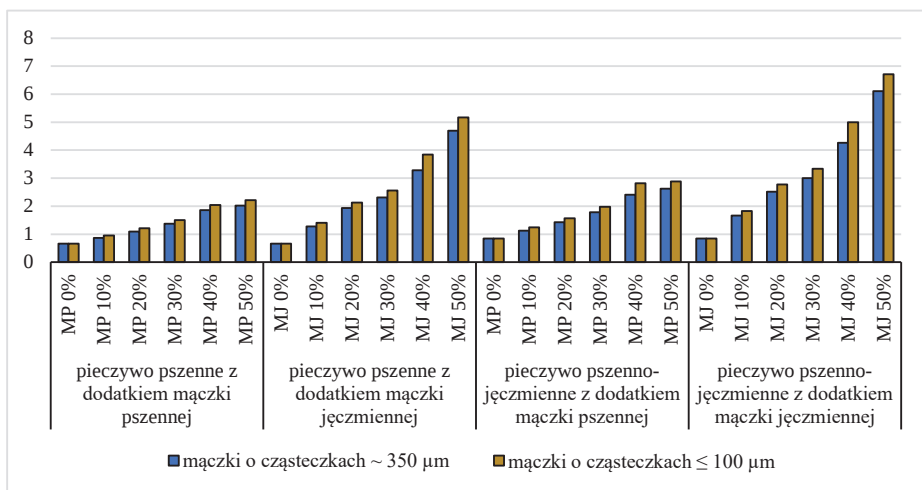
Wykres 304. Suma związków fenolowych w pieczywie pszenным i pszenno-jęczmiennym z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50% (mg kwasu ferulowego·g⁻¹), 2023 r.



Wykres 305. Suma związków fenolowych w pieczywie pszenным i pszenno-jęczmiennym z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50% (mg kwasu ferulowego·g⁻¹), 2024 r.

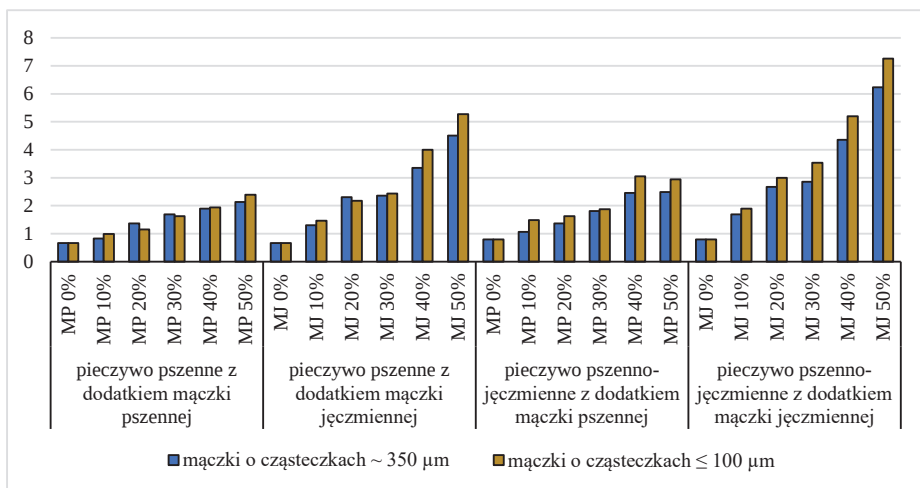


Aktywność przeciwutleniająca pieczywa wytworzonego w ramach przeprowadzonego w 2023 roku doświadczenia wahała się w granicach od 0,66 mg Tx·g⁻¹ (pieczywo pszenne bez dodatku mączki funkcjonalnej) do 6,72 mg Tx·g⁻¹ (pieczywo pszenno-jęczmienne z dodatkiem 50% mikronizowanej mączki jęczmiennej) (Wyk. 306). Aktywność przeciwutleniająca pieczywa otrzymanego i analizowanego w kolejnym roku (2024) zmieniała się w nieco szerszym, choć podobnym, zakresie: od 0,67 mg Tx·g⁻¹ do 7,27 mg Tx·g⁻¹ (Wyk. 307). Aktywność przeciwutleniająca pieczywa wzrastała wraz ze wzrastającym udziałem macek funkcjonalnych. Analogicznie jak w przypadku zawartości związków fenolowych ogółem, również aktywność przeciwutleniająca pieczywa pszenno-jęczmiennego była wyższa (o 20%-27%) niż pieczywa wytworzonego na bazie mąki pszennej. Dodatek mączki jęczmiennej spowodował większy wzrost aktywności przeciwutleniającej pieczywa niż mączki pszennej, podobnie wyższą aktywnością charakteryzowały się próbki pieczywa z dodatkiem macek mikronizowanych (granulacja poniżej 100 µm) niż o granulacji 350µm.



Wykres 306. Aktywność przeciwutleniająca pieczywa pszennego i pszenno-jęczmiennego z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50% (mg Tx·g⁻¹), 2023 r.





