



KONTROLA ZIEMNIAKA W BEZPIECZNY I NATURALNY SPOSÓB

/raport z realizacji operacji/

SKŁAD GRUPY OPERACYJNEJ:

- Instytut Nowoczesnego Rolnictwa sp. z o.o.,
- Szkoła Główna gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
- Rolnik – Michał Dąbrowski



1. Wstęp.....	3
1.1. Wpływ planowanej operacji.....	9
2. Cel i zakres projektu.....	11
2.1. Cele szczegółowe to wytworzenie:.....	11
3. Organizacja projektu	13
3.1. Konsorcjanci	13
3.2. Metody i zakres prowadzonych badań	14
3.3. Statystyczne opracowanie wyników badań	27
4. Wyniki badań.....	28
4.1. Ocena wpływu zaprawiania bulw ziemniaka na ograniczenie kiełkowania w różnych systemach przechowywania	29
4.2. Ocena wpływu zaprawiania bulw ziemniaka na cechy jakościowe przechowywanych bulw	36
4.2.1. Analiza ilorazu wartości cech jakościowych względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu luzem na pryzmie	36
4.2.2. Analiza ilorazu wartości cech jakościowych względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu w systemie skrzyniopaletowym.....	43
4.2.3. Analiza efektów głównych cech jakościowych w podziale na zastosowane zaprawianie bulw i system przechowywania.....	49
4.3. Połowa ocena wegetacji ziemniaka w kontekście badanych kombinacji zaprawiania sadzeniaków.....	57
4.3.1. Analiza wpływu zaprawiania sadzeniaków na wegetację roślin w podziale na odmiany	57
4.3.2. Analiza wpływu zaprawiania sadzeniaków na wegetację roślin w podziale na lata	73
4.3.3. Ocena połowa wegetacji w kontekście kombinacji zaprawiania sadzeniaków średnio poprzez terminy badań	82
4.4. Ocena plonu końcowego uprawy ziemniaka	90
4.4.1. Ocena wpływu zaprawiania bulw na poziom plonowania ziemniaka.....	90
4.4.2. Ocena wpływu zaprawiania bulw na zawartość suchej masy	92
4.5. Alternatywna technologia desykcji roślin ziemniaka przed zbiorem	93



5.	Wnioski z badań i wytworzenie innowacji	97
5.1.1.	Wytworzenie innowacji technologicznej w zakresie przechowywania ziemniaka z wykorzystaniem zamgławiania i zaprawiania	97
5.1.2.	Wytworzenie innowacji technologicznej w zakresie dysykcji ziemniaka	98
5.1.3.	Wnioski z wytworzenia innowacji	99
6.	Perspektywa dalszego rozwoju i rekomendacja działań	102
6.1.1.	Testowanie innych olejków eterycznych, być może wytwarzanych na poziomie gospodarstwa	102
6.1.2.	Sposoby zwiększonej dezynfekcji w przechowalnictwie	102
6.1.3.	Zastosowanie wody utlenionej w niewielkich procesach związanych z pracą z żywnością i uprawami okopowymi	103
6.1.4.	Implementacja kwasu octowego w produkcji ekologicznej	103
6.1.5.	Rozwój cyfrowego pomiaru parametrów mikroklimatu i ziemniaków przy pomocy sztucznej inteligencji i Internet of Things (IoT)	104
6.1.6.	Rozwój technologii bezpiecznego mikrobiologicznie i chorobowo sadzeniaka	104
6.1.7.	Zarządzanie parametrami ziemniaka w czasie na potrzeby specyficznych grup odbiorców – chipsów, galanterii ziemniaczanej itp.	105
7.	Spis obiektów	106
7.1.	Spis rysunków	106
7.2.	Spis fotografii	108
7.3.	Spis tabel	109



1. Wstęp

Ziemniak jest jedną z głównych roślin uprawianych na świecie, a Polska jest jednym z krajów o najwyższej ilości konsumpcji ziemniaka na osobę. Według agencji analitycznej IndexBox oczekuje się, że w światowa konsumpcja ziemniaków będzie rosła o 1,5% rocznie, a analitycy przewidują również dalszy rozwój światowego rynku ziemniaków. Kiełkowanie jest jednym z głównych problemów przy przechowywaniu ziemniaków. Bulwy ziemniaka, w przypadku których doszło do kiełkowania nie nadają się do sprzedaży, mogą powodować niestrawność lub nawet zatrucie pokarmowe. Aby nie doszło do procesu kiełkowania ziemniaki muszą być przechowywane w optymalnych warunkach, o stałej temperaturze bez dostępu do promieni słonecznych. Zmiana warunków i wyższe temperatury przechowywania wpływają na intensyfikację procesów fizjologicznych, takich jak oddychanie i kiełkowanie, co prowadzi do zmian ilościowych i jakościowych produktu. Okres uśpienia bulw skraca się, co wpływa na rozpoczęcie procesu kiełkowania i intensywniejszy wzrost kiełków. Z uwagi na to, że wydzielanie wody przez kiełki jest intensywniejsze niż przez perydermę bulw, skutkuje to zwiększeniem ubytków naturalnych spowodowanych oddychaniem i transpiracją (Z.Czerko, K.Zagraska, M.Grudzińska, Porównanie odmian ziemniaka pod względem reakcji na stosowanie inhibitorów kiełkowania, 2012). W związku z tym utrzymanie odpowiednich warunków w hali magazynowej jest kluczowe. Przechowywanie ziemniaków w zbyt niskich temperaturach, które opóźniłyby procesy kiełkowania, obniża z kolei walory smakowe ziemniaków przeznaczonych do spożycia. Przygotowanie ziemniaków, u których doszło do kiełkowania, do sprzedaży jest znacznie utrudnione i wiąże się ze zwiększonymi nakładami pracy. W celu zahamowania procesu kiełkowania stosowane są różnego rodzaju rozwiązania i preparaty.

Obecnie obowiązujące regulacje prawne zakazują stosowania chloroprofamu, który do niedawna był powszechnie stosowany jako substancja hamująca kiełkowanie bulw ziemniaka. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności wskazał na ryzyko powodowania przez chloroprofam ostrych i przewlekłych dolegliwości, a w 2020 roku Komisja Europejska wycofała ten związek z listy dozwolonych substancji czynnych. Chloroprofan był substancją chemiczną, pozwalającą na korygowanie błędów popełnionych na polu oraz w przechowalni poprzez bardzo dobre działanie interwencyjne. Wymusza to poszukiwanie innych metod zapobiegających kiełkowaniu, które umożliwią rolnikom skuteczną ochronę zbiorów. Poszukiwane są rozwiązania polegające na wykorzystaniu do ograniczenia intensywności kiełkowania poprzez stosowanie naturalnych inhibitorów wzrostu kiełków w formie ekstraktów takich jak olejki, które mogą skutecznie ograniczyć kiełkowanie bulw połączonych z zastosowaniem substancji do zaprawiania takich jak biopreparaty, woda utleniona czy mieszaniny mineralno ziołowe.



Obecnie zwraca się większą uwagę na negatywne skutki ekologiczne do których prowadzi stosowanie intensywnych systemów produkcji rolnej. Częściej stosowane są metody produkcji, takie jak produkcja integrowana, których celem jest uzyskanie wysokiej jakości plonów przy jednoczesnym obniżeniu poziomu chemizacji. Natomiast przy ekologicznej produkcji ziemniaka rezygnuje się ze stosowania syntetycznych środków produkcji, co umożliwia ochronę środowiska i produkcję zdrowej żywności.

Potrzeby realizacji operacji opierają się na solidnych podstawach naukowych, biznesowych oraz legislacyjnych. Realizacja częściowo rozwiązuje problem redukcji stosowania środków chemicznych w produkcji ziemniaka, przy jednoczesnym osiągnięciu wysokiej jakości produktu i utrzymaniu efektów produkcyjnych. Jest to proces w dużej mierze podyktowany wymaganiami stawianymi przez instytucje publiczne i konsumentów, domagających się redukcji pozostałości syntetycznych środków produkcji zarówno w środowisku jak i w finalnych produktach spożywczych. Proces redukcji poziomu chemizacji rolnictwa jest wpisany w wiele międzynarodowych założeń oraz strategii transformacji branży rolno-spożywczej. Projekt planowanej operacji został skonsultowany z rolnikami, hodowcami oraz środowiskiem naukowym. Grupą docelową innowacji są przede wszystkim rolnicy, w tym producenci ziemniaków. Innowacje następnie mogą zostać zaadaptowane na masową skalę przez duże podmioty związane z produkcją ziemniaków. Jest to również szansa na spopularyzowanie korzystania z naturalnych inhibitorów wzrostu kiełków jako alternatywy dla innych, mniej bezpiecznych substancji.

Potrzeba realizacji operacji jest uzasadniona wynikami badań naukowych w rozumieniu art. 4 Ust. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Badania naukowe jednoznacznie sugerują potrzebę zarówno redukcji zużywanych fungicydów jak i ich pozostałości w zbieranych płodach rolnych i glebie. Warto wspomnieć, że najnowsza strategia Unii Europejskiej, Europejski Zielony Ład, w znacznym stopniu kładzie nacisk na redukcję zasobów zużywanych środków ochrony roślin, ekologizację produkcji oraz ograniczenie wpływu na środowisko naturalne. Wykorzystywanie nowych metod redukcji zużycia środków ochrony roślin jest nie tylko sugerowane przez wyniki badań naukowych, ale również przez strategię państw i organizacji publicznych, które na tych badaniach bazują.

Prawidłowa technologia przechowywania powinna dążyć do utrzymania niskich strat przechowalniczych, które zależą głównie od temperatury ziemniaków, wilgotności powietrza w przechowalni i intensywności wentylacji. Jednym z głównych problemów przy przechowywaniu ziemniaków jest kiełkowanie. W celu ograniczenia strat konieczne jest wykorzystanie różnego rodzaju rozwiązań i preparatów mających na celu zahamowanie procesu kiełkowania.



Wprowadzane do sprzedaży ziemniaki muszą spełniać określone wymagania. Przede wszystkim bulwy ziemniaka, w przypadku których doszło do kiełkowania nie nadają się do sprzedaży. Ponadto „wymogi przemysłu spożywczego są bardzo rygorystyczne odnośnie do jakości surowca. Bulwy muszą być w dobrym turgorze, nieskiełkowane i mieć niską zawartość cukrów” (Z. Czerko, Jak przechowywać ziemniaki, stosując integrowaną ochronę roślin, *Ziemniak Polski* 2015 nr 1, Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka w Jadwisinie). „Niezależnie od kierunku przetwórstwa, bulwy ziemniaka powinny charakteryzować się odpowiednimi cechami zewnętrznymi i wewnętrznymi a mianowicie: cechy zewnętrzne - odpowiednia wielkość bulw, kształt i jego regularność, płytkie oczka, gładka skórka; cechy wewnętrzne - zawartość suchej masy, skrobi, cukrów redukujących, sumy cukrów, ciemnienia miąższu bulw surowych, ciemna plamistość pouszkodzeniowa. Niezależnie od przeznaczenia ziemniaków bulwy powinny cechować się małą zawartością substancji antyżywnościowych i szkodliwych dla zdrowia (azotany, metale ciężkie, glikoalkaloidy, pozostałość środków ochrony roślin i hamujących kiełkowanie).” (Z. Czerko, K. Zagórska, *Technologia przechowywania ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 2008, z. 530:69-79). „W wielu gałęziach przemysłu ziemniaczanego niezbędna jest możliwość przedłużania okresu uśpienia bulw i ograniczania intensywności wzrostu kiełków. Wynika to z konieczności zachowania wysokiej jakości przechowywanych ziemniaków.” (P. Hara, *Możliwość wykorzystania ekstraktu z Artemisia Vulgaris L. W przerywaniu spoczynku bulw ziemniaka, Ziemniak Polski* 2019 nr 4).

W związku z tym stosowanie preparatów mających na celu zahamowanie procesu kiełkowania jest konieczne.

Duże znaczenie w kwestii zapotrzebowania na nowe rozwiązania w produkcji ziemniaków ma wycofywanie substancji czynnych. Autorzy publikacji naukowych zwracają uwagę, iż zmniejszona liczba substancji czynnych wchodzących w skład środków ochronnych wpłynie na wzrost kosztów ochrony roślin, a zwiększenie liczby substancji i ich częste stosowanie po sobie będzie powodowało coraz więcej problemów z powstawaniem odporności agrofagów. Co więcej zwalczanie niektórych z nich może być nawet niemożliwe (M. Mrówczyński, H. Wachowiak, T. Erlichowski, *Ochrona ziemniaków po ewentualnym wycofaniu substancji czynnych środków ochrony roślin, Ziemniak Polski* 2016 nr 1, Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie). „Alternatywne metody zastępujące inhibitory chemiczne wymagane są także do przechowywania ziemniaków z upraw ekologicznych” (Z. Czerko, K. Zagórska, M. Grudzińska, *Porównanie odmian ziemniaka pod względem reakcji na stosowanie inhibitorów kiełkowania, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* Nr 266, 2012).

Ponadto kwestią przemawiającą za stosowaniem naturalnych środków przy produkcji ziemniaków jest ich mniejszy wpływ na środowisko naturalne w porównaniu do środków



chemicznych. Podkreśla się to, iż „przyszłość rolnictwa powinna być oparta na zrównoważonym rozwoju, uwzględniającym zaspokojenie podstawowych potrzeb wszystkich ludzi, a jednocześnie dbającym o ochronę i możliwości odnowy środowiska naturalnego bez ryzyka, że potrzeby przyszłych pokoleń nie będą mogły być zapewnione ze względu na nieodwracalne zmiany w środowisku naturalnym, spowodowane niewłaściwą działalnością człowieka” (A. Żak, Środki ochrony roślin a zmiany w środowisku naturalnym i ich wpływ na zdrowie człowieka, Zagadnienie Ekonomiki Rolne 1(346) 2016, 155-166).

W związku z tym do hamowania procesu kiełkowania powinny być używane naturalne inhibitory kiełkowania. Badania wskazują na możliwość zastosowania naturalnych inhibitorów w celu ograniczenia kiełkowania ziemniaków. „Odmiany wcześnie kiełkujące powinny być jak najszybciej zużywane, a w krótkim okresie przechowywania (3-4 miesiące) do zahamowania kiełkowania może być zastosowany środek naturalny. Wykazano, że naturalny olejek eteryczny z goździka po kilkakrotnym zamgławianiu bulw nie zmienił w sposób istotny struktury miąższu oraz smaku i zapachu ziemniaków po ugotowaniu. Zapach olejku utrzymywał się tylko w bulwach surowych przed ugotowaniem” (M. Grudzińska, Chemiczny i naturalny inhibitor kiełkowania ziemniaków oraz ich wpływ na cechy sensoryczne bulw odmiany Michalina po ugotowaniu, Ziemniak Polski 2016 nr 1, Zakład Przetwórstwa i Przechowalnictwa Ziemniaka w Jadwisinie). Autorzy publikacji naukowych zwracają uwagę na skuteczność stosowania olejków eterycznych przy ograniczaniu kiełkowania ziemniaków. Zbigniew Czerko wskazuje, że „już dawno zauważono, że olejki eteryczne niektórych ziół i przypraw ograniczają kiełkowanie ziemniaków. Nie działają one jak typowe inhibitory, lecz poprzez wnikanie do komórek oddziałują na kiełki, raczej uszkadzając je aniżeli zapobiegając ich wzrostowi. Spośród naturalnych roślinnych ekstraktów należy wyróżnić głównie olejki z kopru, kminku oraz mięty pieprzowej i goździków, a także naturalne hormony kiełkowania: etylen i 1,4 dimetylnaftalen”. „Właściwości ograniczające kiełkowanie mają olejki z innych roślin, zwłaszcza z mięty pieprzowej i goździkowej. Zawsze największym problemem jest opracowanie sposobu rozprowadzania środka i jego dawkowanie. W przechowalni o składowaniu ziemniaków luzem olejki mogą być wprowadzane bezpośrednio do systemu wentylacji. Specjalny materiał o właściwościach absorbujących jest nasączany inhibitorem roślinnym i umieszczany w pobliżu cyrkulacji powietrza w kanale przechowalni. Po załączeniu wentylacji środek jest rozprowadzany w pryzmie ziemniaków. Olejek może być także aplikowany w formie zimnego lub gorącego aerozolu codziennie lub co 2-3 tygodnie. Olejek goździkowy, jeśli jest stosowany regularnie, daje dobre efekty. Stosowanie tych środków zależy od odmiany, warunków wzrostu rośliny i przechowywania. Średnia codzienna dawka wynosi 0,004 kg/t bulw.” (Z. Czerko, Sposoby zapobiegania kiełkowania ziemniaków przechowywanych w wyższych temperaturach (7-9°C), Ziemniak Polski 2010 nr 4, Zakład



Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka w Jadwisinie). „Zgodnie z opublikowaną w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r., która ustanawia normy na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów oraz zachęca do stosowania alternatywnych niechemicznych metod w rolnictwie, podejmowane są badania nad wprowadzeniem naturalnych środków – olejków eterycznych, np. z mięty pieprzowej, kminku, goździków, rozmarynu, kopru, które mogą skutecznie ograniczyć kiełkowanie bulw w czasie przechowywania” (M. Grudzińska, Z. Czerko, Olejki eteryczne z mięty pieprzowej i kminku jako naturalne inhibitory kiełkowania bulw ziemniaka oraz ich wpływ na cechy sensoryczne bulw po ugotowaniu, Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy Oddział w Jadwisinie, 2016). „Poszukiwane są sposoby ograniczenia intensywności kiełkowania przez stosowanie naturalnych inhibitorów wzrostu kiełków w formie ekstraktów jako olejki głównie z kopru (Hartmans i in., 1995), kminku, (Jariene. i in., 2006; Danilchenko i in., 2008) oraz mięty, pieprzu i goździków (Kleinkopf i in., 2003) (Z.Czerko, K. Zagrska, M.Grudzinska, Porównanie odmian ziemniaka pod względem reakcji na stosowanie inhibitorów kiełkowania, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Nr 266, 2012). Dotychczas przeprowadzone badania wskazywały, że preparaty roślinne hamują kiełkowanie ziemniaków na poziomie zbliżonym do zamglawiania surowca z użyciem środka chemicznego, a ziemniaki są mniej dotknięte chorobami przechowalniczymi. Magdalena Grudzińska wskazuje, iż w przypadku ograniczenia niekontrolowanego kiełkowania sposobem jest zastosowanie naturalnych ekstraktów roślinnych, m.in. olejków eterycznych z kminku, mięty pieprzowej, kopru lub goździków, w których substancją czynną jest S-karwon lub L-karwon” (M.Grudzińska, K. Zagórska, Wpływ zastosowania S-kawronu jako naturalnego inhibitora wzrostu kiełków ziemniaka na jasność barwy chipsów ziemniaczanych, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 4(89), 161-169).

Jedną z głównych przyczyn strat w plonach jest ich narażenie na działanie organizmów atakujących rośliny. Obecnie, przy poszukiwaniu nowych, bezpiecznych rozwiązań, zwraca się uwagę na wykorzystane nanocząsteczek, które wykazują wysoką aktywnością fungistatyczną oraz efektywność przy zwalczaniu bakterii, wirusów i grzybów. Zwraca się uwagę, że „Nanomateriały znajdują zastosowanie także w rolnictwie jako środki do zwalczania patogenów. Ich zaletą, oprócz zwiększonej efektywności działania, jest ograniczony wpływ na środowisko. Ponadto związki te mogą być pomocne w detekcji patogenów oraz w oznaczaniu pozostałości środków ochrony roślin w płodach rolnych. Nanocząstki dzięki niewielkim rozmiarom mogą swobodnie przenikać przez błony komórkowe roślin. Zastosowanie nanomateriałów może wpływać na bardziej wyrównane wschody roślin uprawnych. Daje to



podstawę do wykorzystania nanomateriałów w rolnictwie ekologicznym.” Autorzy publikacji naukowych podkreślają potrzebę dalszego prowadzenia badań w tym zakresie. „Uzyskane wyniki wskazują na potrzebę prowadzenia dalszych badań w zakresie wykorzystania nanocząstek srebra jako preparatu o działaniu fungistatycznym w ochronie roślin, zmierzających w kierunku opracowania formułacji zawierających oprócz substancji aktywnych w postaci nanocząstek srebra, także substancje zmniejszające napięcie powierzchniowe kropeł cieczy opryskowej w celu zwiększenia retencji cieczy na roślinach i poprawy ich działania fungistatycznego.” (Z.Sawinska, K. Khachatryan, Wykorzystanie nanocząsteczek srebra jako fungicydu, *Przemysł Chemiczny*, 93/8(2014)).

Z uwagi na to, że ziemniak jest rośliną rozmnażaną wegetatywnie jest w sposób szczególny zagrożony atakiem ze strony agrofagów. Aby uniknąć zmian wywołanych przez patogeny należy podejmować działania na każdym etapie uprawy, aż do momentu przechowywania. Dużym problemem są straty spowodowane chorobami przechowalniczymi. Publikacje naukowe wskazują, że straty spowodowane ich rozwojem mogą, zależnie od odmiany sięgać nawet 14%. „Zwalczanie chorób oraz zapobieganie ich rozwojowi powinno być głównym elementem w uprawie oraz podczas zbioru, obróbki i przechowywania ziemniaków”(Z. Czerko, Jak przechowywać ziemniaki, stosując integrowaną ochronę roślin, *Ziemniak Polski* 2015 nr 1, Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka w Jadwisinie). „Bazując na wiedzy o organizmach szkodliwych dla roślin i ich biologii oraz wykorzystując wszystkie dostępne metody, zwłaszcza metody niechemiczne można w znacznym stopniu ograniczyć lub opóźnić występowanie agrofagów w uprawie ziemniaka, zapobiegając w ten sposób porażeniu i uszkodzeniom roślin oraz stratom bulw w przechowywanym plonie” (Ochrona ziemniaka zgodna z zadaniami integrowanej ochrony roślin. Część I. Niechemiczne metody ochrony, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, Nr 273, 2014).

Autorzy opracowań dotyczących wpływu zmian klimatu na uprawę ziemniaka podkreślają, iż wyniki wskazują, że oba stresy tj. suszy glebowej i wysokiej temperatury powodowały zmiany w morfologii roślin. Susza miała większy wpływ niż stres wysokiej temperatury. Największe zmiany zachodziły jednak przy obu stresach występujących jednocześnie” (D. Boguszevska, Badania tolerancji odmian ziemniaka na stresy abiotyczne w świetle postępujących zmian klimatycznych, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, Nr 286, 2019). Podkreśla się również konieczność podjęcia działań w zakresie dostosowania warunków uprawy ziemniaka do czynników wynikających ze zmian klimatu. Zwraca się uwagę, iż „(...) w dłuższej perspektywie czasowej, w uprawie roślin rolniczych, ziemniak może być gatunkiem ustępującym na rzecz innych, bardziej odpornych na stresowe czynniki środowiska związane z ociepleniem klimatu. Jednak jego rola w żywieniu ludzi, jako produktu o wysokich walorach odżywczych, nie zmieni się. Warto zatem podjąć odpowiednie badania z zakresu fizjologii i



hodowli ziemniaka, by utrzymać tę roślinę w powszechnej uprawie” (K. Rykaczewska, Perspektywa uprawy ziemniaka w świetle prognoz ocieplenia klimatu, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 2004 z.500: 293-199).

1.1. Wpływ planowanej operacji

Planowana operacja bardzo mocno wpisuje się w założenia Wspólnej Polityki Rolnej w zakresie rozwiązań konkurencyjnych, niskoemisyjnych oraz przyjaznych dla klimatu i odpornych na jego zmiany poprzez skupianie się na wytworzeniu innowacji związanych z wytworzeniem i usprawnieniem innowacji technologicznych skupionych wokół optymalizacji podstawowych zasobów zużywanych w rolnictwie – środków ochrony roślin. Redukcja zużycia środków ochrony roślin ma wiele pozytywnych skutków, zarówno dla rolnika jak i dla końcowego klienta. Europejski klient może preferować produkty wyprodukowane przy mniejszym zużyciu środków ochrony roślin. Jednocześnie rolnik lub hodowca może osiągnąć ten sam poziom plonowania przy niższym zużyciu substancji efektywnej oraz ograniczeniu zabiegów agrotechnicznych. Przy ekologicznej produkcji ziemniaka rezygnuje się ze stosowania syntetycznych środków produkcji, co umożliwia ochronę środowiska i produkcję zdrowej żywności. Zastosowanie ekologicznych inhibitorów kiełkowania ziemniaka wpłynie na ograniczenie negatywnego wpływu stosowania środków w produkcji rolnej na środowisko. Zamglawianie substancjami spełniającymi standardy rolnictwa ekologicznego może okazać się niezwykle potrzebne w nadchodzącej perspektywie Europejskiego Zielonego Ładu, gdzie w ramach polityki Od Pola do Stołu może nastąpić gwałtowny, bardzo duży wzrost powierzchni upraw ekologicznych, a co za tym idzie wzrost zapotrzebowania na ekologiczne środki regulujące wzrost i rozwój roślin.

Planowana operacja wspiera zapewnienie stabilnych i zrównoważonych dostaw żywności poprzez innowacje związane z łagodzeniem skutków zmian klimatycznych i zwiększenie poziomu ochrony środowiska. Dzięki planowanym rozwiązaniom łatwiej będzie zapewnić ten sam poziom dostaw żywności przy mniejszym zużyciu środków ochrony roślin na jednostkę otrzymywanego plonu. Co więcej w wyniku realizowanej operacji znacząco może podnieść wielkość plonów w przypadku ocieplenia klimatu w naszym regionie i tym samym przełożyć się na większą stabilność dostaw. Korzyścią będzie stworzenie lepszych warunków do przechowywania ziemniaków oraz ograniczenie strat wywołanych kiełkowaniem. Niezależnie od systemu przechowywania pojawia się ryzyko strat przechowalniczych. Między innymi do start dochodzi w wyniku kiełkowania ziemniaków. Zastosowanie ulepszonej innowacji technologicznej polegającej na włączeniu olejków eterycznych z nowymi rozwiązaniami zaprawowymi pozwoli na ograniczenie tego procesu. Skuteczne przeciwdziałanie przedwczesnemu kiełkowaniu ograniczy potencjalne straty w produkcji ziemniaków, które po



wykiełkowaniu mogą nie nadawać się do sprzedaży. Ponadto użycie powyższego środka przyczyni się do powstrzymania rozwoju niektórych chorób przechowalniczych ziemniaka powodowanych agrofagami grzybowymi, organizmami grzybopodobnymi oraz bakteriami. Wpłynie to na zachowanie wysokiej jakości produktu i ograniczy straty, a tym samym przyczyni się do zapewnienia stabilnych i zrównoważonych dostaw żywności.

Efekty realizacji operacji będą mogły zostać zastosowane w innych projektach związanych z szkółkarstwem, produkcją warzyw czy biomateriałów. Potwierdzenie skuteczności regulatorów wzrostu na bazie olejków eterycznych np. pomarańczowego z dodatkowymi próbami w połączeniu z zaprawianiem nanocząsteczkami, biopreparatami, wodą utlenioną czy mineralno-ziółowymi mieszaninami może przełożyć się również na popularyzację rozwiązań marketingowych związanych z redukcją pozostałości środków ochrony roślin w produktach znajdujących się na sklepowych półkach.

Planowana operacja istotnie usprawnia proces w celu zachowania stanu środowiska oraz dostosowywania się do zmian klimatu i łagodzenia jej skutków. Rolnictwo jest jednym z obszarów gospodarki względem którego przewiduje się znaczące oddziaływanie negatywnych skutków zmiany klimatu. Obecnie rolnictwo staje przed wyzwaniem wzrostu ryzyka ograniczenia produkcji spowodowanego zmianami klimatycznymi objawiającymi się zmianami rozkładu opadów, temperatury, częstszym występowaniem ekstremalnych zjawisk pogodowych czy ograniczeniami w dostępności zasobów wodnych. W warunkach naturalnych rośliny narażone są na działanie wielu niekorzystnych czynników. Ocieplenie klimatu oraz co raz częstsze wstępowanie temperatur ekstremalnych ma negatywny wpływ na możliwości uprawy ziemniaków, które nie są przystosowane do cieplejszego klimatu. Ponadto ziemniak jest uznawany za roślinę wrażliwą na niedobory wody w glebie. Czynniki stresowe oddziałują również na proces uśpienia ziemniaków, które w stresujących warunkach mogą zacząć kiełkować przed dostawą do przechowalni. Między innymi wysoka temperatura w czasie uprawy i zbioru może zwiększyć ryzyko wczesnego kiełkowania w przechowalni. Zakłada się, że zastosowanie innowacji będącej rezultatem operacji pozwoli również na ograniczenie rozwoju chorób, które mogą nasilić się w związku z ociepleniem klimatu. Udoskonalone procesy związane z innowacjami technologicznymi mogą się przełożyć na znacznie łatwiejsze dostosowywanie się do przemian klimatycznych oraz zachowania stanu środowiska. Efekt ten jest realizowany między innymi poprzez mniejsze zużycie środków ochrony roślin na jednostkę otrzymywanego plonu oraz łatwiejszą ochronę ziemniaków w perspektywie ocieplania się klimatu. Zastosowanie innowacyjnych rozwiązań będących przedmiotem operacji pozwoli na dopasowanie metabolizmu ziemniaka do zmiennych warunków pogodowych. Przyczyni się to do osiągnięcia zadowalających plonów i ograniczenia wpływu wahań temperatury czy opadów na ich jakość.



Planowana operacja w znacznym stopniu tworzy pomosty między najnowszą wiedzą badawczą a rolnikami, przedsiębiorcami oraz usługami doradczymi. Dodatkowo, szeroki skład konsorcjum gwarantuje skuteczne tworzenie nowych powiązań i sieci kontaktów, które znacznie przyspieszą rozpowszechnianie informacji o planowanej realizacji i być może w przyszłości przyczynią się do powstania nowych projektów. Technologia w rolnictwie pozwala na poprawę wydajności procesów oraz produkcji. Przyspieszenie procesu adaptacji innowacji w rolnictwie wymaga dużej wiedzy, zrozumienia procesów zachodzących w gospodarstwach rolnych oraz znajomości czynników, które mają wpływ na decyzje podejmowane przez rolników. Z tego względu w projekcie założono współpracę podmiotów z różnych sektorów. Zawiązana współpraca pozwoli na powstanie kultury współpracy opartej na zaufaniu różnorodnych podmiotów, włączających się w realizację założonych celów rozwojowych oraz tworzenie pomostów między najnowszą wiedzą badawczą i technologiami a podmiotami z różnych sektorów.

2. Cel i zakres projektu

Celem operacji było wytworzenie innowacji technologicznych z zastosowaniem pomarańczowego olejku eterycznego w procesie zamgławiania w połączeniu z dodatkowymi próbami badawczymi opartymi na dodatkowym zaprawianiu ziemniaków nanocząsteczkami, biopreparatami, wodą utlenioną oraz mieszaninami mineralno-ziołowymi, w celu ograniczenia niekontrolowanego kiełkowania ziemniaków oraz ich wpływu na choroby podczas przechowywania, a także wytworzenie innowacji technologicznej w zakresie desykacji ziemniaka.

2.1. Cele szczegółowe to wytworzenie:

Ulepszonej innowacji technologicznej: wykorzystanie regulatorów wzrostu na bazie olejków eterycznych np. pomarańczowego oraz dodatkowym zastosowaniem zapraw w wytypowanych próbach badawczych, w których skład wchodzi nanocząsteczki, biopreparaty, woda utleniona oraz mieszanki mineralno-ziołowe w procesie przechowywania ziemniaków do ograniczenia niekontrolowanego kiełkowania oraz wpływu na porażenie chorobami. Innowacja opiera się na wytworzeniu dokładnie opisanych i przebadanych technologii.

Włączenie pomarańczowego olejku eterycznego wraz z dodatkowym zastosowaniem zapraw składających się z: nanocząsteczek, biopreparatów, wody utlenionej oraz mieszanin mineralno-ziołowych do procesu przechowywania ziemniaków – jest to innowacja polegająca na wytworzeniu odpowiedniej technologii zamgławiania przy wykorzystaniu pomarańczowego olejku eterycznego połączonej dodatkowo z próbami, w których zastosowane zostaną zaprawy



z nanocząsteczek, biopreparatów, wody utlenionej oraz mieszanin mineralno-ziółowych. Innowacja ta będzie polegała na wytworzeniu i udokumentowaniu technologii wykorzystania olejków eterycznych oraz ich połączenia z zaprawami w przechowywaniu ziemniaka na podstawie prac badawczych i rozwojowych w realnych warunkach przemysłowych przy wykorzystaniu nowoczesnej aparatury do zamglawiania oraz zaprawiania. W zakresie technologii jako zmienne technologiczne będzie się brać pod uwagę przechowywanie w skrzynio paletach oraz luzem. W przechowalni na skrzynio palety, zostaną wytypowane losowo grupy badawcze zaprawione dodatkami.

Zastosowanie alternatywnej substancji desykującej - jest to innowacja polegająca na wytworzeniu odpowiedniej technologii desykacji roślin ziemniaka przed zbiorem, z wykorzystaniem octu jako substancji aktywnej działającej bezpośrednio na łęty rośliny. Zakładanym efektem jest zasychanie łęcin w czasie zbliżonym do tego który osiągnąć byłby przy wykorzystaniu substancji aktywnej w formie glifosatu oraz pozytywny wpływ na efekty przechowywania ziemniaków w połączeniu z innowacjami jakimi jest stosowanie regulatorów wzrostu na bazie olejków eterycznych oraz innowacyjnych substancji zaprawiających. Zmiana pozwalałaby na skrócenie czasu karencji pomiędzy zabiegiem desykacji a zbiorem oraz niwelizowałaby ryzyko występowania jakichkolwiek substancji mających związek ze stosowanym dotychczas glifosatem. W zakresie technologii jako zmienne technologiczne będzie się brać pod uwagę przechowywanie w skrzynio paletach oraz luzem. W przechowalni na skrzyniopalety, zostaną wytypowane losowo grupy badawcze zaprawione dodatkami.

W projekcie szczególną uwagę poświęcono opracowaniu technologii zamglawiania olejkami eterycznymi, które mogą wykazywać działanie hamujące proces kiełkowania oraz ograniczające rozwój patogenów. Badania objęły również zastosowanie preparatów opartych na nanocząsteczkach, biopreparatach, wodzie utlenionej oraz mieszaninach mineralno-ziółowych, które potencjalnie mogą przyczynić się do poprawy zdrowotności bulw ziemniaka oraz ich trwałości podczas przechowywania. Ważnym elementem projektu było również stworzenie odpowiednich metod oceny skuteczności stosowanych technologii, obejmujących zarówno analizy laboratoryjne, jak i badania w warunkach przemysłowych.

Niniejszy raport przedstawia pełne wyniki przeprowadzonych badań, obejmujących zarówno prace laboratoryjne, jak i analizy polowe oraz przechowalnicze. Wyniki te mają na celu stworzenie kompleksowej technologii przechowywania ziemniaków, która będzie mogła zostać wdrożona w praktyce rolniczej, przetwórstwie oraz sektorze przechowalniczym.



3. Organizacja projektu

3.1. Konsorcjanci

W realizacji projektu badawczego ukierunkowanego na wytworzenie innowacji technologicznej w zakresie metody zaprawiania i przechowywania ziemniaków brało udział trzech kluczowych wykonawców:

- Instytut Nowoczesnego Rolnictwa sp. z o.o.,
- Szkoła Główna gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SGGW),
- Rolnik – Michał Dąbrowski

Każdy z partnerów wnosi do przedsięwzięcia odrębne, komplementarne kompetencje, które umożliwiły kompleksową realizację zaplanowanych działań badawczych oraz wdrożeniowych.

SGGW pełniła kluczową rolę w zakresie zaplanowania i realizacji całego procesu badawczego. Już na etapie inicjalnym odpowiedzialna była za opracowanie szczegółowej metodyki badań, w tym opracowanie procedur zamglawiania i zaprawiania ziemniaków oraz przygotowanie składu zapraw. Analitycy dokonali także przeglądu dostępnych narzędzi statystycznych, które zostały wykorzystane do analizy wyników badań, zapewniając tym samym rzetelność i wiarygodność uzyskanych danych. Dodatkowo, SGGW odpowiadała za przeprowadzenie wstępnych badań parametrów gleby oraz warunków polowych, w celu wykluczenia wpływu niepożądanych czynników zewnętrznych, które mogłyby zakłócić interpretację rezultatów. W ramach przygotowań do badań polowych wyznaczane są również punkty pomiarowe, z których w trakcie wegetacji były pobierane próby roślin do analiz laboratoryjnych. Istotnym elementem pracy uczelni na tym etapie był również wybór najbardziej obiecujących substancji na podstawie wyników badań laboratoryjnych oraz przygotowanie zapraw testowych. SGGW nadzorowała zarówno proces zaprawiania i zamglawiania, jak i przechowywanie bulw ziemniaków. W trakcie sezonu przechowalniczego uczelnia dokonywała systematycznego pobierania prób ziemniaków oraz monitorowała zachodzące w nich zmiany, korzystając z danych pochodzących z czujników pomiarowych. Uczelnia prowadziła ścisłą współpracę z rolnikiem w zakresie realizacji prac agrotechnicznych, w tym nadzorowała sadzenie zaprawianych sadzeniaków. Monitorowane były zarówno procesy wegetacyjne, jak i zmiany fizjologiczne zachodzące w ziemniakach na różnych etapach ich rozwoju. Pobrane w trakcie sezonu próbki poddawane były badaniom jakościowym i ilościowym.

Rola gospodarstwa rolnego w projekcie polegała przede wszystkim na realizacji działań praktycznych i zapewnieniu warunków terenowych do przeprowadzenia badań. Na etapie początkowym gospodarstwo odpowiadało za zakup odpowiedniego sprzętu rolniczego niezbędnego do prowadzenia badań oraz za przeszkolenie personelu w zakresie nowych



procedur. We współpracy z konsorcjum ustalone zostały zasady realizacji prac agrotechnicznych, w tym zakup sadzeniaków i przygotowanie pól do uprawy. W dalszych etapach projektu rolnik prowadził prace agrotechniczne, dbając o zgodność ich realizacji z wymaganiami badawczymi ustalonymi przez konsorcjum. Odpowiadał także za przechowywanie ziemniaków zgodnie z przygotowanymi scenariuszami eksperymentalnymi. Dzięki temu możliwe było sprawdzenie działania zapraw w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Gospodarstwo stanowiło nie tylko zaplecze logistyczne, ale również istotne źródło danych, które były następnie analizowane przez partnerów naukowych.

Instytut Nowoczesnego Rolnictwa pełnił funkcję organizacyjno-koordynacyjną oraz wspierającą. Jego głównym zadaniem było prowadzenie spotkań konsorcjalnych, które służyły bieżącej wymianie informacji pomiędzy partnerami projektu oraz zapewnieniu sprawnej współpracy. Instytut nadzorował realizację harmonogramu oraz monitorował postępy prac, zapewniając spójność działań wszystkich uczestników. Już na pierwszym etapie projektu Instytut zaangażował się w przygotowanie dokumentacji projektowej oraz przeprowadzenie procedur zakupowych, co umożliwiło sprawny start badań. Dodatkowo wspierał działania związane z gromadzeniem danych, zapewniając odpowiednie narzędzia oraz rozwiązania technologiczne służące archiwizacji i analizie informacji. W kolejnych fazach Instytut odpowiadał również za przygotowanie finalnej dokumentacji technologicznej projektu, w tym raportów podsumowujących efekty zastosowanych rozwiązań. Jako instytucja promująca innowacje w rolnictwie, pełnił również rolę pośrednika w zakresie dalszego upowszechniania rezultatów projektu, mogąc służyć jako łącznik pomiędzy środowiskiem naukowym, praktykami rolniczymi a instytucjami wspierającymi rozwój nowoczesnego rolnictwa.

Współpraca pomiędzy SGGW, gospodarstwem rolnym Michała Dąbrowskiego oraz Instytutem Nowoczesnego Rolnictwa stanowiła przykład skutecznego modelu partnerskiego łączącego potencjał naukowy, zaplecze terenowe oraz kompetencje organizacyjne. Każdy z partnerów odgrywał określoną i istotną rolę: SGGW odpowiadała za stronę naukową i analityczną, a także za prowadzenie badań, gospodarstwo rolne zapewniło środowisko doświadczalne i realizowało prace agrotechniczne, natomiast Instytut Nowoczesnego Rolnictwa czuwał nad sprawną organizacją projektu, jego dokumentacją oraz wspierał działania informacyjne. Dzięki tej synergii możliwe było nie tylko przeprowadzenie rzetelnych badań, ale również skuteczne wdrożenie innowacji mającej realny wpływ na praktykę rolniczą.

3.2. Metody i zakres prowadzonych badań

Celem operacji było opracowanie i wdrożenie innowacyjnych technologii mających na celu poprawę efektywności przechowywania ziemniaków oraz ograniczenie strat wynikających z niekontrolowanego kiełkowania i rozwoju chorób w trakcie długoterminowego składowania. W



tym celu zastosowano zintegrowane podejście badawcze obejmujące wykorzystanie olejków eterycznych, w szczególności pomarańczowego, w procesie zamgławiania, a także zaprawianie ziemniaków przy użyciu różnych preparatów takich jak:

- Nanocząsteczki (nadtlenek wodoru stabilizowany nanocząsteczkami srebra) w ilości 0,5 l/t;
- Biopreparat (mikroorganizmy z rodzaju *Streptomyces*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Cellulomonas*, *Arthrobacter*, *Paenibacillus*, *Pseudonocardia* w ilości 10^8 jtk/g) w ilości 0,5 l/t;
- Woda utleniona w ilości 0,5 l/t;
- Mieszanki mineralno-ziółowe (olejek rozmarynowy, cytrynowego, eukaliptusowy, goździkowy oraz cynamonowy w równych proporcjach) w ilości 0,5 l/t;

Założenia zbadania określonych rodzajów substancji wynikają z ich wysokiego potencjału biobójczego.

Biopreparaty zostały wybrane do projektu Control Potato ze względu na swoje właściwości wspomagające naturalną odporność roślin oraz ich zdolność do ochrony przed chorobami. Biopreparaty są zazwyczaj mieszanką mikroorganizmów, enzymów oraz substancji naturalnych, które wspierają rozwój roślin poprzez poprawę ich zdrowotności oraz zdolności do zwalczania patogenów. Działanie biopreparatów polega głównie na zwiększaniu odporności ziemniaków na choroby bakteryjne i grzybowe, co ma istotne znaczenie w długotrwałym przechowywaniu bulw. Preparaty te są również szczególnie cenione za swoje ekologiczne właściwości, ponieważ nie stanowią zagrożenia dla środowiska ani zdrowia konsumentów. Ich stosowanie wpisuje się w założenia Europejskiego Zielonego Ładu, promując bardziej zrównoważone rolnictwo. W projekcie Control Potato biopreparaty zostały wykorzystane w celu oceny ich efektywności w ograniczaniu rozwoju patogenów oraz poprawie jakości przechowywanych ziemniaków w porównaniu do innych metod zaprawiania.

Nanocząsteczki znalazły zastosowanie w projekcie ze względu na ich unikalne właściwości fizykochemiczne, umożliwiające skuteczną ochronę bulw ziemniaka przed patogenami oraz regulację procesów fizjologicznych. Dzięki niewielkim rozmiarom, nanocząsteczki mogą przenikać przez bariery komórkowe i działać bezpośrednio na mikroorganizmy chorobotwórcze lub wspierać naturalne mechanizmy obronne roślin. Nanocząsteczki wykazują silne działanie przeciwbakteryjne i przeciwgrzybiczne, co czyni je szczególnie efektywnymi w ograniczaniu rozwoju patogenów odpowiedzialnych za choroby przechowalnicze ziemniaków, takie jak mokra zgnilizna czy fuzarioza. Dodatkowo, ich zastosowanie może przyczynić się do poprawy zdolności przechowywanych bulw do długotrwałego zachowania jakości. Nanotechnologia jest również obiecującym kierunkiem



badzeń w rolnictwie, ponieważ umożliwia precyzyjne zarządzanie stanem zdrowotnym roślin przy minimalnym wpływie na środowisko. W projekcie Control Potato nanocząsteczki były stosowane w celu określenia ich skuteczności jako środka zapobiegającego rozwojowi patogenów oraz regulującego procesy fizjologiczne ziemniaków.

Ekstrakt mineralno-zielony został włączony do badań ze względu na swoje naturalne właściwości ochronne i stymulujące. Preparat ten jest kompozycją sześciu olejków eterycznych (goździkowego, cytrynowego, cynamonowego z liści, eukaliptusowego, rozmarynowego i cynamonowego z kory), które znane są ze swoich właściwości przeciwbakteryjnych, przeciwgrzybiczych oraz antyoksydacyjnych. Olejki eteryczne, jako substancje pochodzenia roślinnego, są bezpieczne dla środowiska i mogą być stosowane w rolnictwie ekologicznym. Ich synergiczne działanie w formie ekstraktu mineralno-zielonego ma na celu ograniczenie rozwoju patogenów oraz poprawę ogólnej zdrowotności bulw. W projekcie Control Potato ekstrakt mineralno-zielony został wybrany z uwagi na jego zdolność do ochrony ziemniaków przed patogenami i poprawy ich jakości przechowalniczej. Zastosowanie tego preparatu ma również na celu zbadanie możliwości jego łączenia z innymi metodami ochrony, co może przynieść bardziej kompleksowe i skuteczne efekty.

Woda utleniona została uwzględniona w badaniach z uwagi na jej właściwości dezynfekujące oraz potencjalne zastosowanie w ograniczaniu rozwoju patogenów w trakcie przechowywania bulw ziemniaków. Woda utleniona, czyli roztwór nadtlenku wodoru, jest silnym środkiem utleniającym, który może skutecznie niszczyć mikroorganizmy, w tym bakterie, grzyby i wirusy. Jej działanie polega na uszkodzaniu błon komórkowych patogenów oraz denaturacji ich materiału genetycznego, co prowadzi do ich eliminacji. Woda utleniona jest bezpieczna dla środowiska, ponieważ po rozkładzie przekształca się w wodę i tlen, co czyni ją przyjaznym środkiem dezynfekującym. W projekcie Control Potato woda utleniona była stosowana jako środek dezynfekujący bulwy ziemniaka przed przechowywaniem oraz jako składnik zapraw mający na celu ograniczenie rozwoju patogenów i poprawę zdrowotności przechowywanych bulw. Jej stosowanie może przyczynić się do ograniczenia strat wynikających z rozwoju chorób oraz poprawy jakości przechowywanych ziemniaków w perspektywie długoterminowej.

Podczas przechowywania ziemniaki były poddawane regularnym zabiegom zamgławiania olejkami pomarańczowymi, zawierającym limonen. Procedura ta była realizowana co trzy do sześciu tygodni, przy czym każdorazowo stosowano dawkę 100 mililitrów olejku na tonę bulw. Harmonogram zabiegów był z góry ustalony, a konkretne daty aplikacji dostosowane do sposobu przechowywania. Zabiegi były wykonywane, kiedy zachodziła konieczność ich wykonania. Konieczność wykonania zabiegu stwierdzono podczas prowadzenia monitoringu kiełkowania.