Wykres 307. Aktywność przeciwutleniająca pieczywa pszennego i pszenno-jęczmiennego z dodatkiem mączki pszennej (MP) i mączki jęczmiennej (MJ) w ilości 0-50% (mg Tx·g⁻¹), 2024 r.



Podsumowanie

Eksperymenty polowe z jęczmieniem kapturkowym odmiany Kaptur, o czarnej barwie ziarna oraz pszenicą okrągłozierną odmiany Trispa zlokalizowano na glebie płowej lekkiej, o uziarnieniu piasku gliniastego i średniej zawartości próchnicy (1,1-1,3%). Gleba ta miała odczyn lekko kwaśny lub obojętny i charakteryzowała się bardzo wysoką lub wysoką zawartością przyswajalnych dla roślin form makroelementów (P, K, Mg) oraz co najmniej średnią zasobnością w dostępne mikroelementy (Mn, Cu, Zn, Fe). Plony ziarna jęczmienia kapturkowego i pszenicy okrągłoziernej uprawianych na glebie o relatywnie korzystnych właściwościach agrochemicznych nie były jednak imponujące, średni plon ziarna nie przekroczył $3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Przyczyną tego były duże niedobory opadów atmosferycznych w kwietniu i maju w obu latach realizacji doświadczeń. Słabe zaopatrzenie zbóż w wodę w krytycznym dla nich okresie, na glebie lekkiej, o małej retencji wodnej, nie pozwoliło na ujawnienie się pełnego potencjału plonowania jęczmienia kapturkowego i pszenicy okrągłoziernej.

W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono istotnych różnic w plonowaniu badanych gatunków zbóż wskutek zastąpienia uprawy płuźnej uprawą bezorkową. Uprawa bezpłuzna ograniczała straty wody z gleby, zwiększała zwięźłość gleby, sprzyjała kumulacji składników pokarmowych i próchnicy w wierzchniej warstwie gleby, a także sporadycznie zwiększała zachwaszczenie. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że możliwe jest upowszechnienie uproszczonych systemów uprawy roli w systemie rolnictwa ekologicznego, bez ryzyka obniżenia plonowania badanych gatunków. W ten sposób można również w perspektywie długookresowej poprawić właściwości fizyczne i chemiczne gleb lekkich, a także zwiększyć ich aktywność biologiczną.

Zbiorowisko chwastów w przeprowadzonych doświadczeniach charakteryzowało się dużą różnorodnością. Na polach można było spotkać mniej znane gatunki chwastów, z dostrzegalnym udziałem chwastów dwu i wieloletnich, w tym także ruderalnych. Uprawa bezpłuzna w porównaniu do uprawy płuźnej może zwiększać zachwaszczenie, stąd planowanie uproszczeń musi uwzględnić wyjątkowo staranne odchwaszczanie dozwolonymi ekologicznie metodami zwalczania i zapobiegania. Natomiast odejście od płuźnej uprawy roli, jak wykazały wykonane badania, nie spowodowało na ogół wzmożonej obecności patogenów ani szkodników jęczmienia i pszenicy.

W przeprowadzonym eksperymencie nie stwierdzono wyraźnych różnic wzrostu i rozwoju, a także plonowania jęczmienia kapturkowego pomiędzy dwoma gęstościami siewu (350 i $450 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$). Zwiększenie liczby roślin jęczmienia na jednostce powierzchni może zwiększać zdolności konkurencyjne jęczmienia z chwastami i mieć pozytywny wpływ na plonowanie, szczególnie



w warunkach niekorzystnych. Jednakże zwiększone zagęszczenie roślin to również ryzyko wydolikacenia roślin i ich większej podatności na inwazję patogenów. Dla właściwego zagęszczenia łanu jęczmienia kapturkowego wystarczy docelowa obsada roślin w liczbie 350 szt. $\cdot$ m⁻². Jęczmień kapturkowy jest rośliną dosyć wysoką, o silnym krzewieniu i potrafi dobrze wypełnić przestrzeń łanu, dzięki czemu dobrze konkuruje z chwastami. W zaproponowanej technologii uprawy koniecznym jest staranne wykonywanie bronowania pielęgnacyjnego zbóż, skośnie do kierunku rzędów, aby nie powodować zbyt dużych strat w obsadzie roślin. Ważne jest również uwzględnienie ewentualnych ubytków roślin w planowanej gęstości siewu. W rolnictwie ekologicznym, wobec braku możliwości aplikacji herbicydów, szczególnego znaczenia nabiera staranność i równomierność wysiewu roślin, gdyż na wszelkich nieobsianych powierzchniach natychmiast pojawiają się chwasty.