Tabela 1. Terminy stosowania zabiegu zamgławiania przechowywanych ziemniaków w różnych systemach olejkiem pomarańczowym

Zamgławianie				
Termin	Co 3 – 6 tygodnie olejkiem pomarańczowym w dawce 100 ml·t ⁻¹ bulw			
	I	II	III	IV
Dawka olejku pomarańczowego (ml·1t ⁻¹ bulw)	100			
Termin zamgławiania LUZ	20.10.2022	30.12.2023	13.01.2023	28.02.2023
Termin zamgławiania PALETA	-	30.12.2023	13.01.2023	28.02.2023
Termin zamgławiania LUZ	24.11.2023	05.01.2024	16.02.2024	29.03.2024
Termin zamgławiania PALETA	-	05.01.2024	16.02.2024	29.03.2024



Fotografia 1. System do zamgławiania bulw podczas przechowywania

Celem badań była ocena skuteczności różnych technologii ograniczających kiełkowanie bulw ziemniaka podczas długoterminowego przechowywania w systemach luzem na pryzmie oraz skrzyniopaletowym. Postawiono hipotezę, że zastosowanie wybranych preparatów biologicznych oraz naturalnych substancji aktywnych znacząco opóźni proces kiełkowania, co przełoży się na niższe wartości indeksu kiełkowania (IK) w porównaniu do bulw niepoddanych działaniu zabiegów.

Metodyka badań obejmowała systematyczną ocenę intensywności kiełkowania w kolejnych terminach przechowywania. W każdym terminie pobierano próbę składającą się z pięćdziesięciu losowo wybranych bulw ziemniaka o masie jednostkowej 100–240 g,



pochodzących z różnych miejsc pryzmy lub skrzyniopalety. Każde 50 bulw traktowano jako jedno powtórzenie. Dla każdego systemu przechowywania (luzem i w paletach) wykonano trzy powtórzenia dla pięciu wariantów zabiegów.

Na podstawie pomiaru długości najdłuższego kielka przyporządkowano każdą bulwę do jednej z pięciu kategorii rozwojowych:

- (a) brak kielków,
- (b) kielki krótsze niż 3 mm,
- (c) kielki długości 3–10 mm,
- (d) kielki 10–20 mm,
- (e) kielki powyżej 20 mm.

Ocenę prowadzono zgodnie z pięciostopniową skalą rozwoju kielków. Wyniki klasyfikacji posłużyły do obliczenia indeksu kiełkowania (IK) według wzoru:

$$IK = (Aa) + (Bb) + (Cc) + (Dd) + (E * e)$$

gdzie:

- A–E oznaczały procentowy udział bulw w danej kategorii,
- a–e – wartości środkowe zakresów długości kielków dla poszczególnych kategorii.

Interpretacja wartości IK pozwalała na ocenę poziomu zaawansowania procesu kiełkowania:

- IK = 0 oznaczało brak kiełkowania (pełna spoczynkowość),
- niski IK (1–10) wskazywał na początkowe kiełkowanie,
- średni IK (10–50) świadczył o znacznym rozwoju kielków,
- wysoki IK (>50) sugerował intensywne kiełkowanie, skutkujące istotną utratą masy i jakości bulw.

Oceny wykonywano w warunkach laboratoryjnych, przy zapewnieniu jednakowej temperatury i oświetlenia podczas pomiarów. Dane zbierano w sposób systematyczny i właściwie dokumentowano. W celu określenia różnic pomiędzy badanymi wariantami i wykonania wizualizacji, wyniki poddano odpowiednim przekształceniom tj. obliczono wartość wskaźnika ilorazu wartości indeksu kiełkowania w stosunku do wartości uzyskanych w kontroli, w raporcie zaprezentowano zarówno wyznaczony indeks kiełkowania jak i wskaźnik ilorazu indeksu kiełkowania.

Oprócz indeksu kiełkowania prace badawczo-rozwojowe ukierunkowano na kompleksową ocenę zmian jakościowych zachodzących w bulwach ziemniaka w trakcie przechowywania w dwóch systemach: luzem (pryzma) oraz skrzyniopaletowym. Badania obejmowały analizę podstawowych parametrów jakościowych, takich jak zawartość cukrów redukujących, skrobi i



suchej masy, a także ocenę porażenia bulw przez patogeny oraz ocenę starzenia się bulw poprzez analizę turgoru.

Oznaczanie zawartości cukrów redukujących przeprowadzano w warunkach laboratoryjnych na próbach bulw pobranych w trzech lub czterech terminach: początek przechowywania, po ok. 5-7 tygodniach przechowywania oraz na zakończenie okresu przechowywania. W każdym systemie przechowywania (LUZ i PALETOWY) pobierano trzy próby po 5 kg dla każdej z pięciu kombinacji zabiegów, wykonując trzy powtórzenia w każdym terminie. Równolegle prowadzono oznaczenia zawartości skrobi i suchej masy, zgodnie z harmonogramem zabiegów zamglawiania olejkami eterycznymi. Próbkę (3 próby po 5 kg dla każdej kombinacji i każdego terminu) pobierano bezpośrednio przed wykonaniem kolejnego zamglawiania. Dane pozwalały na określenie wpływu zastosowanych zabiegów na jakość technologiczną bulw.

W celu określenia skali porażenia bulw przez choroby przechowalnicze, w tym mokrą zgniliznę bulw oraz fuzariozy, prowadzono oceny organoleptyczne. W każdym terminie badawczym (grudzień, luty, koniec przechowywania) pobierano próbę 50 bulw (o masie jednostkowej 100–240 g) z różnych miejsc przyzmy lub skrzyniopalet. Każdą bulwę oceniano wizualnie, identyfikując obecność charakterystycznych objawów porażenia (miękką zgnilizną, zmiany barwne, obecność wykwitów grzybni, objawy charakterystyczne dla fuzarioz). Na podstawie obserwacji obliczano procentowy udział bulw porażonych w danej próbie. W systemie LUZ oraz PALETOWYM wykonano trzy powtórzenia dla każdej kombinacji i terminu badawczego.

Proces starzenia bulw oceniano poprzez analizę turgoru, stosując 10-stopniową skalę oceny, gdzie 10 oznaczało bulwy jędrne, nie wykazujące oznak odwodnienia, a 1 – bulwy całkowicie odwodnione, pozbawione sprężystości. W każdym terminie badawczym losowo pobierano 10 bulw w trzech powtórzeniach dla każdej kombinacji badawczej. Oceny prowadzono w sposób organoleptyczny, poprzez subiektywną ocenę sprężystości bulw podczas delikatnego nacisku oraz obserwację wizualną. Skala ocen była ustalona przed rozpoczęciem badań w ramach kalibracji zespołu oceniającego, co zapewniało spójność wyników. Średnie wyniki ocen służyły do analizy poziomu starzenia się ziemniaków w różnych wariantach przechowywania i pod wpływem zastosowanych technologii ochronnych.

Dane zbierano w sposób systematyczny i właściwie dokumentowano. W celu określenia różnic pomiędzy badanymi wariantami i wykonania wizualizacji, wyniki poddano odpowiednim przekształceniom tj. obliczono wartość wskaźnika ilorazu dla każdej badanej cechy w stosunku do wartości uzyskanych w kontroli, w raporcie zaprezentowano zarówno wyznaczone średnie wartości badanych cech jak i wskaźniki ilorazu.

Zastosowana metodyka pozwoliła na kompleksową ocenę zmian jakościowych zachodzących w bulwach ziemniaka w trakcie przechowywania w różnych warunkach i pod wpływem



innowacyjnych technologii ochronnych. Dzięki powtarzalnemu i systematycznemu podejściu możliwe było szczegółowe określenie wpływu badanych czynników na kluczowe cechy użytkowe ziemniaków, takie jak zawartość cukrów redukujących, skrobi, suchej masy, stopień porażenia patogenami oraz proces starzenia się bulw.

Opracowane technologie miały na celu nie tylko ograniczenie strat przechowalniczych, ale również poprawę jakości przechowywanych ziemniaków, co jest szczególnie istotne w kontekście rosnących wymagań rynku oraz dążenia do wdrażania rozwiązań zgodnych z zasadami zrównoważonego rozwoju i Europejskiego Zielonego Ładu. Przechowywanie ziemniaków jest procesem złożonym, w trakcie którego bulwy podlegają wielu niekorzystnym zjawiskom, takim jak transpiracja, oddychanie, inicjacja kiełkowania oraz rozwój chorób bakteryjnych i grzybowych. Wszystkie te czynniki mogą prowadzić do znaczących strat jakościowych i ilościowych, co z kolei przekłada się na zmniejszenie zysków rolników oraz przedsiębiorstw przetwórczych.

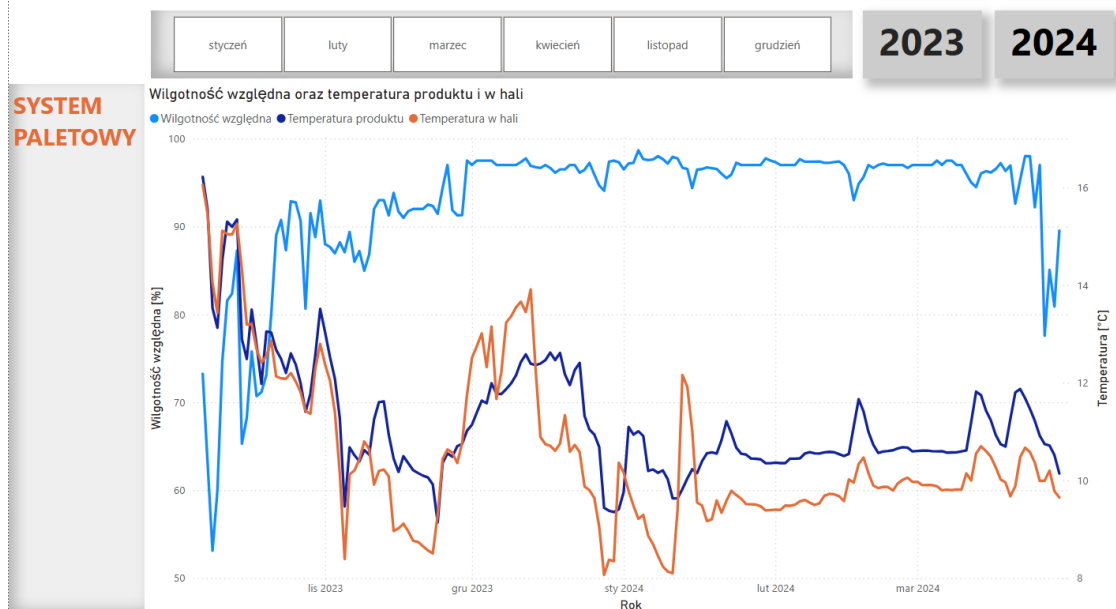
Badania nad innowacyjnymi technologiami przechowywania ziemniaków prowadzono w specjalistycznej przechowalni płodów rolnych należącej do Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Wilanów-Obory SGGW. Gospodarstwo to dysponuje nowoczesnym, zautomatyzowanym zapleczem badawczym, umożliwiającym prowadzenie wielokierunkowych doświadczeń w ściśle kontrolowanych warunkach. Przechowalnia wyposażona jest w system kontrolowanej atmosfery (CA), który pozwala na precyzyjne zarządzanie parametrami środowiska, takimi jak temperatura, wilgotność względna oraz skład gazowy powietrza, co stanowiło kluczowy element dla zapewnienia powtarzalności i wiarygodności uzyskanych wyników.

Ziemniaki przechowywano dwoma metodami: w systemie skrzyniopaletowym oraz luzem na pryzmie. System skrzyniopaletowy umożliwia oddzielne przechowywanie partii ziemniaków, co ułatwia kontrolę jakości, prowadzenie selektywnych badań oraz ogranicza ryzyko rozprzestrzeniania się chorób. Przechowywanie luzem na pryzmie odzwierciedla bardziej tradycyjne warunki magazynowania, pozwalając na ocenę skuteczności zastosowanych technologii w bardziej złożonym środowisku przechowalniczym.



Fotografia 2. Skrzyniopaletowy system przechowywania ziemniaków

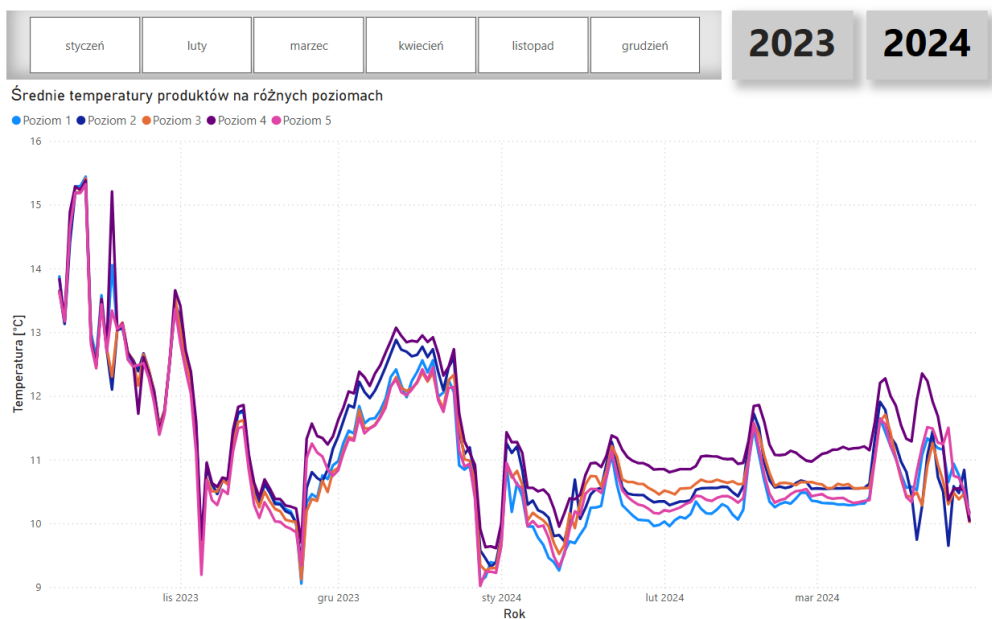
Proces przechowywania bulw ziemniaka prowadzono w kontrolowanych warunkach, utrzymując temperaturę w zakresie 8–12°C oraz wilgotność względną powietrza na poziomie 85–90% (Rysunek 1 i Rysunek 3). Temperatura przechowywanego produktu była mierzona w kilku miejscach (poziomach) na pryzmie oraz w skrzyniopaletach, a średnie wartości zostały przedstawione na wykresach (Rysunek 2, Rysunek 4), które analizowano na bieżąco prowadząc monitoring. Takie warunki zapewniały optymalne środowisko, minimalizując ryzyko kiełkowania, rozwoju chorób oraz utraty jakości przechowywanych ziemniaków.



Rysunek 1. Wilgotność względna oraz temperatura produktu i w hali dla przechowywania w systemie skrzyniopaletowym (zrzut z raportu interaktywnego do monitorowania mikroklimatu)

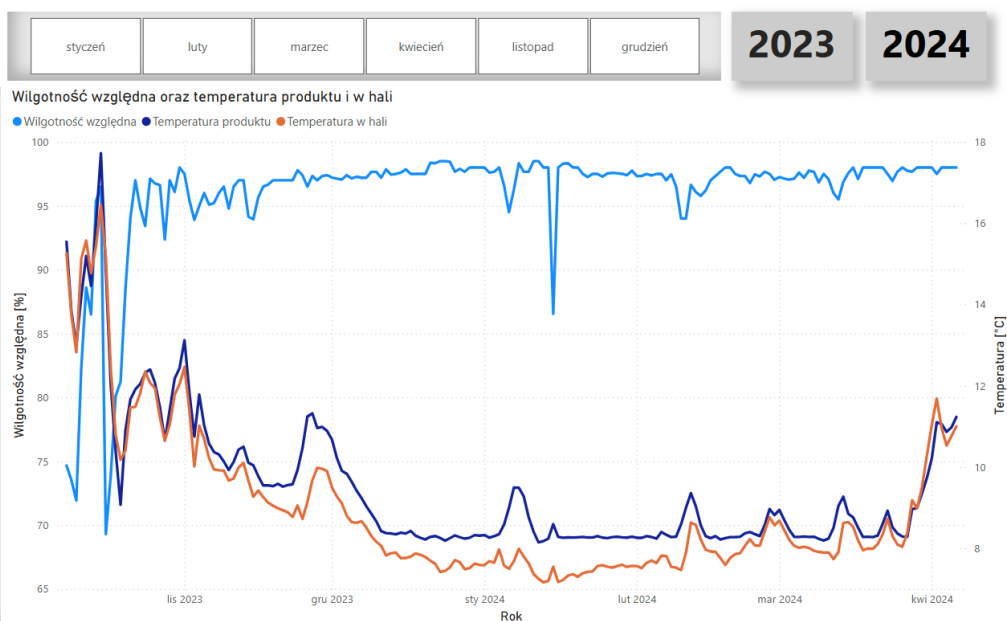


SYSTEM PALETOWY

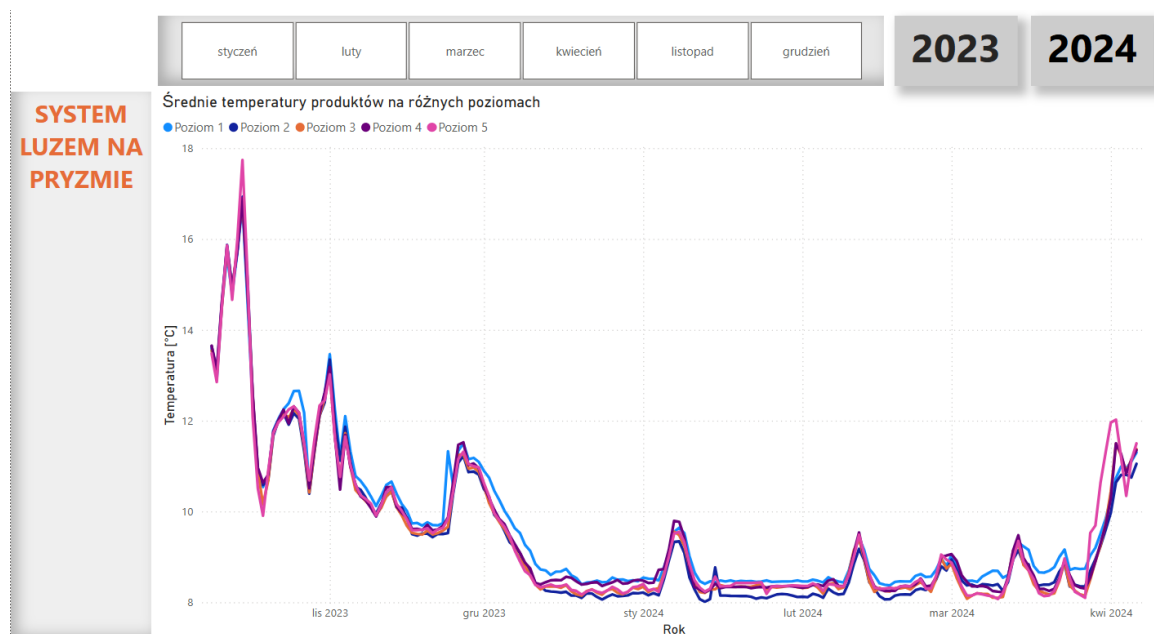


Rysunek 2. Średnie temperatury ziemniaków na różnych poziomach przechowywania w systemie skrzyniopaletowym (zrzut z raportu interaktywnego do monitorowania mikroklimatu)

SYSTEM LUZEM NA PRYZMIE



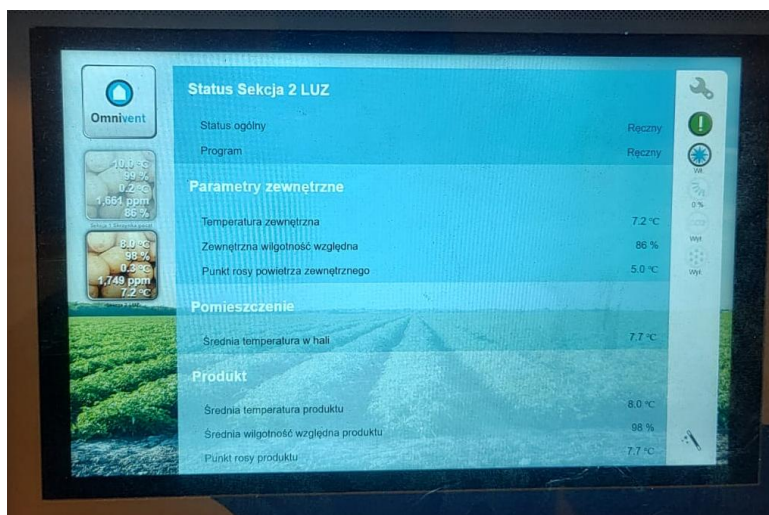
Rysunek 3. Wilgotność względna oraz temperatura produktu i w hali dla przechowywania w systemie luzem na pryzmie (zrzut z raportu interaktywnego do monitorowania mikroklimatu)



Rysunek 4. Średnie temperatury ziemniaków na różnych poziomach przechowywania w systemie luzem na pryzmie (zrzut z raportu interaktywnego do monitorowania mikroklimatu)

W przechowalni zastosowano nowoczesne systemy cyfrowe do monitorowania warunków środowiskowych i mikroklimatycznych:

- **Czujniki temperatury i wilgotności** – Rozlokowane w różnych częściach przechowalni oraz wewnątrz pryzm i skrzyniopalet, czujniki dostarczały danych w czasie rzeczywistym. Dane były automatycznie przesyłane do centralnego systemu zarządzania przechowalnią.
- **Systemy rejestracji i analizy danych** – Zastosowano cyfrowe rejestratory danych sprzężone z platformami analitycznymi umożliwiającymi wizualizację zmian parametrów w czasie oraz szybkie reagowanie na odchylenia od założonych norm.
- **Systemy kontrolowanej atmosfery (CA)** – Moduły CA pozwalały na bieżące dostosowywanie składu atmosfery, w tym poziomu tlenu i dwutlenku węgla, na podstawie odczytów z czujników gazowych, przy pełnej automatyzacji procesu.
- **Monitoring rozwoju chorób i kiełkowania** – Do oceny stanu bulw wykorzystano manualne inspekcje wspomagane rejestracją wyników za pomocą narzędzi cyfrowych.
- **Systemy alarmowe** – W przypadku wykrycia niekorzystnych zmian (np. wzrostu temperatury powyżej ustalonego progu), system automatycznie wysyłał powiadomienia SMS i e-mail do odpowiedzialnych osób.



Fotografia 3. Panel sterowania mikroklimatem w przechowalni

Dzięki kompleksowemu zastosowaniu nowoczesnych technologii cyfrowych oraz precyzyjnej metodyce badań możliwe było uzyskanie wysokiej jakości danych, które posłużyły do analizy skuteczności zastosowanych innowacyjnych rozwiązań przechowalniczych.

W trakcie badań laboratoryjnych szczegółowo analizowano skład chemiczny bulw, koncentrując się na zawartości cukrów redukujących, skrobi oraz suchej masy. Próbkę pobierano w trzech różnych terminach, obejmujących początek przechowywania, środek okresu oraz moment jego zakończenia. W celu oceny zdolności kiełkowania pobierano próbki bulw o masie od 100 do 240 gramów, a następnie oceniano długość kiełków według pięciostopniowej skali. Na podstawie uzyskanych wyników obliczono indeks kiełkowania.

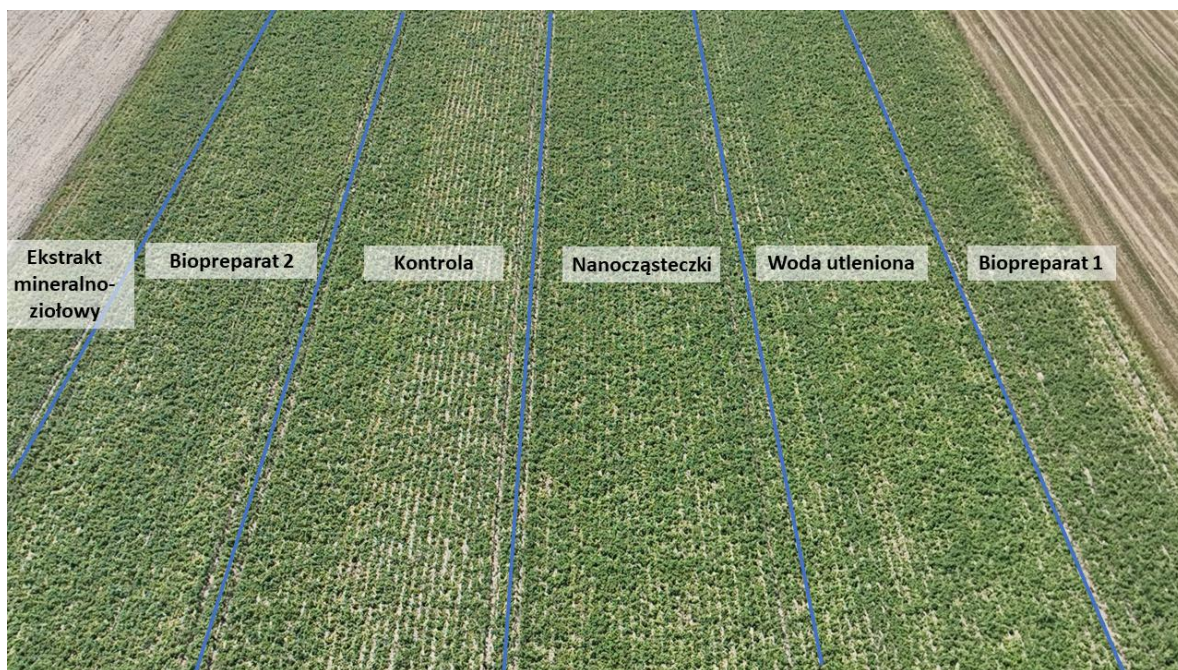
Dodatkowo przeprowadzano analizę zdrowotności bulw, określając procent porażonych jednostek przez patogeny, takie jak mokra zgnilizna bulw i fuzarioza. W tym celu pobierano próbki z różnych miejsc przemy oraz palety, a następnie prowadzono szczegółową ocenę wizualną. Kolejnym aspektem badań była ocena starzenia się bulw, którą wykonywano na podstawie analizy turgoru przy użyciu dziesięciostopniowej skali. Wszystkie etapy badań były właściwie dokumentowane.

W celu oceny wpływu różnych preparatów zaprawiających bulwy na liczbę łodyg, masę łodyg, masę korzeni, liczbę bulw oraz plon bulw przeprowadzono doświadczenie polowe. Doświadczenie zostało zlokalizowane w gospodarstwie rolnym Michała Dąbrowskiego. Ocenę skuteczności różnych metod zaprawiania i ich wpływa na vegetację ziemniaka realizowano dla dwóch odmian ziemniaka tj. Rosi i Colomba. Wyniki analizowano w kontekście różnych wariantów zaprawiania, co pozwoliło na szczegółową ocenę skuteczności zastosowanych środków. Zaprawianie to zabieg stosowany w celu ochrony roślin przed chorobami oraz

poprawy ich wzrostu i plonowania. W badaniu zastosowano sześć wariantów zaprawiania, w tym jeden wariant kontrolny – bez użycia jakichkolwiek preparatów. Bulwy ziemniaka zaprawiano następującymi środkami:

- Biopreparatem 1 (mikroorganizmy z rodzaju *Streptomyces*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Cellulomonas*, *Arthrobacter*, *Paenibacillus*, *Pseudonocardia* w ilości 10^8 jtk/g),
- Biopreparatem 2 (*Lactobacillus plantarum* nie mniej niż: 1×10^6 jtk/cm³)
- Ekstraktem mineralno-ziółowym (olejek rozmarynowy, cytrynowy, eukaliptusowy, goździkowy oraz cynamonowy w równych proporcjach),
- Wodą utlenioną,
- Nanocząsteczkami (nadtlenek wodoru stabilizowany nanocząsteczkami srebra).

Zaprawianie wykonano w dawce 0,2 litra na tonę bulw, z wyjątkiem biopreparatu 2, który aplikowano w większej dawce – 2,0 litra na tonę. Warianty te porównywano z kontrolą, która nie była poddana żadnemu zabiegowi.



Rysunek 5. Schemat doświadczenia polowego z zastosowaniem różnych preparatów do zaprawiania bulw

Metodyka badań polowych w zakresie oceny rozwoju systemu korzeniowego oraz części podziemnych ziemniaka obejmowała analizę parametrów morfologicznych i biometrycznych w różnych fazach wegetacji (w 3 terminach). Badania prowadzono w warunkach polowych na wyznaczonych poletkach doświadczalnych, zgodnie z zasadami randomizacji i replikacji. W określonych terminach fenologicznych pobierano próby, w ramach których dokumentowano rozwój systemu korzeniowego, liczbę i masę bulw, liczbę i masę łodyg, masę korzeni głównych

i bocznych. Pomiary wykonywano z użyciem precyzyjnych przyrządów, takich jak suwmiarki elektroniczne, wagi laboratoryjne oraz skanery korzeni z dedykowanym oprogramowaniem analitycznym.



Fotografia 4. Pobieranie prób roślinnych do oceny polowej rozwoju systemu korzeniowego ziemniaka



Fotografia 5. Próby bulw oraz części podziemnych do oceny wegetacji ziemniaka

Ważnym aspektem badań było także opracowanie alternatywnej metody desykacji ziemniaka.

W celu sprawdzenia skuteczności desykacji roślin przed zbiorami analizowano stopień ich obumarcia po zastosowaniu kwasu octowego. Ocena odbywała się na podstawie wizualnej analizy roślin znajdujących się na wyznaczonych poletkach doświadczalnych. Wyniki były



dokumentowane fotograficznie, a całość badania realizowano w dwóch terminach – tydzień oraz cztery tygodnie po przeprowadzeniu zabiegu.

Dane uzyskane w trakcie badań zostały poddane analizie statystycznej, umożliwiającej porównanie skuteczności różnych metod zaprawiania oraz wpływu zastosowanych systemów przechowywania na jakość bulw. Dzięki temu możliwe było określenie najefektywniejszych strategii konserwacji i ochrony przechowywanych ziemniaków.

3.3. Statystyczne opracowanie wyników badań

W celu opracowania wyników badań zastosowano szereg metod statystycznych, umożliwiających kompleksową analizę uzyskanych danych. W pierwszej kolejności przeprowadzono analizę statystyk opisowych, obejmującą podstawowe miary tendencji centralnej, takie jak średnia arytmetyczna, mediana oraz dominanta, a także miary zróżnicowania, w tym odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Pozwoliło to na uzyskanie ogólnego obrazu zbioru danych oraz określenie stopnia ich rozproszenia.

W celu graficznej prezentacji wielowymiarowych wyników zastosowano wykresy radarowe, które umożliwiły jednocześnie przedstawienie wartości dla wielu zmiennych. Dzięki tej metodzie możliwe było wizualne porównanie analizowanych obiektów oraz identyfikacja ewentualnych wzorców w strukturze danych.

Aby ułatwić porównanie wpływu różnych wariantów zaprawiania bulw na indeks kiełkowania oraz cechy jakości bulw w okresie przechowywania, na wykresach radarowych przedstawiono obliczoną wartość wskaźnika ilorazu wartości danej cechy w stosunku do kontroli. Wskaźnik ten przedstawia stosunek wartości danej cechy uzyskanej (w każdym wariacie zaprawiania) do wartości uzyskanej w kontroli (bez zaprawiania bulw). Wartość równa 1 oznacza brak różnicy w stosunku do kontroli, wartości powyżej 1 wskazują na wzrost danej cechy, natomiast wartości poniżej 1 (które w tym przypadku nie wystąpiły) oznaczałyby jej obniżenie.

Do oceny istotności różnic pomiędzy grupami zastosowano analizę wariancji (ANOVA). Metoda ta pozwoliła na weryfikację hipotezy o równości średnich w różnych grupach badawczych oraz określenie, czy zaobserwowane różnice były statystycznie istotne. W przypadku stwierdzenia istotnych różnic zastosowano dodatkowe testy post-hoc, które umożliwiły identyfikację par grup odpowiedzialnych za te różnice.

Zastosowanie powyższych metod pozwoliło na kompleksową i wieloaspektową analizę uzyskanych wyników, umożliwiając zarówno eksplorację struktury danych, jak i ocenę istotności statystycznej obserwowanych zależności. Dzięki temu możliwe było wyciągnięcie rzetelnych i naukowo uzasadnionych wniosków dotyczących badanego zagadnienia.



4. Wyniki badań

Rezultatem operacji jest wdrożenie ulepszonej innowacji w zakresie technologii. Jest to innowacja w zakresie ulepszonej innowacji technologicznej polegającej na włączeniu olejków eterycznych połączonej w dodatkowych próbach badawczych z zaprawianiem nanocząsteczkami, biopreparatami, wodą utlenioną oraz mineralno-ziółowymi mieszaninami do procesu przechowywania ziemniaków, oraz badanie wpływu desykacji octem na jakość bulw po zakończeniu procesu przechowywania.

Główną korzyścią operacji jest możliwość wykorzystania procesu zamgławiania ziemniaków regulatorami wzrostu opartych na bazie pomarańczowego olejku eterycznego i ograniczenie niekontrolowanego kiełkowania ziemniaków w połączeniu z zaprawianiem nanocząsteczkami, biopreparatami, wodą utlenioną oraz mineralno-ziółowymi mieszaninami, a także zdesykowanych przed zbiorem octem.

Korzyścią z realizacji operacji jest stworzenie lepszych warunków do przechowywania ziemniaków oraz ograniczenie strat wywołanych kiełkowaniem. Podczas przechowywania w bulwach ziemniaków zachodzą procesy życiowe – transpiracja i oddychanie, dochodzi do inicjacji kiełkowania oraz pojawia się możliwość rozwoju chorób grzybowych i bakteryjnych. Z tego względu potrzebne było stworzenie szczególnych warunków w miejscach ich przechowywania. Niezależnie od systemu przechowywania pojawia się ryzyko strat przechowalniczych. Między innymi do strat dochodzi w wyniku kiełkowania ziemniaków. Zastosowanie ulepszonej innowacji technologicznej polegającej na włączeniu regulatorów wzrostu na bazie olejków eterycznych w połączeniu z dodatkowymi próbami badawczymi połączonymi z zaprawianiem nanocząsteczkami, biopreparatami, wodą utlenioną oraz mieszaninami mineralno-ziółowymi zastosowanymi w specjalnie oznaczonych skrzyniach grup badawczych pozwoliło na ograniczenie tego procesu. Użycie powyższych środków przyczyniło się do powstrzymania rozwoju niektórych chorób przechowalniczych ziemniaka powodowanych agrofagami grzybowymi, organizmami grzybopodobnymi oraz bakteriami.

Z produkcją rolną często związane jest wprowadzanie do środowiska substancji, które naturalnie nie powinny tam się znaleźć. Zastosowanie ekologicznych inhibitorów kiełkowania ziemniaka wpłynęło na ograniczenie negatywnego wpływu stosowania środków w produkcji rolnej na środowisko. Dzięki zastosowaniu naturalnych preparatów ograniczony został również niekorzystny wpływ na mikroorganizmy glebowe. Przechowywanie z wykorzystaniem substancji spełniających standardy rolnictwa ekologicznego może okazać się niezwykle potrzebne w nadchodzącej perspektywie Europejskiego Zielonego Ładu, gdzie w ramach polityki Od Pola do Stołu może nastąpić gwałtowny, bardzo duży wzrost powierzchni upraw ekologicznych, a co za tym idzie wzrost zapotrzebowania na ekologiczne środki regulujące

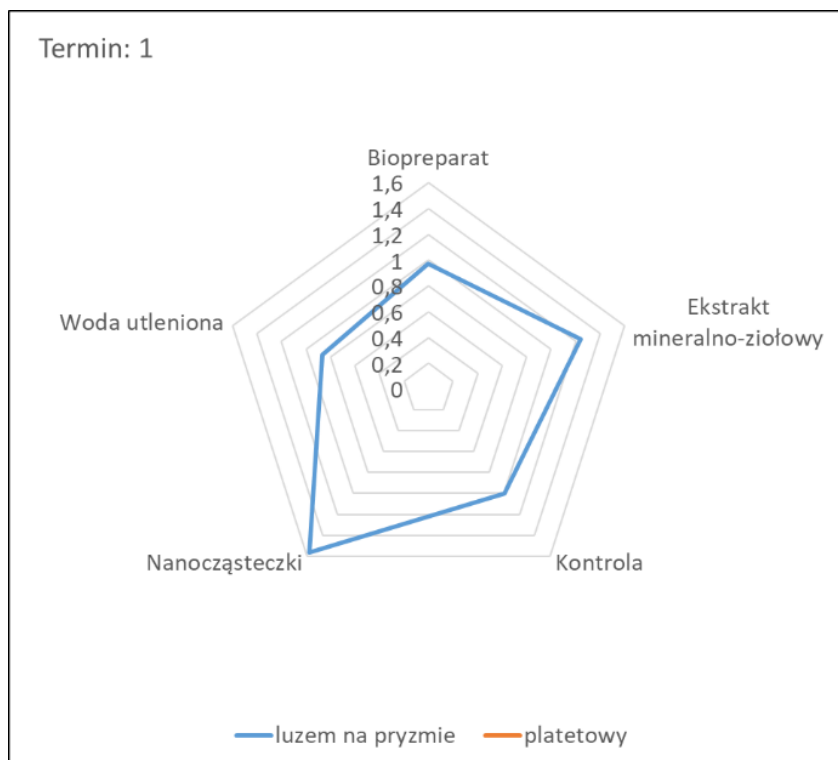


wzrost i rozwój roślin. Podstawową zasadą ekologicznej uprawy ziemniaka jest zrezygnowanie ze stosowania syntetycznych środków produkcji. Zastosowane innowacje przyczyniły się do uzyskania zdrowych bulw z mocnym wigorem, co przełożyło się na ich zdrowotność, szybszy zasadzonych roślin, które stanowiły silną konkurencję dla chwastów.

4.1. Ocena wpływu zaprawiania bulw ziemniaka na ograniczenie kiełkowania w różnych systemach przechowywania

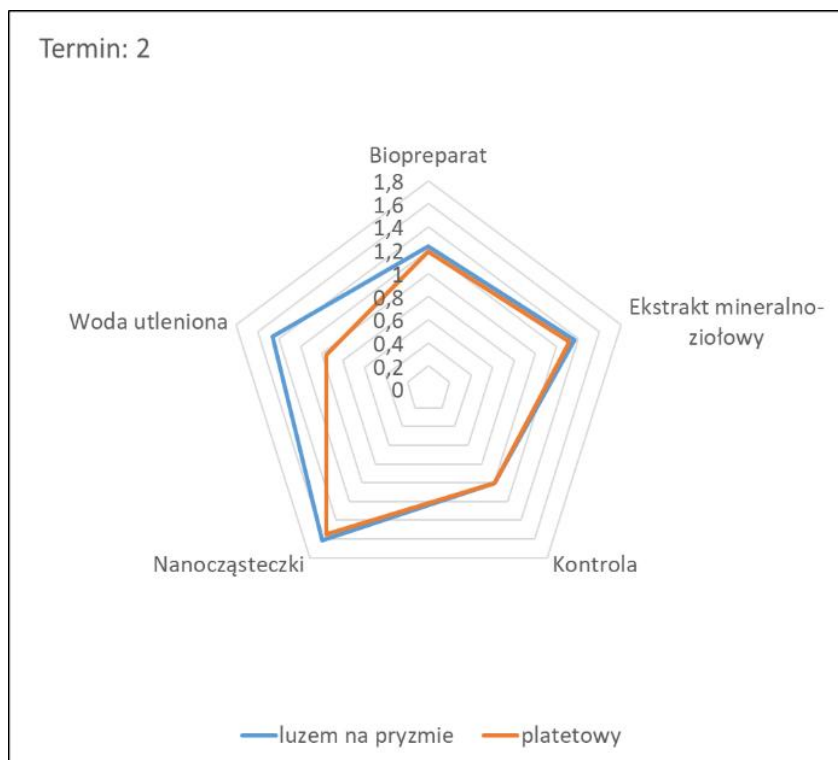
Celem badań była ocena skuteczności różnych technologii ograniczających kiełkowanie bulw ziemniaka podczas długoterminowego przechowywania w systemach luzem na pryzmie oraz skrzyniopaletowym. Postawiono hipotezę, że zastosowanie wybranych preparatów biologicznych oraz naturalnych substancji aktywnych znacząco opóźni proces kiełkowania, co przełoży się na niższe wartości indeksu kiełkowania (IK) w porównaniu do bulw niepoddanych działaniu zabiegów.

Na podstawie przeprowadzonych badań opracowano wpływ różnych metod zaprawiania bulw ziemniaka oraz systemów przechowywania (przechowywanie luzem na pryzmie oraz w systemie paletowym) na intensywność procesu kiełkowania, mierzoną ilorazem indeksu kiełkowania względem kontroli. Wartości indeksu $< 1,0$ wskazują na ograniczenie kiełkowania, natomiast wartości $> 1,0$ oznaczają jego intensyfikację w porównaniu do kontroli. Analiza obejmowała cztery terminy pomiarowe oraz obliczenia średnich wartości dla obu systemów przechowywania (Rysunek 6 - Rysunek 10).



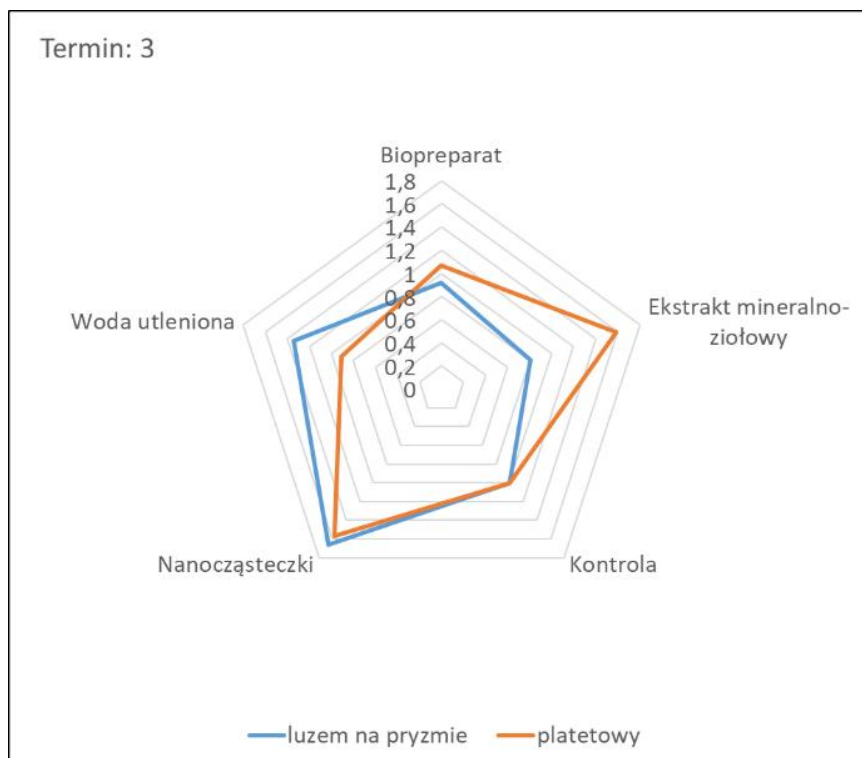
Rysunek 6. Wskaźnik ilorazu indeksu kiełkowania w I terminie badawczym po zastosowaniu różnych zapraw

W I terminie pomiarowym dokonano oceny kiełkowania dla systemu przechowywania luzem. Najniższy iloraz indeksu kiełkowania zmierzono dla wody utlenionej (0,86), co wskazuje na pozytywny wpływ na efektywne ograniczanie kiełkowania. Najwyższą wartość wykazano dla wariantu z nanocząsteczkami (1,57), co oznacza jego najsilniejszy wpływ stymulujący rozwój kiełków. Po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziolowego uzyskano wartość wskaźnika 1,24, a po zastosowaniu biopreparatu – 0,97, czyli blisko kontroli (1,00) (Rysunek 6).



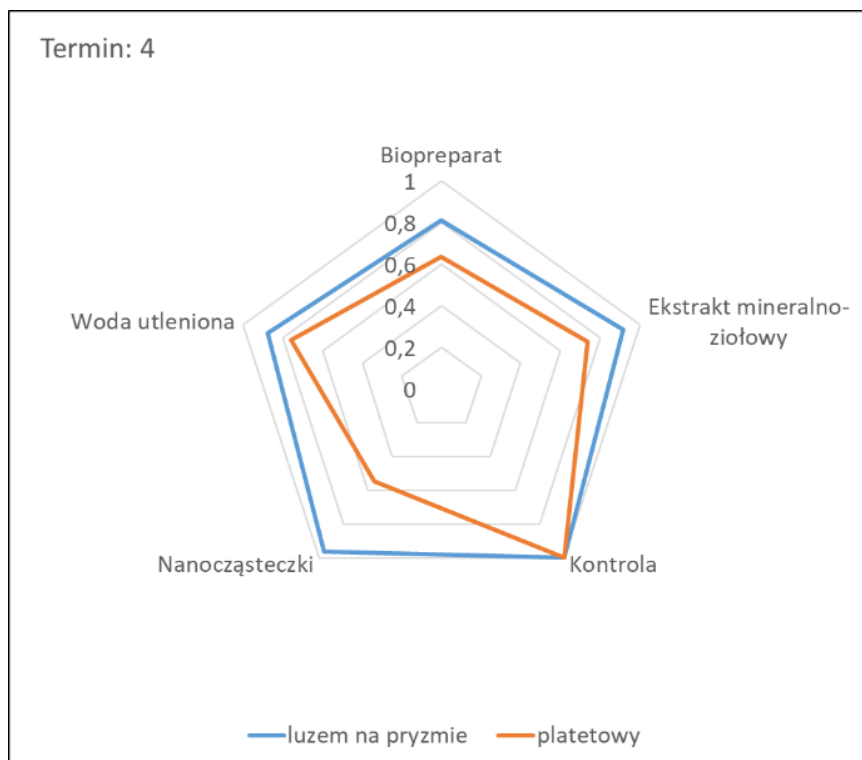
Rysunek 7. Wskaźnik ilorazu indeksu kiełkowania w II terminie badawczym po zastosowaniu różnych zapraw

W II terminie zarówno przechowywanie luzem, jak i paletowe wykazały wyraźne różnice. Przy przechowywaniu luzem, najwyższy iloraz indeksu kiełkowania osiągnęły bulwy zaprawiane nanocząsteczki (1,61), a najniższy kontrola (1,00). Woda utleniona osiągnęła 1,46, ekstrakt 1,37, a biopreparat 1,23. Dla przechowywania paletowego, również najwyższy iloraz indeksu wykazano dla nanocząsteczek (1,55), a najniższy dla wody utlenionej (0,96). Zaprawianie bulw ekstraktem mineralno-ziołowym (1,32) i biopreparatem (1,19) spowodowało wzrost wartości powyżej kontroli (1,00) (Rysunek 7).