W naszych badaniach badano także reakcję jęczmienia czarnego kapturkowego i pszenicy okrągłoziałowej na preparat BlueN (*Methylobacterium symbioticum*) stymulujący odżywianie roślin azotem. Dowiedziono pozytywnego wpływu tego biostymulatora na parametry fizjologiczne obu testowanych roślin zbożowych i ich skład chemiczny. Jego jednokrotna aplikacja w niekorzystnych warunkach meteorologicznych lat 2023 i 2024 pozwalała osiągnąć wyższe plony ziarna dochodzące do około 0,4 t $\cdot$ ha⁻¹. Stwierdzono również, że stosowanie biostymulatora BlueN dwukrotnie nie przynosi pozytywnego efektu, a może działać również niekorzystnie na rośliny jęczmienia i pszenicy. W zaproponowanej technologii uprawy jęczmienia czarnego kapturkowego i pszenicy okrągłoziałowej stosowanie preparatu zawierającego bakterie *Methylobacterium symbioticum* pozwala na ekologiczne poprawienie zaopatrzenia roślin w azot, który jest niezbędnym składnikiem pokarmowym, a którego w systemie ekologicznym nie można podać roślinom w formie sztucznych nawozów azotowych.

W badaniach testowano także reakcję jęczmienia czarnego kapturkowego i pszenicy okrągłoziałowej na nawożenie obornikiem i wpływ stosowania międzyplonu. Chociaż stosowanie obornika pod zboża nie jest powszechną praktyką, a deficyt nawozów naturalnych powoduje rezygnację z ich stosowania nawet pod bardziej wymagające rośliny, nie wyklucza to możliwości aplikacji obornika pod rośliny zbożowe. Jak dowiedziono w zaproponowanych technologiach uprawy pierwotnych gatunków zbóż obornik bardzo korzystnie wpływa na właściwości fizyczne gleby, zasobność gleb w składniki pokarmowe, próchnicę oraz aktywizuje mikroorganizmy glebowe. Jego obecność w glebie działa również pozytywnie na parametry fizjologiczne roślin i ich skład chemiczny. W przedstawionych wynikach badań wnoszenie obornika do gleby powodowało w niekorzystnych warunkach pogodowych w latach 2023 i 2024 wyższe plony ziarna testowanych zbóż przekraczającą nawet 0,4 t $\cdot$ ha⁻¹. Zapewnienie stałego



dopływu materii organicznej do gleb lekkich jest priorytetowym działaniem w zakresie ich ochrony przed degradacją i zwiększenia plonowania roślin. Z punktu widzenia trwałości rozwoju rolnictwa, przedstawione badania wskazują, że najbardziej korzystnym rozwiązaniem jest stosowanie uproszczonej uprawy roli połączonej ze stosowaniem obornika, międzyplonu i aplikacją biostymulatora.

Jednym z ważniejszych wyzwań, przed którym obecnie stoi przemysł rolno-spożywczy jest eliminacja, ograniczenie lub ponowne wykorzystanie produktów ubocznych generowanych na różnych etapach procesu produkcji żywności. Działania te wpisują się w plan Unii Europejskiej na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym, którego celem jest ograniczenie marnotrawstwa żywności, podniesienie wartości i żywotności produktów, a także efektywniejsze wykorzystanie materiałów i zasobów w gospodarce. Głównym odpadem powstającym podczas produkcji piwa jest młóto browarniane, stanowiące około 85 % wszystkich produktów ubocznych. Wysoki poziom błonnika pokarmowego, minerałów i przeciwutleniaczy stwarza możliwość zastosowania jego jako cennego dodatku do żywności. Barię szerszego wykorzystania jest głównie duża zawartość wody, co w zasadzie uniemożliwia magazynowanie większych ilości surowca. Dlatego w ramach realizacji projektu opracowano proces dehydratacji młóta browarnianego gwarantującego wysoką jakość chemiczną, fizykochemiczną i sensoryczną otrzymanego surowca. Tak przygotowane młóto po rozdrobnieniu wykorzystano jako dodatek do pieczywa. Wraz ze zwiększającym się udziałem mączek jęczmiennych i pszennych w recepturze ciasta pszennego i pszenno-jęczmiennego zawartość cennych z punktu żywieniowego składników znacząco wzrastała. Największy 50% dodatek funkcjonalnych mączek powodował nawet dziesięciokrotny wzrost zawartości błonnika pokarmowego w pieczywie. Już 10% dodatek mączki jęczmiennej dwukrotnie zwiększał zawartość związków fenolowych i aktywności przeciwutleniającej pieczywa pszennego. Jednocześnie wzrost zawartości mączek w recepturze powodował wzrost twardości i zmniejszenie objętości produktu. Dziesięcioprocentowy dodatek mączek funkcjonalnych do pieczywa niemal dziesięciokrotnie zwiększał jego twardość. Wzrost twardości pieczywa wraz ze wzrostem udziału mączki może być jednym z czynników ograniczających jego popularność jako dodatku do wyrobów piekarskich. Jednakże zwiększenie wartości odżywczej i korzystnych dla zdrowia efektów może zwiększyć zainteresowanie produktami spożywczymi wytworzonymi z młóta browarnianego.