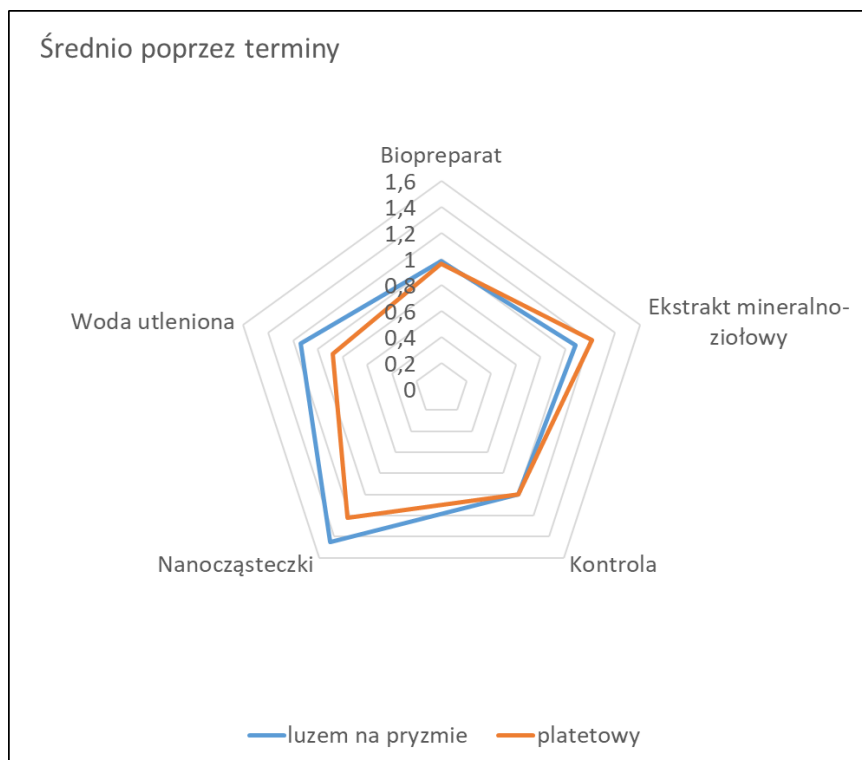
Rysunek 8. Wskaźnik ilorazu indeksu kiełkowania w III terminie badawczym po zastosowaniu różnych zapraw

W III terminie pomiarowym, w systemie luzem najwyższy iloraz indeksu kiełkowania wystąpił po zastosowaniu nanocząsteczek (1,66), a najniższy dla ekstraktu mineralno-ziołowego (0,81). Po zastosowaniu biopreparatu uzyskano wartość 0,92, a dla wody utlenionej – 1,35. Dla przechowywania paletowego, najwyższy efekt stymulacji rozwoju wykazał ekstrakt mineralno-ziołowy (1,59), nieco niżej nanocząsteczki (1,57), zaś zaaplikowanie biopreparatu i wody utlenionej umożliwiło wykazać lepsze efekty, odpowiednio 1,07 i 0,91 (Rysunek 8).



Rysunek 9. Wskaźnik ilorazu indeksu kiełkowania w IV terminie badawczym po zastosowaniu różnych zapraw

W IV terminie nastąpił ogólny spadek wartości ilorazu indeksu kiełkowania. W systemie przechowywania luzem najwyższy wskaźnik miały nanocząsteczki (0,96), zaś najniższy – biopreparat (0,81). W kombinacji z wodą utlenioną uzyskano wartość 0,88, a po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziołowego – 0,92. Przy przechowywaniu paletowym, wszystkie warianty osiągnęły wartości poniżej 1. Najniższą – nanocząsteczki (0,55), a najwyższą – kontrola (1,00). (Rysunek 9)



Rysunek 10. Efekt ograniczenia kiełkowania wyrażony średnim wskaźnikiem ilorazu indeksu kiełkowania poprzez zaprawianie bulw w systemie przechowywania luzem oraz paletowym

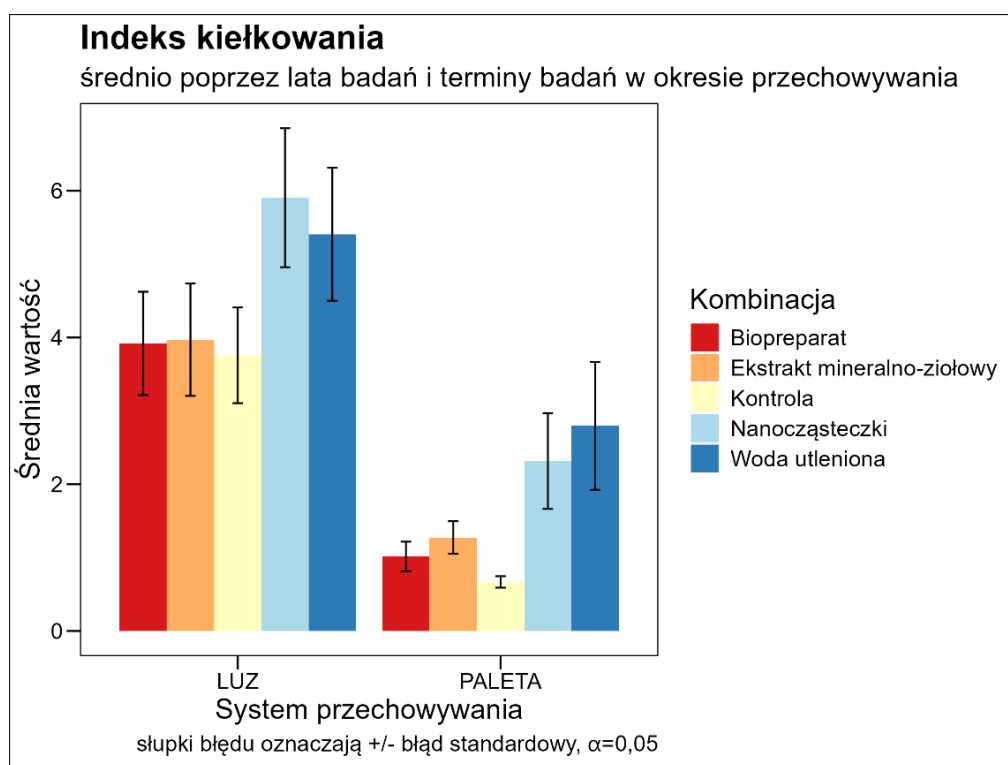
Biorąc pod uwagę wpływ systemu przechowywania na intensywność kiełkowania wykazano że zastosowanie wody utlenionej w systemie paletowym wykazało najwyższą skuteczność ograniczającą kiełkowanie bulw, gdyż średnia wartość ilorazu kiełkowania wynosiła (0,88). Ekstrakt mineralno-ziołowy wykazywał umiarkowaną skuteczność, szczególnie w systemie paletowym (1,22), a biopreparat był najbliższy wartości kontrolnej w obu systemach (Rysunek 10).

Podsumowując:

- Największą skutecznością w ograniczaniu kiełkowania (iloraz < 1) w systemie paletowym charakteryzowała się woda utleniona (średnio 0,88), oraz biopreparat (0,97) i ekstrakt mineralno-ziołowy (0,74) w IV terminie.
- W systemie przechowywania luzem również dobre wyniki uzyskano stosując biopreparat (średnio 0,98) oraz wodę utlenioną (1,14), jednak te wartości są nieco wyższe.
- Dla ograniczenia kiełkowania bulw w długim okresie przechowywania najbardziej efektywne okazały się: woda utleniona w systemie paletowym oraz biopreparat w obu systemach.

- Do praktyki przechowalniczej w celu ograniczenia intensywności kiełkowania rekomenduje się stosowanie wody utlenionej w systemie paletowym oraz biopreparatów przy długim okresie przechowywania.

W celu określenia istotnych różnic pomiędzy badanymi wariantami zastosowano analizę wariancji (ANOVA) oraz test Tukeya – wielokrotnego porównywania średnich w celu identyfikacji różnic pomiędzy poszczególnymi kombinacjami (Rysunek 11). Analiza wpływu zastosowania zapraw na wartość indeksu kiełkowania średnio poprzez lata i terminy badań, wykazała że w systemie paletowym stosowanie wody utlenionej spowodowało uzyskanie średniej wartości na poziomie (2,79), a najniższą wartość uzyskano na próbie kontrolnej (0,67) oraz dla biopreparatu (1,02). Nanocząsteczki (2,32) wykazywały umiarkowany wpływ na intensywność kiełkowania. Ekstrakt mineralno-ziółowy (1,27) miał niewielki wpływ na przyspieszenie procesu. W systemie przechowywania luzem najwyższy indeks kiełkowania osiągnęły bulwy traktowane nanocząsteczkami (5,91) oraz wodą utlenioną (5,41). Ekstrakt mineralno-ziółowy (3,97) oraz biopreparat (3,92) wykazywały umiarkowany wpływ na spowolnienie procesu kiełkowania.



Rysunek 11. Ocena wpływu zaprawiania bulw ziemniaka na indeks kiełkowania, średnio poprzez lata badań i terminy badań w okresie przechowywania w podziale na system przechowalniczy

Podsumowanie

System przechowywania znacząco wpływał na indeks kiełkowania – bulwy przechowywane luzem wykazywały wyraźnie wyższe wartości indeksu kiełkowania niż w systemie paletowym,



co sugeruje, że w warunkach luzem sprzyjające warunki mikroklimatyczne przyspieszały kiełkowanie. Ekstrakt mineralno-ziółowy i biopreparat miały umiarkowany wpływ na ograniczenie kiełkowania, a w systemie paletowym ich efektywność była niska, podobnie jak w kontroli. Ich działanie było bardziej widoczne w systemie luzem. System paletowy okazał się być bardziej efektywny w ograniczaniu kiełkowania – na każdym etapie przechowywania indeksy w tym systemie były znacznie niższe niż w luzem. W końcowym pomiarze indeksy dla paletowego przechowywania nie przekroczyły 2,79, co wskazuje na znaczne ograniczenie kiełkowania w porównaniu do systemu luzem.

Dla bulw przechowywanych długoterminowo w celu ograniczenia kiełkowania najlepszym systemem jest przechowywanie paletowe. Woda utleniona wykazuje złożone działanie ograniczające kiełkowanie w zależności od terminu pomiarowego oraz warunków przechowywania.

Należy również zaznaczyć, że interpretując uzyskane wyniki wartości indeksu kiełkowania (IK) dla wszystkich kombinacji, zgodnie z kwalifikacją przedstawioną w metodyce, należy je zaliczyć do niskiego poziomu IK (1–10), który wskazuje na początkowe stadium kiełkowania.

4.2. Ocena wpływu zaprawiania bulw ziemniaka na cechy jakościowe przechowywanych bulw

4.2.1. Analiza ilorazu wartości cech jakościowych względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu luzem na pryzmie

Zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka stanowi kluczowy wskaźnik ich jakości technologicznej i konsumpcyjnej, zwłaszcza w kontekście ich dalszego przetwórstwa (np. produkcji frytek czy chipsów). Nadmierne nagromadzenie tych związków prowadzi do niepożądanych reakcji Maillarda, ciemnienia produktów oraz powstawania szkodliwego akrylamidu. Dlatego też istotne jest ograniczenie zawartości cukrów redukujących już na etapie przechowywania bulw. W niniejszym opracowaniu dokonano oceny wpływu różnych kombinacji zaprawiania (biopreparat, ekstrakt mineralno-ziółowy, nanocząsteczki, woda utleniona) w trzech terminach aplikacji (drugi, trzeci i czwarty termin) na zawartość cukrów redukujących w systemie przechowywania luzem. Wartości wyrażono względem kombinacji kontrolnej, której przypisano wartość referencyjną 100%.

Mokra zgnilizna bulw ziemniaka jest jednym z najpoważniejszych problemów przechowalniczych, prowadzącym do znacznych strat jakościowych i ilościowych. Patogeny wywołujące mokrą zgniliznę rozwijają się szczególnie intensywnie w warunkach podwyższonej wilgotności i ograniczonej cyrkulacji powietrza. W systemie przechowywania luzem, gdzie



bulwy są przechowywane bezpośrednio w dużych masach, ryzyko porażenia znacząco wzrasta. W związku z tym podjęto próbę ograniczenia występowania choroby poprzez zastosowanie różnych metod zaprawiania. Celem analizy było określenie wpływu czterech kombinacji zaprawiania – biopreparatu, ekstraktu mineralno-ziółowego, nanocząsteczek oraz wody utlenionej – na stopień porażenia bulw ziemniaka mokrą zgnilizną w trzech terminach aplikacji w systemie luzem. Jako wartość referencyjną przyjęto porażenie w kombinacji kontrolnej.

Zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka jest jednym z kluczowych parametrów jakościowych, wpływającym na wartość technologiczną i konsumpcyjną surowca. Wyższy poziom suchej masy wiąże się z większą zawartością substancji odżywczych, lepszą strukturą i niższą zawartością wody, co jest istotne dla przetwórstwa oraz przechowywania. W systemie przechowywania luzem, gdzie warunki mikroklimatyczne mogą się zmieniać, istotne jest utrzymanie stabilnej zawartości suchej masy, co może być wspomagane przez odpowiednie zabiegi zaprawiania bulw po zbiorze. Celem niniejszego opracowania było określenie wpływu czterech kombinacji zaprawiania – biopreparatu, ekstraktu mineralno-ziółowego, nanocząsteczek i wody utlenionej – na zawartość suchej masy bulw ziemniaka w trzech terminach zaprawiania w systemie przechowywania luzem. Wyniki przedstawiono jako procentowe zmniejszenie lub zwiększenie wartości w odniesieniu do kontroli.

Zawartość skrobi w bulwach ziemniaka odgrywa istotną rolę w ocenie ich wartości użytkowej i przetwórczej. Skrobia wpływa nie tylko na smak i konsystencję produktów ziemniaczanych, ale także na ich przydatność technologiczną, szczególnie w przemyśle spożywczym. W trakcie przechowywania skrobia może ulegać przemianom, których intensywność zależy od warunków przechowalniczych oraz działań ochronnych podejmowanych po zbiorze. Jednym z takich działań jest zaprawianie bulw różnymi preparatami. W niniejszym opisie przedstawiono wpływ zaprawiania bulw ziemniaka czterema metodami – biopreparatem, ekstraktem mineralno-ziółowym, nanocząsteczkami oraz wodą utlenioną – w trzech terminach aplikacji w systemie przechowywania luzem. Zmiany w zawartości skrobi porównano do kombinacji kontrolnej i wyrażono jako zmniejszenie lub zwiększenie w stosunku do niej w procentach.

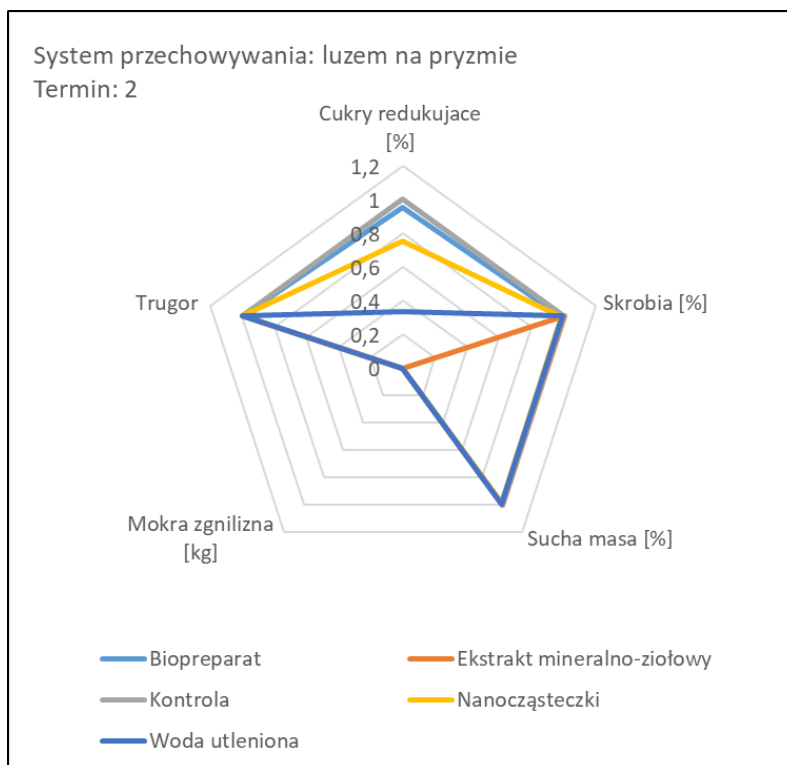
W II terminie uzyskano pozytywny wpływ Wody utlenionej na ograniczenie zawartość cukrów o 67%, a nanocząsteczki o 24%. Po zastosowaniu Biopreparatu wykazano zbliżoną wartość do kontroli – redukcja tylko o 4% (Rysunek 12).

Zaprawianie - wszystkie kombinacje – biopreparat, ekstrakt mineralno-ziółowy, nanocząsteczki oraz woda utleniona – pozwoliło całkowicie wyeliminować występowanie

mokrej zgnilizny. W żadnym przypadku nie odnotowano porażenia, co może wskazywać na dużą skuteczność zaprawiania bezpośrednio po zbiorze.

W drugim terminie zaprawiania wykazano niskie zróżnicowanie wpływu różnych kombinacji na zawartość suchej masy na poziomie zbliżonym do kontroli. Biopreparat, ekstrakt mineralno-ziółowy i woda utleniona nie wpłynęły na zmianę zawartości suchej masy, co oznacza brak różnicy względem kontroli. W przypadku nanocząsteczek odnotowano niewielkie zmniejszenie zawartości suchej masy o 1% w porównaniu do wartości kontrolnej.

W drugim terminie zaprawiania biopreparat obniżył zawartość skrobi o 1% względem kontroli, ekstrakt mineralno-ziółowy utrzymał ją na poziomie równym kontroli, a nanocząsteczki i woda utleniona nie wpłynęły istotnie na zmianę tego parametru, zachowując również wartość kontrolną. W tym terminie nie zaobserwowano wyraźnych różnic pomiędzy kombinacjami zaprawiającymi a kontrolą.



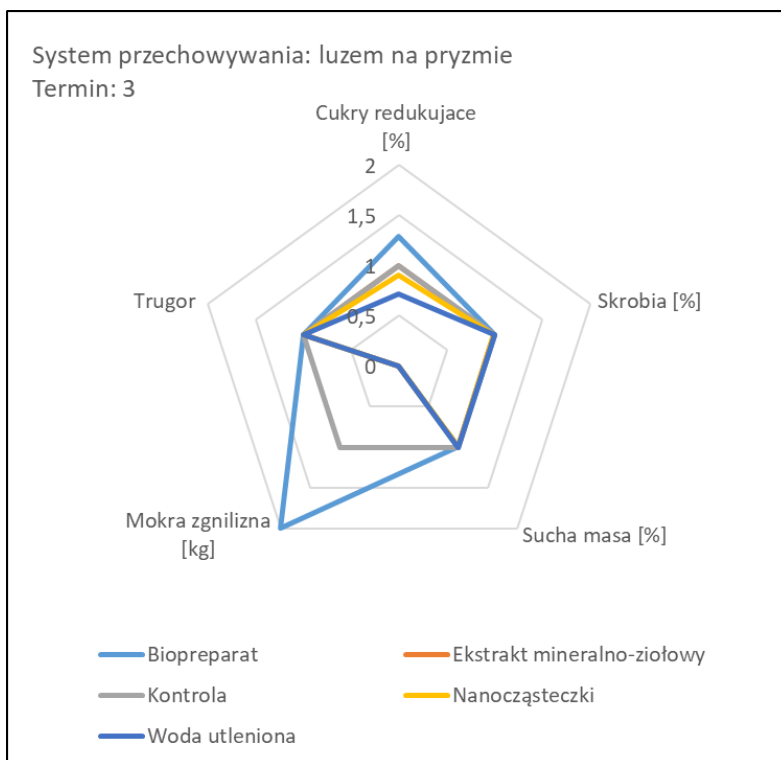
Rysunek 12. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech do kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu luzem na pryzmie w II terminie badań

W III terminie zastosowanie wody utlenionej spowodowało obniżenie zawartość cukrów redukujących w bulwach o 29%, a nanocząsteczki zmniejszyły zawartość cukrów redukujących o 10% w stosunku do kontroli. Zaprawianie ekstraktem mineralno-ziółowym nie wpłynęło na zmianę poziomu cukrów – wartość była równa kontroli (100%). Zastosowanie biopreparat do zaprawiania bulw spowodowało wzrost zawartości cukrów redukujących o 28%, wskazując na najmniej korzystny wariant w tym terminie (Rysunek 13).

Porażenie mokrą zgnilizną było zróżnicowane, w kombinacji z Biopreparatem wykazano porażenie na poziomie dwukrotnie wyższym niż kontrola, a w przypadku nanocząsteczek nie odnotowano żadnego porażenia, podobnie jak w przypadku ekstraktu mineralno-ziółowego oraz wody utlenionej, które również całkowicie zahamowały rozwój choroby.

Zawartość suchej masy w trzecim terminie bardziej zróżnicowana wśród zastosowanych zapraw. Biopreparat i ekstrakt mineralno-ziółowy nie wpłynęły na zmianę zawartości suchej masy, zaś Woda utleniona zwiększyła zawartość suchej masy o 0,2%, natomiast nanocząsteczki wykazały spadek o 1% w stosunku do wartości referencyjnej.

W trzecim terminie zawartość skrobi po zastosowaniu biopreparatu i wody utlenionej nie zmieniła się względem kontroli, natomiast ekstrakt mineralno-ziółowy spowodował jej zmniejszenie o 1%, podobnie jak nanocząsteczki. Wartości te świadczą o stosunkowo stabilnym poziomie skrobi przy zaprawianiu w tym okresie, niezależnie od użytego preparatu.



Rysunek 13. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech do kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu luzem na przymie w III terminie badań

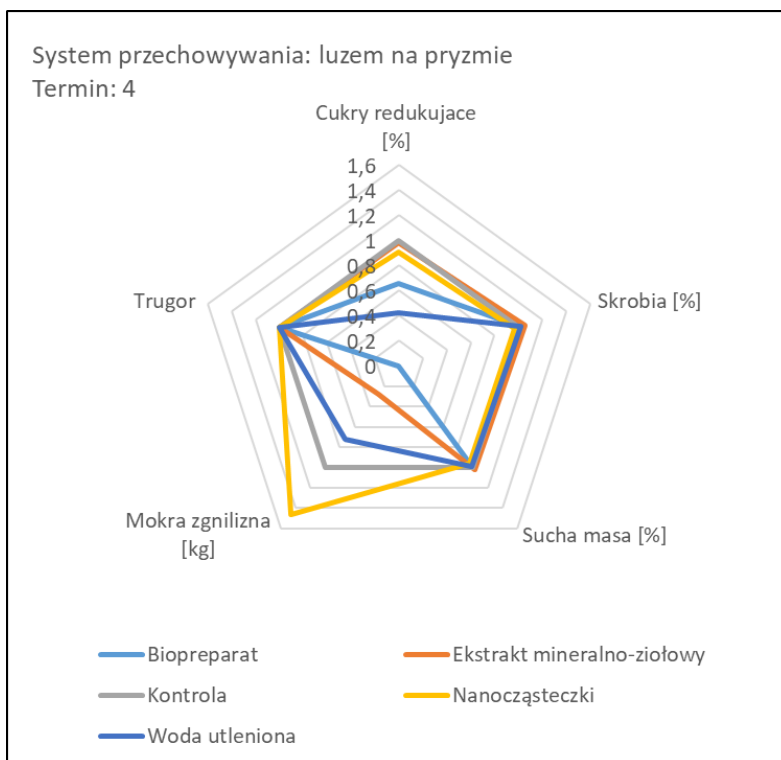


W IV terminie najlepszy efekt zmniejszenia zawartości cukrów redukujących uzyskano po zastosowaniu wody utlenionej, która obniżyła zawartość cukrów o 58%. Biopreparat zmniejszył zawartość o 35%, a ekstrakt mineralno-ziółowy o 2%. Nanocząsteczki zredukowały cukry o 9% (Rysunek 14).

W czwartym terminie skuteczność ograniczania porażenia mokrą zgnilizną była bardziej zróżnicowana. Biopreparat ponownie pozwolił na zmniejszenie porażenia o 100% względem kontroli. Ekstrakt mineralno-ziółowy ograniczył porażenie o około 72% w porównaniu do wartości kontrolnej, co świadczy o jego dobrej skuteczności również w późniejszym terminie aplikacji. W przypadku nanocząsteczek nastąpił wzrost porażenia o 47% w porównaniu do kontroli, co wskazuje na spadek efektywności tego środka w czwartym terminie. Woda utleniona pozwoliła ograniczyć porażenie o około 28% względem kontroli, co świadczy o umiarkowanej skuteczności.

Największy wzrost zawartości suchej masy odnotowano po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziółowego – o 2% w porównaniu do kontroli. Woda utleniona zwiększyła ten parametr o 1%, a zastosowanie zaprawiania biopreparatem umożliwiło uzyskanie poziomu kontrolnego. Nanocząsteczki były jedynym środkiem, który spowodował zmniejszenie zawartości suchej masy – o 4% względem wartości kontrolnej (100%).

W czwartym terminie największy wzrost zawartości skrobi nastąpił po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziółowego, który zwiększył ten parametr o 5% w porównaniu do kontroli. Biopreparat wpłynął na wzrost skrobi o 1%, natomiast woda utleniona podniosła jej poziom o 2%. Nanocząsteczki obniżyły zawartość skrobi o 3% w stosunku do wartości referencyjnej. W tym terminie różnice były wyraźniejsze niż w poprzednich i wskazują na silniejsze oddziaływanie zastosowanych środków.



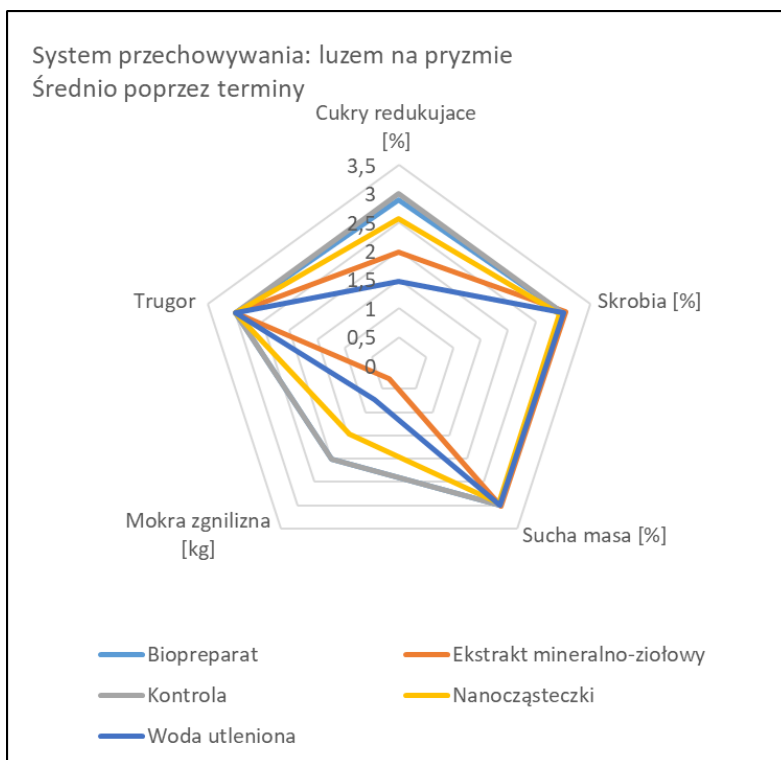
Rysunek 14. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech do kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu luzem na pryzmie w IV terminie badań

Średni wpływ zaprawiania bulw na zawartość cukrów redukujących ze wszystkich terminów był korzystny po zastosowaniu Wody utlenionej wykazując najskuteczniejsze działanie w ujęciu średnim – zawartość cukrów była niższa o 51% względem kontroli. Po zastosowaniu Ekstraktu mineralno-ziołowego obniżył się średni poziom cukrów o 34%, a dla nanocząsteczek o 14%. W przypadku zastosowania Biopreparatu zmniejszyła się zawartość cukrów tylko o 4%, co wskazuje na jego niską skuteczność (Rysunek 15).

Największą redukcję porażenia mokrą zgnilizną odnotowano po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziołowego – zmniejszenie o 91%, oraz wody utlenionej – zmniejszenie o 76%. Biopreparat umożliwił osiągnięcie zmniejszenia porażenia o 33%, jednak ze względu na bardzo wysoki poziom porażenia w trzecim terminie jego skuteczność należy ocenić jako niestabilną. Nanocząsteczki wykazały zmniejszenie porażenia o 19%, lecz ich skuteczność była silnie uzależniona od terminu aplikacji – efektywne w dwóch pierwszych, niewystarczające w ostatnim.

Największy przyrost zawartości suchej masy odnotowano po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziołowego – o 1%. Woda utleniona również wykazała korzystne działanie, podnosząc ten parametr średnio o 0,3% względem kontroli. Biopreparat nie wpłynął na zmianę, utrzymując wartość na poziomie kontrolnym. Natomiast nanocząsteczki, mimo dobrej skuteczności w pierwszym i drugim terminie, średnio spowodowały zmniejszenie zawartości suchej masy o 2% względem kontroli.

Średnio dla wszystkich terminów największy wzrost zawartości skrobi zanotowano po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziółowego – o 2% względem kontroli. Woda utleniona przyczyniła się do niewielkiego wzrostu tego parametru – o 1%. Biopreparat nie wpłynął znacząco na zmianę zawartości skrobi, utrzymując ją na poziomie równym kontroli. Z kolei nanocząsteczki obniżyły zawartość skrobi średnio o 1%.



Rysunek 15. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech jakości względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu luzem na pryzmie średnio poprzez terminy badań

Podsumowanie

Cukry redukujące W systemie przechowywania luzem największy potencjał w ograniczaniu zawartości cukrów redukujących wykazała woda utleniona, działająca skutecznie we wszystkich trzech terminach pomiarowych. Ekstrakt mineralno-ziółowy również okazał się wartościowym rozwiązaniem, zwłaszcza w II terminie. Zastosowanie Nanocząsteczek przyniosło umiarkowane efekty, natomiast biopreparat nie spowodował ograniczenia poziomu cukrów redukujących. Rekomenduje się wybór zaprawy z uwzględnieniem terminu aplikacji, przy czym woda utleniona i ekstrakt wydają się najbezpieczniejszymi i najskuteczniejszymi opcjami w warunkach przechowywania luzem.

Mokra zgnilizna W systemie przechowywania luzem najlepsze efekty ograniczenia porażenia mokrą zgnilizną osiągnięto po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziółowego i wody utlenionej. Oba środki wykazywały wysoką skuteczność prewencyjną, szczególnie w pierwszym i drugim terminie pomiarowym, oraz umiarkowane działanie w terminie późniejszym. Biopreparat, mimo



dobrej skuteczności w drugim i czwartym terminie, był nieskuteczny w trzecim terminie. Aplikowanie nanocząsteczek, choć skuteczne na początku, w późniejszym okresie nie zapobiegało rozwojowi choroby. Rekomenduje się stosowanie ekstraktu mineralno-ziółowego i wody utlenionej jako najpewniejszych środków w ograniczaniu porażenia mokrą zgnilizną w systemie przechowywania luzem.

Sucha masa Najbardziej korzystny wpływ na zawartość suchej masy bulw ziemniaka wykazał ekstrakt mineralno-ziółowy, który zwiększał ten parametr szczególnie w trzecim i czwartym terminie pomiarowym. Woda utleniona również przyczyniła się do nieznacznego wzrostu zawartości suchej masy. Biopreparat utrzymywał poziom tego parametru zbliżony do kontroli, nie wpływając istotnie na jego zmianę. Nanocząsteczki wykazały najmniej korzystny wpływ, powodując obniżenie zawartości suchej masy, zwłaszcza w czwartym terminie. Rekomenduje się zatem stosowanie ekstraktu mineralno-ziółowego oraz wody utlenionej w celu stabilizacji lub zwiększenia zawartości suchej masy w bulwach przechowywanych luzem.

Skrobia W systemie przechowywania luzem zaprawianie bulw ekstraktem mineralno-ziółowym oraz wodą utlenioną pozwoliło utrzymać lub zwiększyć zawartość skrobi w porównaniu do kontroli. Szczególnie korzystne działanie ekstraktu zaobserwowano w czwartym terminie, gdzie nastąpił wyraźny wzrost tego parametru. Biopreparat wykazywał działanie neutralne, nie wpływając istotnie na zmianę poziomu skrobi. Nanocząsteczki, mimo stabilności w dwóch pierwszych terminach, w czwartym doprowadziły do spadku zawartości skrobi, co przełożyło się na niewielkie obniżenie średniego wyniku zawartości skrobi. Rekomenduje się rozważenie zastosowania ekstraktu mineralno-ziółowego oraz wody utlenionej jako korzystnych środków wspierających utrzymanie jakości skrobi w przechowywanych luzem bulwach ziemniaka.

4.2.2. Analiza ilorazu wartości cech jakościowych względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu w systemie skrzyniopaletowym

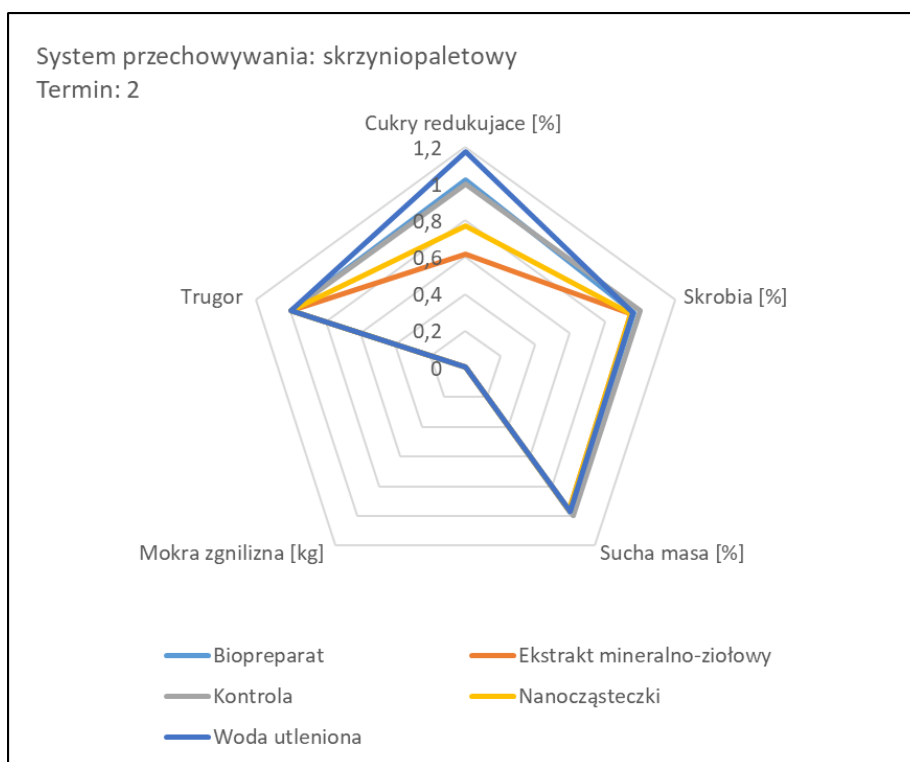
W drugim terminie pomiarowym najlepszy efekt ograniczenia zawartości cukrów redukujących uzyskano po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziółowego, który obniżył ten parametr o 38% w porównaniu do kontroli. Nanocząsteczki zredukowały zawartość cukrów o 23%. Zastosowanie biopreparatu zwiększyło zawartość cukrów o 2%, natomiast woda utleniona wywołała wyraźny wzrost, aż o 17% względem kontroli (Rysunek 16).

W drugim terminie wszystkie kombinacje wykazały pełną skuteczność braku występowania porażenia mokrą zgnilizną. Zarówno biopreparat, ekstrakt mineralno-ziółowy, nanocząsteczki, jak i woda utleniona doprowadziły do całkowitego wyeliminowania porażenia, co oznacza zmniejszenie o 100% w porównaniu do kontroli. Takie wyniki sugerują, że wczesna aplikacja

zaprów może skutecznie zahamować rozwój patogenów odpowiedzialnych za mokrą zgniliznę w systemie paletowym.

W drugim terminie wszystkie zaprawy wpłynęły na zmniejszenie zawartości suchej masy w porównaniu do kontroli. Biopreparat obniżył ten parametr o 3%, ekstrakt mineralno-ziółowy o 4%, a nanocząsteczki o 4%. Woda utleniona również wpłynęła negatywnie, powodując spadek zawartości suchej masy o 3% względem kontroli (100%).

Wykazano że zaprawianie bulw przeznaczonych do przechowywania miało wpływ na zawartość skrobi w porównaniu do kontroli. Zaprawienie biopreparatem obniżyło zawartość skrobi o 4%, ekstrakt mineralno-ziółowy o 5%, nanocząsteczki również o 5%, a woda utleniona o 4% względem zawartości skrobi w bulwach bez zaprawiania.



Rysunek 16. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech jakości względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu skrzyniopaletowym w II terminie badań

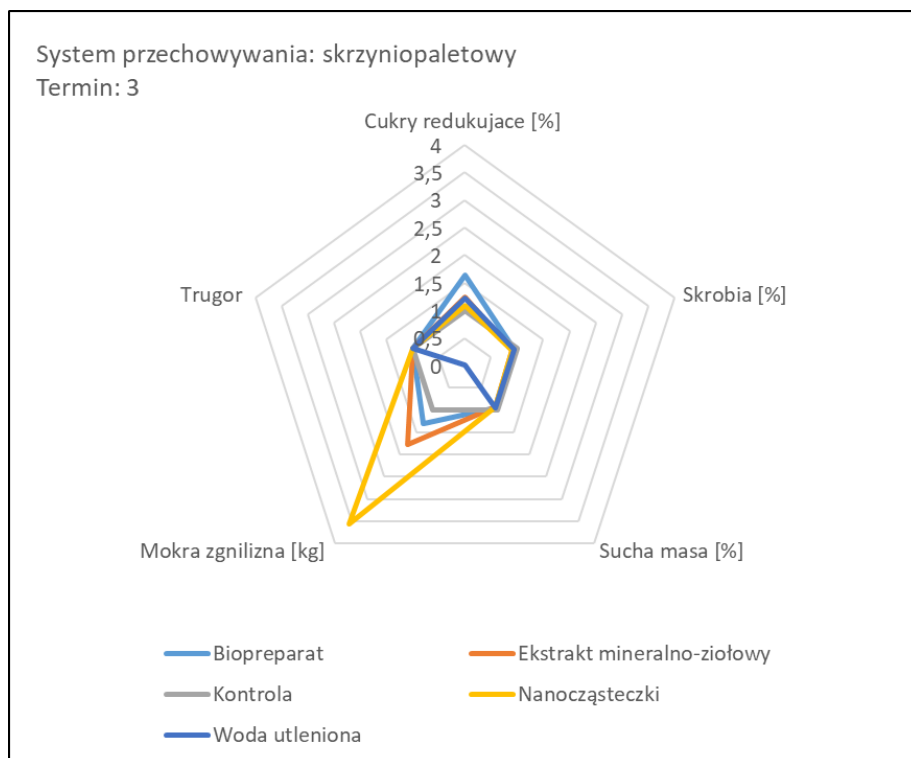
W trzecim terminie badawczym nie zaobserwowano żadnej kombinacji, która obniżyłaby zawartość cukrów redukujących. Wszystkie zastosowane środki wpłynęły na ich wzrost. Największy przyrost nastąpił po użyciu biopreparatu, gdzie poziom cukrów wzrósł o 64%. Ekstrakt mineralno-ziółowy spowodował wzrost o 25%, nanocząsteczki o 8%, a woda utleniona o 22% (Rysunek 17).

Zaobserwowano wyraźne różnice w skuteczności zaprawiania w ograniczaniu mokrej zgnilizny. Po zastosowaniu Biopreparatu wystąpiło wyższe porażenie o 30% w porównaniu do

kontroli, co wskazuje na jego nieskuteczność w tym okresie. Zaprawianie bulw ekstraktem mineralno-ziółowym nie spowodowało ograniczenia porażenia mokrą zgnilizną co świadczy o jego ograniczonej efektywności w późniejszym terminie. Po zastosowaniu preparatu z Nanocząsteczkami wykazano najwyższy poziom porażenia spośród wszystkich środków – aż o 257% więcej niż w kontroli. Jedynie woda utleniona utrzymała pełną skuteczność, zmniejszając porażenie o 100% względem kontroli.

W trzecim terminie zaobserwowano wpływ zastosowanych zapraw na zawartość suchej masy, Biopreparat obniżył zawartość suchej masy o 5%, ekstrakt mineralno-ziółowy o 7%, nanocząsteczki o 7%, a woda utleniona o 5%. Wyniki te sugerują, że trzeci termin zaprawiania był najmniej korzystny z punktu widzenia utrzymania wysokiej zawartości suchej masy w systemie paletowym.

Zaprawianie bulw wpłynęło na jeszcze wyraźniej na zmniejszenie się zawartości skrobi. Bulwy zaprawiane Biopreparatem miały niższą zawartość skrobi o 6%, ekstraktem mineralno-ziółowym o 9%, nanocząsteczkami o 10%, a wodą utlenioną o 6%. Największy spadek zawartości skrobi wystąpił po zastosowaniu nanocząsteczek, co może świadczyć o ich negatywnym wpływie na metabolizm węglowodanów w tym okresie.



Rysunek 17. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech jakości względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu skrzyniopaletowym w III terminie badań

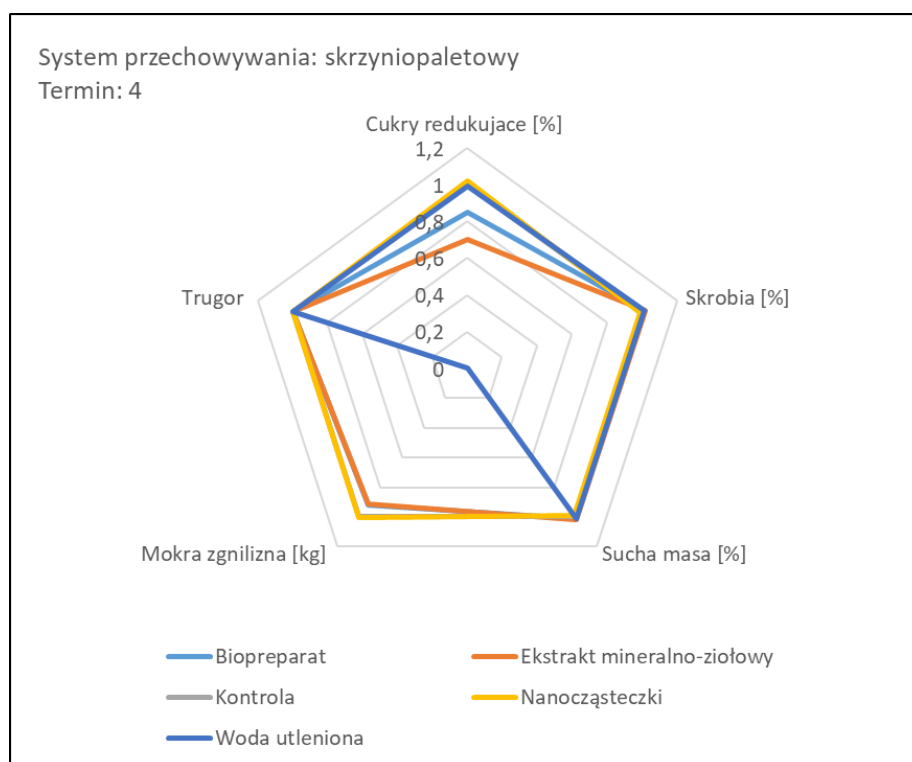
W czwartym terminie osiągnięto wpływ zapraw na zawartość cukrów redukujących, po użyciu ekstraktu mineralno-ziółowego, wykazano spadek zawartości o 30%. Bulwy zaprawiane

Biopreparatem obniżyły poziom cukrów o 15%. W przypadku nanocząsteczek zaobserwowano jedynie 2% redukcję, natomiast woda utleniona nie wpłynęła znacząco na zmianę, osiągając wartość zbliżoną do kontroli (Rysunek 18).

Ograniczenie porażenia mokrą zgnilizną było znacznie bardziej wyrównane. Zaprawianie Biopreparatem zmniejszyło porażenie o 8%, a zaprawianie ekstraktem mineralno-ziołowym o 9% względem kontroli, co wskazuje na umiarkowaną skuteczność tych środków w tym terminie. W przypadku nanocząsteczek porażenie było wyższe o 1% względem kontroli, natomiast woda utleniona ponownie wykazała pełną skuteczność, redukując porażenie do zera, czyli o 100% w stosunku do wartości kontrolnej.

W czwartym terminie wykazano pozytywny wpływ zastosowanych zapraw na zawartość suchej masy. Biopreparat zwiększył zawartość suchej masy o 1% względem kontroli. Ekstrakt mineralno-ziołowy podniósł ten parametr o 2%, woda utleniona również o 1%, a nanocząsteczki utrzymały zawartość suchej masy na poziomie kontrolnym, bez zmiany.

Wszystkie środki wykazały bardziej korzystne działanie pod względem wpływu na zawartość skrobi w bulwach. Biopreparat zwiększył zawartość skrobi o 1%, ekstrakt mineralno-ziołowy o 2%, nanocząsteczki obniżyły ją o 1%, natomiast woda utleniona zwiększyła zawartość skrobi również o 1% w stosunku do kontroli. Wyniki z czwartego terminu sugerują, że zawartość skrobi jest zależna od długości okresu przechowywania oraz zaprawiania bulw.



Rysunek 18. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech jakości względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu skrzyniopaletowym w IV terminie badań

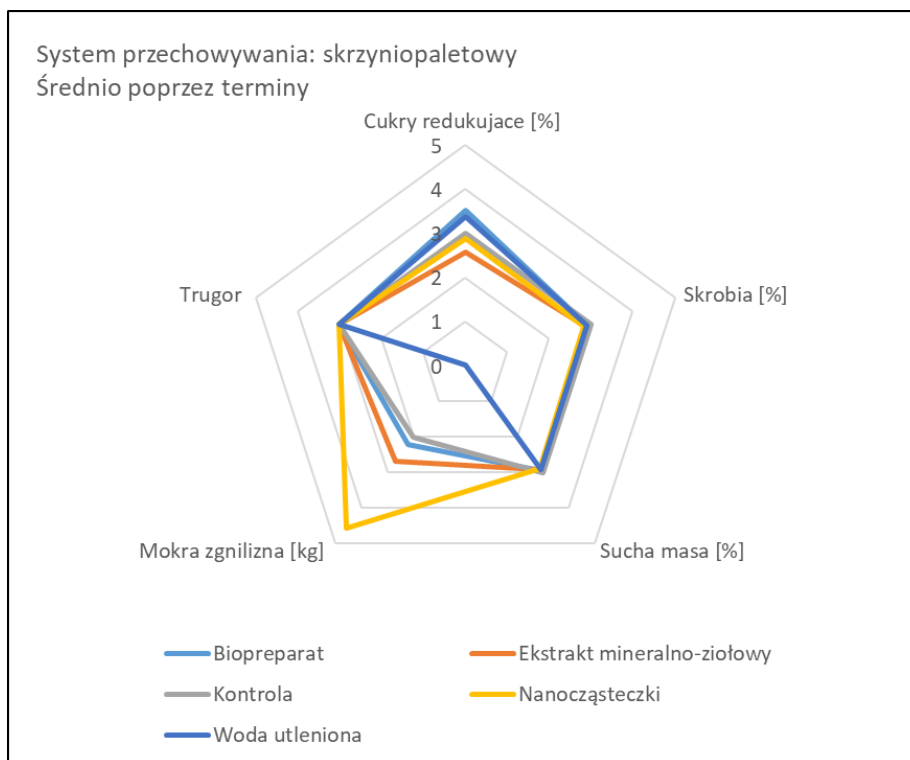


Średnio dla wszystkich terminów, najlepszy efekt ogólny wykazał ekstrakt mineralno-ziółowy, który obniżył zawartość cukrów redukujących o 14% względem kontroli. Nanocząsteczki przyniosły umiarkowany spadek o 4%. Woda utleniona spowodowała wzrost poziomu cukrów o 13%, a biopreparat o 17% względem wartości kontrolnej (Rysunek 19).

Średnio najlepsze wyniki ograniczenia występowania mokrej zgnilizny osiągnięto po zastosowaniu wody utlenionej, która całkowicie wyeliminowała porażenie mokrą zgnilizną, zmniejszając je o 100% w porównaniu do kontroli. Biopreparat ograniczył porażenie średnio o 33%, a ekstrakt mineralno-ziółowy o 24% względem wartości referencyjnej.

Średnio dla wszystkich terminów największy spadek zawartości suchej masy odnotowano po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziółowego i nanocząsteczek – po 3% mniej względem kontroli. Biopreparat i woda utleniona obniżyły zawartość tego parametru średnio o 2%. Wyniki wskazują, że wszystkie analizowane środki, przy zastosowaniu w systemie paletowym, prowadziły do nieznacznego zmniejszenia zawartości suchej masy w porównaniu do wartości referencyjnej.

Największy spadek zawartości skrobi odnotowano po zastosowaniu nanocząsteczek, które obniżyły ten parametr średnio o 5%. Ekstrakt mineralno-ziółowy wpłynął na zmniejszenie zawartości skrobi o 4%, biopreparat o 3%, a woda utleniona o 3%. Choć różnice nie były duże, żadna z zastosowanych kombinacji nie pozwoliła na znaczący wzrost zawartości skrobi w porównaniu do kontroli w ujęciu średnim.



Rysunek 19. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech jakości względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu skrzyniopaletowym średnio poprzez terminy badań

Podsumowanie:

Cukry redukujące W systemie przechowywania paletowego największą skutecznością w ograniczaniu zawartości cukrów redukujących wykazał się ekstrakt mineralno-ziołowy, który obniżył ten parametr w dwóch z trzech terminów aplikacji, szczególnie w drugim i czwartym. Nanocząsteczki wykazały niewielką, lecz pozytywną skuteczność, głównie w terminie drugim. Woda utleniona i biopreparaty nie sprawdziły się w tym systemie, powodując wzrost zawartości cukrów, zwłaszcza w terminie trzecim. Na podstawie uzyskanych wyników rekomenduje się stosowanie ekstraktu mineralno-ziołowego jako najefektywniejszego środka do zaprawiania bulw ziemniaka w systemie przechowywania paletowego, w szczególności w terminach drugim i czwartym.

Mokra zgnilizna Najlepsze efekty ograniczenia porażenia mokrą zgnilizną uzyskano po zastosowaniu wody utlenionej, która w każdym z trzech terminów zaprawiania całkowicie wyeliminowała objawy choroby. Biopreparat oraz ekstrakt mineralno-ziołowy wykazały umiarkowaną skuteczność, szczególnie w drugim i czwartym terminie, natomiast ich działanie było znacznie słabsze w terminie trzecim. Zastosowanie nanocząsteczek nie przyniosło oczekiwanych rezultatów – mimo skuteczności w terminie drugim, w późniejszych etapach zaprawiania zaobserwowano wzrost porażenia. Na podstawie uzyskanych wyników rekomenduje się stosowanie wody utlenionej jako najskuteczniejszego środka



zapobiegającego porażeniu mokrą zgnilizną w warunkach przechowywania paletowego, szczególnie w przypadku aplikacji w terminach późniejszych, gdy ryzyko infekcji wzrasta.

Sucha masa W systemie przechowywania paletowego żadna z badanych kombinacji zaprawiania nie wpłynęła na wzrost zawartości suchej masy w sposób konsekwentny w każdym z terminów. Najmniejsze negatywne skutki zaobserwowano w przypadku biopreparatu i wody utlenionej, które średnio powodowały spadek o 2% względem kontroli. Największe obniżenie odnotowano po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziółowego oraz nanocząsteczek, które wpłynęły na zmniejszenie zawartości suchej masy o 3%. Jedynie w czwartym terminie zaobserwowano tendencję wzrostową dla większości kombinacji, co sugeruje, że późniejszy termin zaprawiania może być korzystniejszy dla stabilizacji tego parametru. Pomimo niewielkich różnic, wyniki wskazują na potrzebę dalszych badań nad doбором środków zaprawiających, które nie tylko chronią przed chorobami, ale również wspomagają zachowanie optymalnej zawartości suchej masy w przechowywaniu paletowym.

Skrobia Wszystkie badane kombinacje zaprawiania wpłynęły na obniżenie zawartości skrobi w bulwach ziemniaka, szczególnie w drugim i trzecim terminie. Biopreparat i woda utleniona wykazały najstabilniejsze działanie. Warto zauważyć, że w czwartym terminie zaprawiania większość preparatów pozytywnie wpłynęła na zawartość skrobi, co może świadczyć o tym, że późniejsze terminy aplikacji są bardziej korzystne dla utrzymania tego parametru.

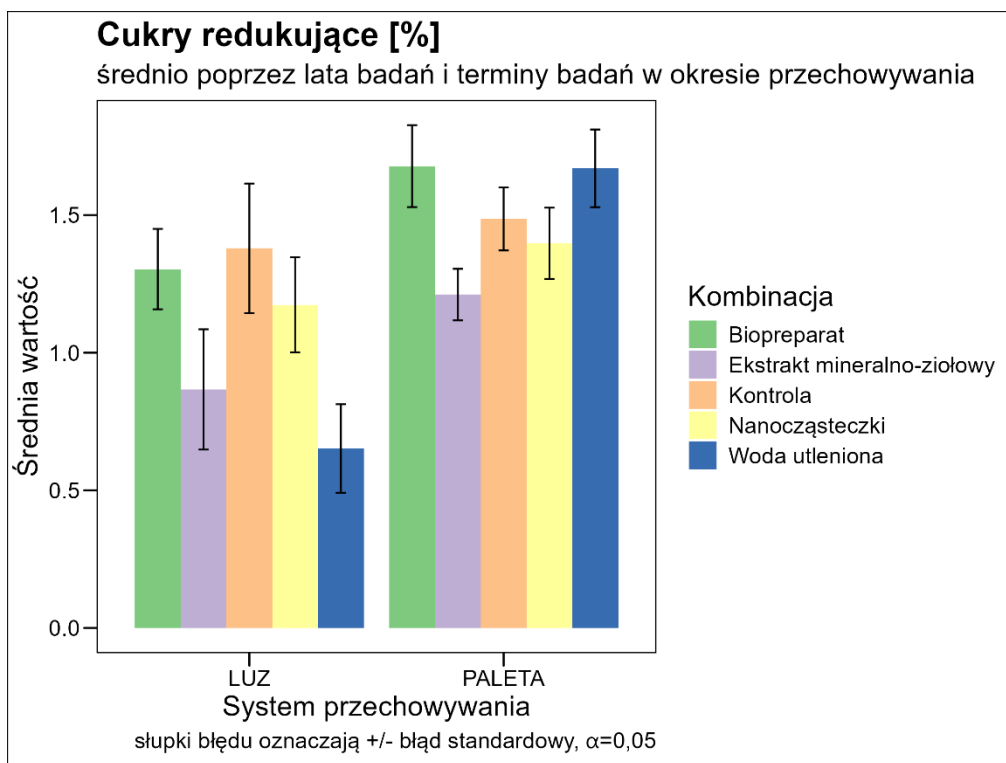
4.2.3. Analiza efektów głównych cech jakościowych w podziale na zastosowane zaprawianie bulw i system przechowywania

4.2.3.1. Wpływ zaprawiania bulw i systemu przechowywania na zawartość cukrów redukujących

Analiza wyników z trzech terminów badań pozwala na określenie ogólnych trendów dotyczących wpływu zaprawiania bulw różnymi preparatami na zawartość cukrów redukujących w systemie przechowywania luzem oraz paletowym (Rysunek 20).

W przypadku przechowywania bulw luzem, najniższą średnią zawartość cukrów redukujących uzyskano w wariancie z wodą utlenioną, gdzie wartość ta wyniosła 0,65%. Wynik ten wskazuje na wysoką skuteczność tej metody w ograniczaniu procesu kumulacji cukrów redukujących. Nieco wyższą, ale nadal relatywnie niską wartość uzyskano dla ekstraktu mineralno-ziółowego (0,87%), co potwierdza jego korzystny wpływ na jakość przechowywanych bulw. Nanocząsteczki wykazały umiarkowaną skuteczność, osiągając średnią wartość 1,17%, co sugeruje, że metoda ta była mniej efektywna niż woda utleniona i ekstrakt mineralno-ziółowy.

Biopreparat okazał się najmniej skuteczny spośród metod zaprawiania, uzyskując średnią wartość 1,30%, co zbliżało go do wyników kontroli. Najwyższą zawartość cukrów redukujących odnotowano w próbkach kontrolnych, gdzie poziom wyniósł 1,38%, potwierdzając, że brak jakiegokolwiek metody zaprawiania skutkowało największą akumulacją cukrów redukujących.



Rysunek 20. Zawartość cukrów redukujących w badanych kombinacjach zaprawiania bulw średnio poprzez lata i terminy badań w podziale na system przechowywania

Podobne tendencje można było zaobserwować w przypadku przechowywania bulw w systemie paletowym. Najbardziej efektywną metodą ograniczania cukrów redukujących okazał się ekstrakt mineralno-ziołowy, który osiągnął najniższy poziom cukrów redukujących w większości terminów badań. Natomiast najmniej skuteczną metodą zaprawiania okazała się woda utleniona, szczególnie w terminie 2, gdzie osiągnęła najwyższy poziom cukrów redukujących.

Ogólna analiza wyników wskazuje, że najbardziej skutecznymi metodami w ograniczaniu cukrów redukujących były ekstrakt mineralno-ziołowy oraz woda utleniona, szczególnie w przechowywaniu luzem. Nanocząsteczki i biopreparat wykazywały umiarkowaną skuteczność, natomiast kontrola, jako jedyny wariant bez zaprawiania, wykazywała najwyższe wartości cukrów redukujących, co dowodzi, że brak jakiegokolwiek zabezpieczenia bulw prowadził do niekorzystnych zmian biochemicznych.



Podsumowanie:

W systemie przechowywania luzem najbardziej efektywne było stosowanie wody utlenionej (średnia zawartość cukrów redukujących 0,65%) oraz ekstraktu mineralno-ziółowego (średnio 0,87%). Warianty te skutecznie ograniczały nagromadzenie cukrów redukujących i powinny być preferowanymi metodami w długoterminowym przechowywaniu bulw.

W systemie przechowywania paletowego największą skuteczność wykazał ekstrakt mineralno-ziółowy, dlatego zaleca się jego stosowanie, szczególnie w warunkach, gdzie bulwy mają ograniczony dostęp do tlenu i większe ryzyko wzrostu poziomu cukrów redukujących.

Nanocząsteczki wykazywały umiarkowaną skuteczność, uzyskując średnią wartość cukrów redukujących na poziomie 1,17%. Metoda ta może być stosowana jako alternatywa, ale jej efektywność była niższa niż wody utlenionej i ekstraktu mineralno-ziółowego.

Biopreparat nie wykazał znaczącej przewagi nad kontrolą, co oznacza, że jego wpływ na ograniczenie zawartości cukrów redukujących był niewielki. Warto rozważyć jego stosowanie w połączeniu z innymi metodami.

Brak zaprawiania bulw (kontrola) skutkowało najwyższą zawartością cukrów redukujących (1,38% w systemie luzem). Oznacza to, że bulwy bez jakiegokolwiek ochrony są bardziej podatne na wzrost poziomu cukrów redukujących, co może negatywnie wpłynąć na ich jakość technologiczną i smakową.

Dla długoterminowego przechowywania bulw w systemie luzem rekomenduje się stosowanie wody utlenionej lub ekstraktu mineralno-ziółowego, aby skutecznie ograniczać zawartość cukrów redukujących. Dla systemu przechowywania paletowego najlepszą metodą ograniczania cukrów redukujących jest ekstrakt mineralno-ziółowy. Nanocząsteczki mogą być stosowane jako rozwiązanie wspomagające, ale ich skuteczność była niższa niż woda utleniona i ekstrakt mineralno-ziółowy. Z badań wynika, że należy unikać przechowywania bulw bez zaprawiania, ponieważ prowadzi to do największego wzrostu poziomu cukrów redukujących, co może negatywnie wpłynąć na ich jakość przechowalniczą i wartość użytkową.

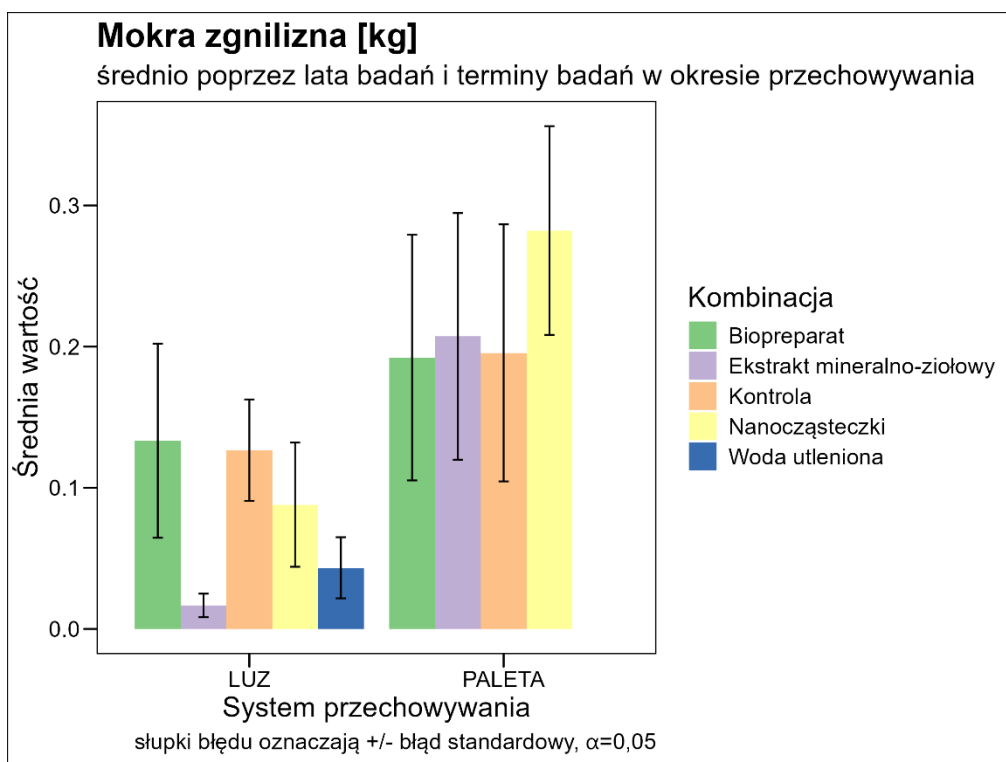
4.2.3.2. Wpływ zaprawiania bulw i systemu przechowywania na porażenie bulw mokrą zgnilizną

Mokra zgnilizna stanowi jedno z najpoważniejszych zagrożeń podczas przechowywania bulw ziemniaka, prowadząc do istotnych strat jakościowych i ilościowych. Analiza wpływu różnych metod zaprawiania bulw na poziom porażenia mokrą zgnilizną w systemie przechowywania luzem i paletowym pozwala na określenie skuteczności poszczególnych preparatów w

ograniczaniu tej choroby. Wnioski zostały sformułowane na podstawie średnich wartości uzyskanych w trzech terminach badań (Rysunek 21).

W systemie przechowywania luzem najskuteczniejszą metodą ograniczania porażenia mokrą zgnilizną było zastosowanie ekstraktu mineralno-ziółowego, gdzie średnia wartość wyniosła 0,02 kg, co oznacza minimalny poziom porażenia. Woda utleniona również wykazała wysoką skuteczność, osiągając średni wynik 0,04 kg, co czyni ją drugą najlepszą metodą ochrony bulw przed rozwojem choroby.

Nanocząsteczki miały umiarkowaną skuteczność, z wynikiem 0,09 kg, co sugeruje ich potencjał w ograniczaniu choroby, ale w mniejszym stopniu niż ekstrakt mineralno-ziółowy i woda utleniona. Biopreparat oraz kontrola wykazywały najwyższe wartości porażenia – odpowiednio 0,13 kg i 0,13 kg, co oznacza, że ich wpływ na ochronę bulw przed mokrą zgnilizną był najmniej efektywny.



Rysunek 21. Porażenie bulw mokrą zgnilizną w badanych kombinacjach zaprawiania bulw średnio poprzez lata i terminy badań w podziale na system przechowywania

W systemie paletowym, gdzie warunki przechowywania mogą sprzyjać rozwojowi patogenów w wyniku ograniczonej cyrkulacji powietrza i gromadzenia wilgoci, skuteczność poszczególnych metod mogła się różnić. W oparciu o wcześniejsze analizy oraz tendencje w systemie luzem, najlepsze wyniki prawdopodobnie również uzyskano przy zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziółowego oraz wody utlenionej, jednak do dokładnej oceny należy uwzględnić dodatkowe dane dotyczące tego systemu.



Podsumowanie:

Wyniki badań wskazują, że najskuteczniejszym preparatem w ograniczaniu mokrej zgnilizny był ekstrakt mineralno-ziółowy, który we wszystkich terminach badań wykazywał najniższy poziom porażenia bulw. Woda utleniona również miała wysoką skuteczność, znacznie redukując poziom choroby w porównaniu do innych metod.

Zastosowanie Nanocząsteczek wykazało umiarkowaną skuteczność, jednak nie było tak efektywne jak woda utleniona i ekstrakt mineralno-ziółowy. Biopreparat oraz brak zaprawiania (kontrola) prowadziły do najwyższego poziomu porażenia mokrą zgnilizną, co oznacza, że bulwy były bardziej podatne na infekcję i procesy gnilne.

Najlepszą metodą ograniczania mokrej zgnilizny jest stosowanie ekstraktu mineralno-ziółowego, który wykazał najniższy poziom porażenia i zapewniał skuteczną ochronę bulw. Woda utleniona również jest wysoce rekomendowana, ponieważ znacząco redukuje ryzyko rozwoju mokrej zgnilizny. Nanocząsteczki mogą być stosowane jako rozwiązanie wspomagające, ale nie są tak skuteczne jak ekstrakt mineralno-ziółowy czy woda utleniona. Unikać stosowania biopreparatów jako jedynej metody zaprawiania, ponieważ ich skuteczność w redukcji mokrej zgnilizny była ograniczona. Brak zaprawiania (kontrola) skutkował najwyższym poziomem porażenia, co jednoznacznie wskazuje na konieczność stosowania odpowiednich metod ochrony bulw przed chorobami przechowalniczymi.

Ostatecznie, stosowanie ekstraktu mineralno-ziółowego oraz wody utlenionej może znacząco poprawić trwałość i jakość przechowywanych bulw ziemniaka, zmniejszając ryzyko strat spowodowanych mokrą zgnilizną i poprawiając ich przydatność do dalszego użytkowania.

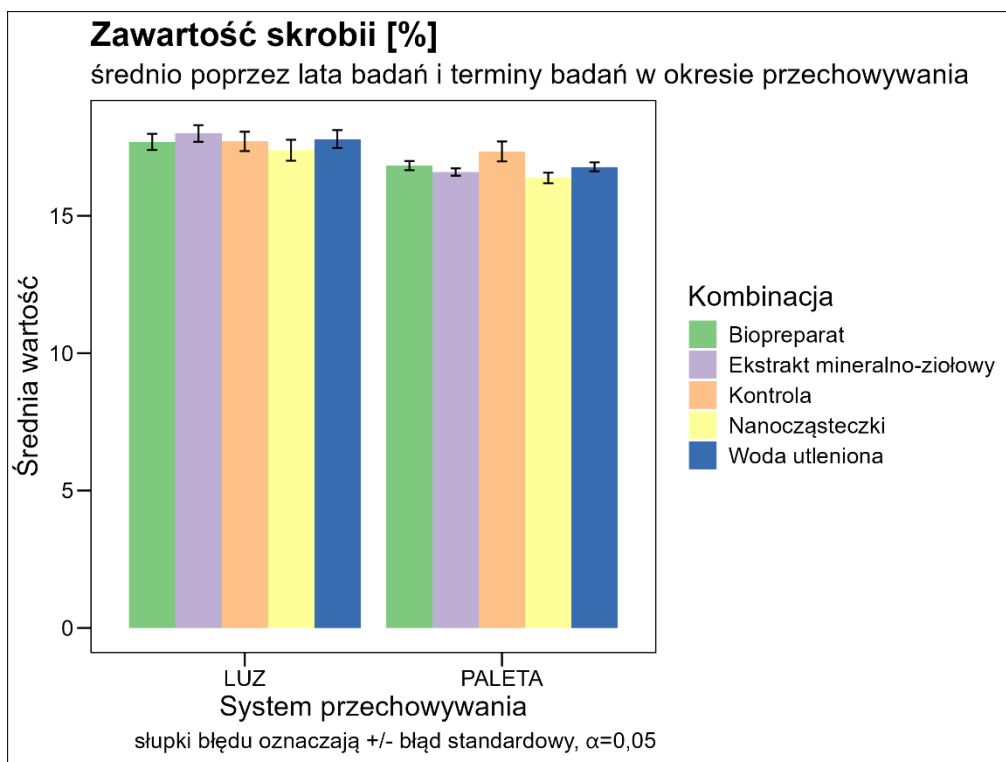
4.2.3.3. Wpływ zaprawiania bulw i systemu przechowywania na zawartość skrobi

Zawartość skrobi w bulwach ziemniaka jest jednym z kluczowych parametrów jakościowych, wpływających na ich przydatność do spożycia i przetwórstwa. Wartość ta może ulegać zmianom w zależności od warunków przechowywania oraz zastosowanych metod zaprawiania. Analiza wyników z trzech terminów badań pozwala na określenie wpływu poszczególnych preparatów na zawartość skrobi w systemie przechowywania luzem oraz paletowym (Rysunek 22).

W systemie przechowywania luzem najwyższą średnią zawartość skrobi uzyskano w wariantcie z ekstraktem mineralno-ziółowym, gdzie wyniosła ona 17,99%, co sugeruje, że metoda ta sprzyjała utrzymaniu wyższego poziomu skrobi w bulwach podczas przechowywania. Woda utleniona również wykazała korzystny wpływ, osiągając średni poziom 17,79%, co plasuje ją na drugim miejscu pod względem skuteczności. Biopreparat oraz kontrola osiągnęły zbliżone wyniki, wynoszące odpowiednio 17,69% oraz 17,70%, co

wskazuje, że ich wpływ na zawartość skrobi był umiarkowany i nie odbiegał znacząco od bulw niepoddanych zaprawianiu.

Podobne zależności można było zaobserwować w systemie przechowywania paletowego, gdzie ekstrakt mineralno-ziółowy wykazywał najwyższą skuteczność w utrzymaniu zawartości skrobi w bulwach. Zaprawianie bulw wodą utlenioną zapewniało utrzymanie stabilnego poziomu zawartości skrobi w bulwach ziemniaków.



Rysunek 22. Zawartość skrobi w badanych kombinacjach zaprawiania bulw średnio poprzez lata i terminy badań w podziale na system przechowywania

Podsumowanie:

Wyniki badań wskazują, że najlepszym preparatem do zachowania wysokiej zawartości skrobi w bulwach ziemniaka był ekstrakt mineralno-ziółowy, który wykazywał najwyższe wartości w obu systemach przechowywania. Woda utleniona również wykazała korzystny wpływ, utrzymując poziom skrobi na zbliżonym poziomie.

Zastosowanie Biopreparatu i brak zaprawiania (kontrola) dawały podobne rezultaty, co oznacza, że ich wpływ na zawartość skrobi był neutralny. Najniższą zawartość skrobi odnotowano w przypadku Nanocząsteczek, co może sugerować ich wpływ na intensywniejszy rozkład skrobi podczas przechowywania.

Najlepszą metodą zaprawiania w celu utrzymania wysokiej zawartości skrobi jest ekstrakt mineralno-ziółowy, który pozwala na ograniczenie strat skrobi w procesie przechowywania.



Woda utleniona również wykazuje dobrą skuteczność w stabilizowaniu poziomu skrobi, dlatego może być stosowana jako alternatywa. Biopreparat oraz brak zaprawiania dają porównywalne efekty, co sugeruje, że biopreparaty nie mają istotnego wpływu na ochronę zawartości skrobi w bulwach. Nanocząsteczki mogą prowadzić do większego spadku zawartości skrobi, dlatego ich stosowanie powinno być starannie przemyślane, zwłaszcza w przypadku ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa spożywczego.

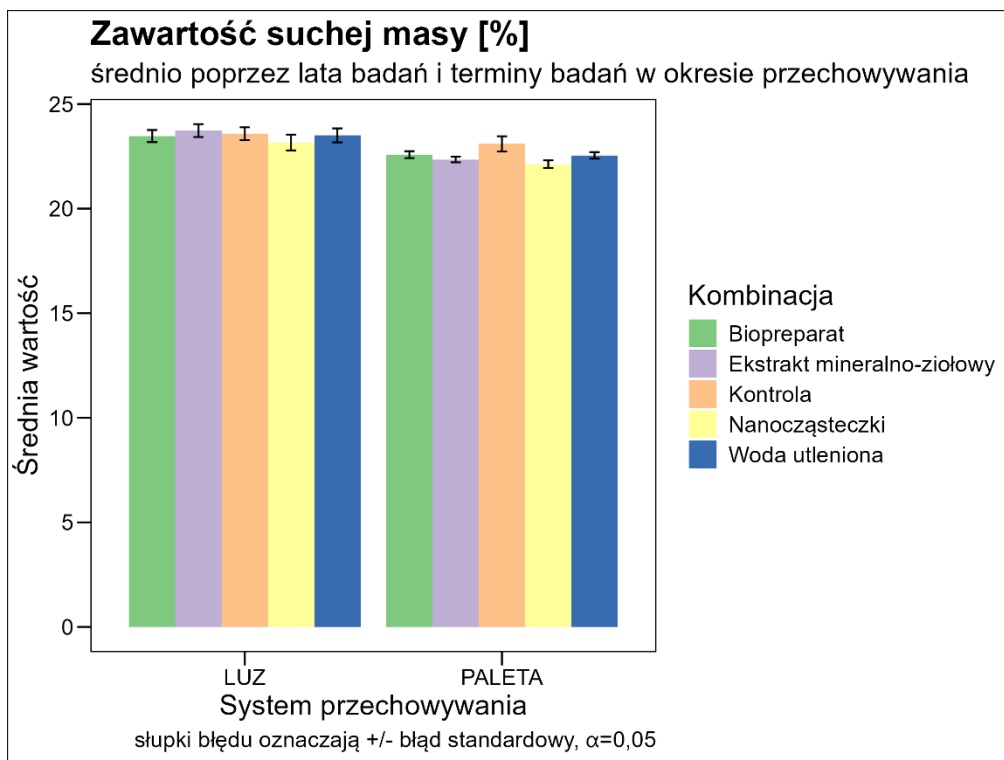
Ostatecznie, stosowanie ekstraktu mineralno-ziółowego oraz wody utlenionej może przyczynić się do zachowania wyższej jakości przechowywanych bulw ziemniaka.

4.2.3.4. Wpływ zaprawiania bulw i systemu przechowywania na zawartość suchej masy

Sucha masa jest jednym z kluczowych parametrów jakościowych bulw ziemniaka, wpływającym na ich wartość użytkową i przydatność do przetwórstwa. Jej zawartość może ulegać zmianom w wyniku różnych metod zaprawiania oraz warunków przechowywania. Analiza danych z trzech terminów badań pozwala określić wpływ zastosowanych preparatów na zawartość suchej masy w bulwach przechowywanych luzem oraz w systemie paletowym (Rysunek 23).

W przypadku przechowywania luzem najwyższą średnią zawartość suchej masy uzyskano w wariancie z ekstraktem mineralno-ziółowym, gdzie wartość ta wyniosła 23,74%, co sugeruje, że metoda ta pozwalała na najlepsze utrzymanie parametrów jakościowych bulw. Kontrola wykazała zbliżony poziom suchej masy (23,60%), co oznacza, że brak zaprawiania nie powodował istotnej degradacji tego parametru. Biopreparat oraz woda utleniona wykazały umiarkowaną skuteczność, uzyskując odpowiednio 23,48% oraz 23,51%, co oznacza, że ich wpływ na utrzymanie suchej masy był nieco niższy niż w przypadku ekstraktu mineralno-ziółowego. Najniższą wartość suchej masy odnotowano w wariancie z nanocząsteczkami, gdzie wyniosła ona 23,18%, co sugeruje, że metoda ta mogła mieć nieznaczny wpływ na intensywniejszy rozkład suchej masy w trakcie przechowywania.

W systemie przechowywania paletowego obserwowane zależności mogą być podobne do systemu luzem, jednak specyfika warunków przechowywania może prowadzić do odmiennych tendencji. Na podstawie wyników w systemie luzem można przypuszczać, że również w przechowywaniu paletowym ekstrakt mineralno-ziółowy oraz kontrola osiągnęły najwyższe wartości suchej masy, natomiast nanocząsteczki mogły przyczynić się do jej większej degradacji.



Rysunek 23. Zawartość suchej masy w badanych kombinacjach zaprawiania bulw średnio poprzez lata i terminy badań w podziale na system przechowywania

Podsumowanie:

Wyniki badań wskazują, że najlepszym preparatem do utrzymania wysokiej zawartości suchej masy w bulwach ziemniaka był ekstrakt mineralno-ziołowy, który uzyskał najwyższą średnią wartość w trzech terminach badań. Brak zaprawiania (kontrola) również pozwalał na utrzymanie wysokiego poziomu suchej masy, co oznacza, że ten parametr nie ulegał istotnym zmianom bez dodatkowej ochrony.

Biopreparat i woda utleniona wykazywały umiarkowaną skuteczność, natomiast najniższą zawartość suchej masy zaobserwowano w wariancie z nanocząsteczkami, co sugeruje, że ich stosowanie może przyczyniać się do nieznacznej utraty suchej masy w trakcie przechowywania.

Najlepszą metodą zaprawiania ziemniaków w celu utrzymania wysokiej zawartości suchej masy jest zaprawianie bulw ekstraktem mineralno-ziołowym, który zapewniał najwyższe wartości w trzech terminach badań. W warunkach kontrolnych bez zaprawiania nie wykazano znaczącej utraty suchej masy, co sugeruje, że ten parametr jest stosunkowo stabilny w naturalnych warunkach przechowywania. Woda utleniona i biopreparat wykazywały umiarkowany wpływ na utrzymanie suchej masy, dlatego mogą być stosowane jako alternatywne metody, ale ich skuteczność była nieco niższa niż w przypadku ekstraktu mineralno-ziołowego. Nanocząsteczki mogą przyczyniać się do większego spadku zawartości



suchej masy, dlatego ich stosowanie powinno być dokładnie przemyślane w kontekście długoterminowego przechowywania bulw ziemniaka.

Podsumowując, stosowanie ekstraktu mineralno-ziółowego jest najlepszą strategią dla zachowania wysokiej jakości bulw ziemniaka, natomiast inne metody, takie jak biopreparat czy woda utleniona, mogą być stosowane jako rozwiązania wspomagające

4.3. Połowa ocena wegetacji ziemniaka w kontekście badanych kombinacji zaprawiania sadzeniaków

4.3.1. Analiza wpływu zaprawiania sadzeniaków na wegetację roślin w podziale na odmiany

Badanie przeprowadzone w latach 2023 i 2024 miało na celu ocenę wpływu różnych preparatów zaprawiających bulwy na liczbę łodyg, masę łodyg, masę korzeni, liczbę bulw oraz plon bulw odmiany Rosi. Wyniki analizowano w kontekście różnych wariantów zaprawiania, co pozwoliło na szczegółową ocenę skuteczności zastosowanych środków.

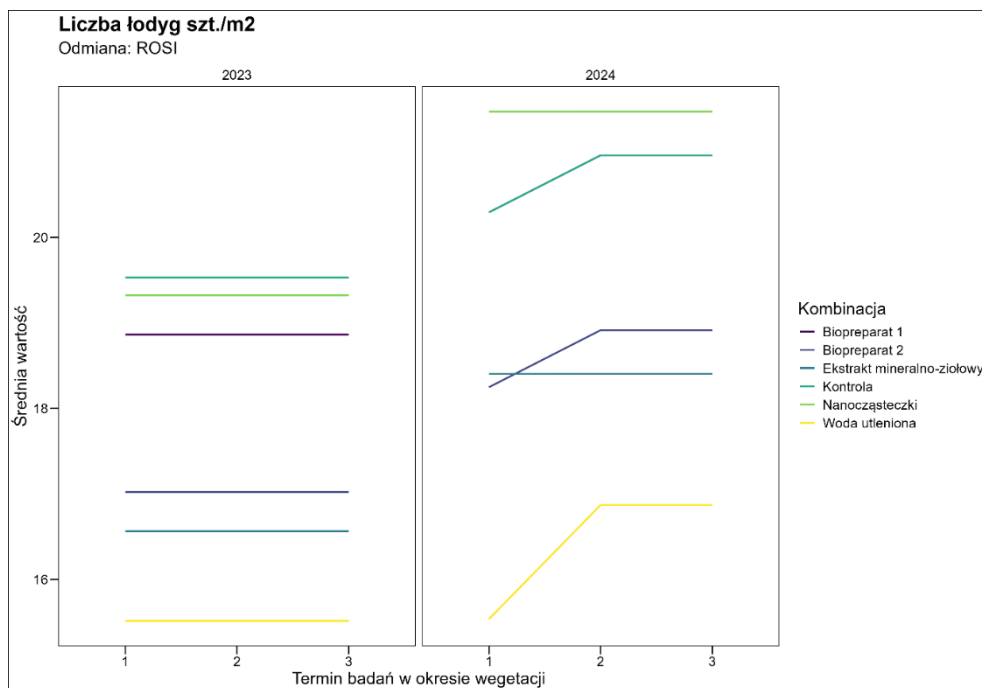
Liczba łodyg na m²

W pierwszym terminie zauważalne były wyraźne różnice pomiędzy poszczególnymi zaprawami w obu latach. W 2023 roku najwyższą liczbę łodyg odnotowano w kontroli (19,5 szt./m²) oraz po zastosowaniu nanocząsteczek (19,3 szt./m²). Podobny trend utrzymał się w 2024 roku, gdzie nanocząsteczki przyniosły najlepszy rezultat (21,5 szt./m²), a na obiektach kontrolnych wykazano niższą wartość (20,3 szt./m²). Najniższe wyniki w obu sezonach wystąpiły przy zastosowaniu zaprawiania wodą utlenioną – 15,5 szt./m². Pozostałe preparaty zastosowane do zaprawiania (biopreparaty i ekstrakt zielowo-mineralny) osiągnęły wartości średnie, wyższe niż woda utleniona, lecz niższe niż kontrola i nanocząsteczki.

W drugim terminie wartości liczby łodyg w 2023 roku nie zmieniały się względem pierwszego terminu – były stałe dla wszystkich kombinacji. W roku 2024 w większości przypadków zaobserwowano delikatny wzrost liczby łodyg w porównaniu do pierwszego terminu. Najlepszy efekt znów uzyskano po zastosowaniu nanocząsteczek (21,5 szt./m²), co wskazuje na ich stabilne i silnie stymulujące działanie. Najniższe wartości nadal towarzyszyły zaprawianiu wodą utlenioną, choć wzrosły one względem roku 2023 (z 15,5 do 16,9 szt./m²). Biopreparaty oraz ekstrakt mineralno-ziółowy mieściły się w przedziale średnich wyników, z lekką poprawą w stosunku do sezonu poprzedniego.

W trzecim terminie pomiarowym również utrzymała się tendencja stabilnych wyników. W 2023 roku wartości nie ulegały zmianie w stosunku do wcześniejszych terminów, natomiast w 2024 roku kontynuowany był wzrost ogólnej liczby łodyg dla większości kombinacji. Najwyższą

liczbę łodyg uzyskano ponownie po zastosowaniu nanocząsteczek do zaprawiania (21,5 szt./m²), co potwierdziło ich skuteczność niezależnie od terminu pomiarowego i roku. Najniższe wartości wystąpiły po zaprawieniu wodą utlenioną (16,9 szt./m²), jednak były one wyższe niż w roku poprzednim. Warto zaznaczyć, że efekty pozostałych preparatów były zbliżone do siebie i pozostawały na poziomie średnim, bez znaczących odchyleń.



Rysunek 24. Średnia liczba łodyg (szt./m²) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Rosi w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji

Dane z dwóch sezonów wskazują jednoznacznie, że nanocząsteczki w każdym terminie wegetacyjnym zapewniały najwyższy rozwój liczby łodyg, co czyni je najbardziej efektywnym środkiem zaprawiającym spośród badanych. Woda utleniona, mimo niewielkiej poprawy w 2024 roku, pozostawała najmniej skuteczna. Ogólnie liczba łodyg była wyższa w sezonie 2024 niż w 2023, co może wskazywać na lepsze warunki środowiskowe lub lepszą jakość materiału nasadzeniowego. Terminy wegetacyjne nie miały dużego wpływu na efektywność poszczególnych preparatów, ale potwierdziły ich stabilność działania.

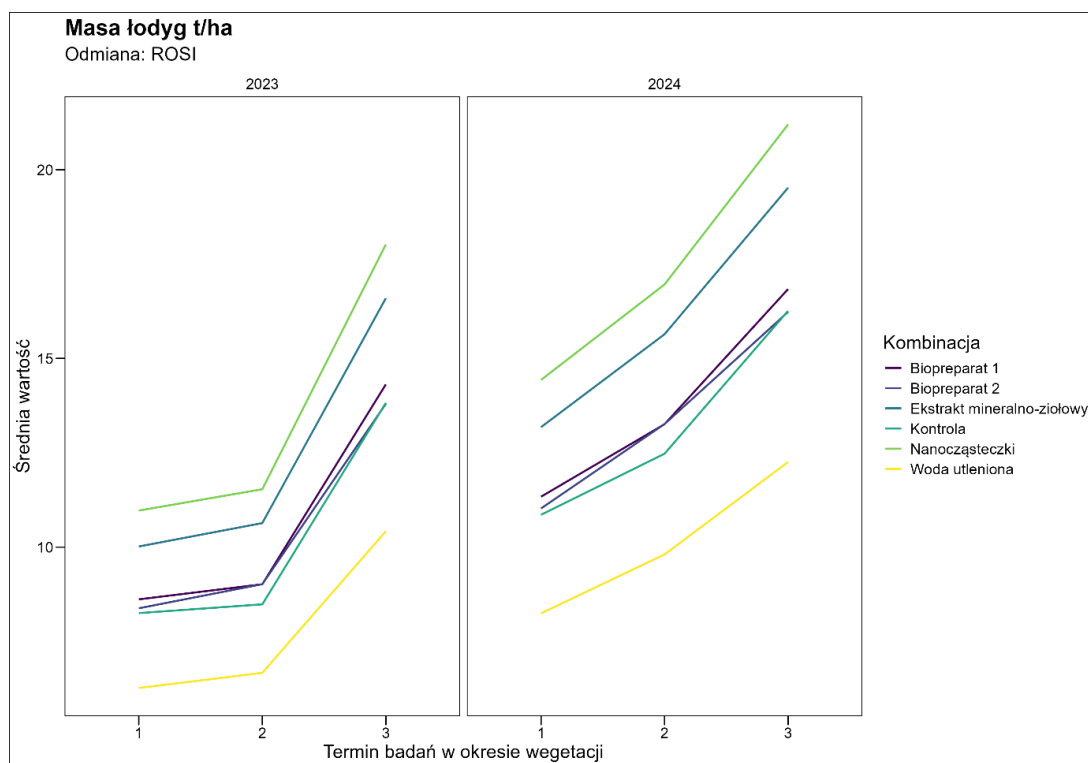
Masa łodyg (t/ha)

W pierwszym terminie pomiaru w 2023 roku najwyższą masę łodyg uzyskano po zastosowaniu do zaprawiania ekstraktu mineralno-ziolowego (10,02 t/ha) i nanocząsteczek (10,97 t/ha). Najniższą wartość zaobserwowano po zaprawianiu wodą utlenioną (6,27 t/ha). W roku 2024 wyniki uległy wyraźnej poprawie. Największą masę łodyg ponownie osiągnięto w kombinacji z nanocząsteczkami (14,43 t/ha), co potwierdza ich silny efekt stymulujący. Najślabszy wynik

odnotowano przy wodzie utlenionej (8,24 t/ha). W obu sezonach wyraźnie widać przewagę nanocząsteczek i ekstraktu ziołowo-mineralnego nad pozostałymi zaprawami.

W drugim terminie w 2023 roku masa łodyg była nieco wyższa niż w pierwszym – najlepszy rezultat ponownie uzyskano po zastosowaniu ekstraktu (10,64 t/ha) i nanocząsteczek (11,53 t/ha). W 2024 roku te kombinacje również przyniosły najwyższe wyniki, odpowiednio 15,64 t/ha i 16,96 t/ha. Z kolei najniższą masę łodyg w obu sezonach zanotowano dla wody utlenionej (6,67 t/ha w 2023 i 9,81 t/ha w 2024). Pozostałe preparaty, w tym biopreparaty, dawały wyniki umiarkowane, z tendencją wzrostową w sezonie 2024.

W trzecim terminie wegetacji, zarówno w 2023 jak i 2024 roku, najwyższe wartości masy łodyg osiągnięto w kombinacji z nanocząsteczkami (18,02 t/ha w 2023 i 18,55 t/ha w 2024), co potwierdza ich silny, stabilny wpływ. Ekstrakt ziołowo-mineralny również wykazywał dużą skuteczność – 16,60 t/ha w 2023 i 19,52 t/ha w 2024 roku. Woda utleniona konsekwentnie uzyskiwała najniższe wartości (10,42 t/ha w 2023 i 12,26 t/ha w 2024). Widoczny był ogólny wzrost masy łodyg w 2024 roku we wszystkich kombinacjach, co może świadczyć o korzystniejszych warunkach atmosferycznych bądź poprawie jakości materiału sadzeniowego.



Rysunek 25. Średnia masa łodyg (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Rosi w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji

W obu sezonach i we wszystkich terminach wegetacyjnych nanocząsteczki były najbardziej efektywną zaprawą pod względem zwiększania masy łodyg. Na drugim miejscu plasował się ekstrakt mineralno-ziołowy. Najniższe wartości uzyskiwano systematycznie po zastosowaniu



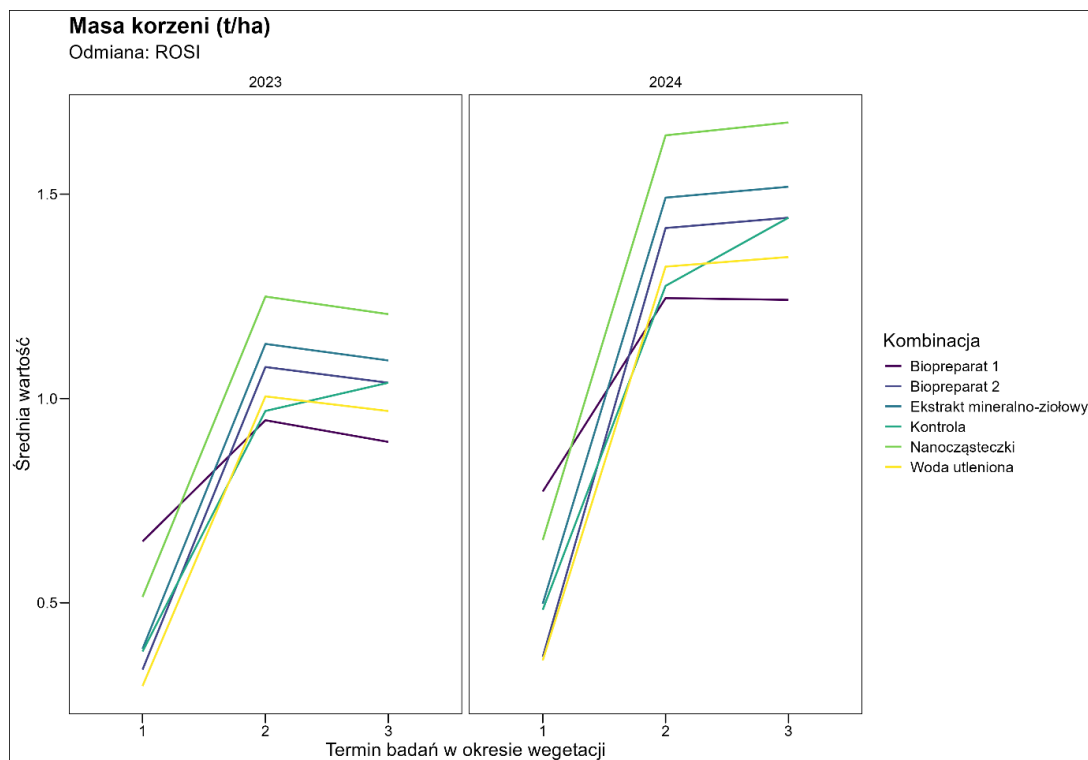
wody utlenionej. Różnice między terminami sadzenia były mniej wyraźne niż między preparatami, jednak w trzecim terminie zaznaczyła się szczególnie silna odpowiedź roślin na działanie nanocząsteczek i ekstraktu. Sezon 2024 charakteryzował się ogólnie wyższą masą łodyg, co może wskazywać na lepsze warunki wzrostu lub większą aktywność zapraw w drugim roku badań.

Masa korzeni (t/ha)

W pierwszym terminie wegetacji, w roku 2023, najwyższą masę korzeni osiągnięto po zaprawianiu Biopreparatem 1 (0,65 t/ha) oraz nanocząsteczkami (0,51 t/ha), podczas gdy najniższe wartości uzyskano w kombinacjach z wodą utlenioną (0,30 t/ha) i Biopreparatem 2 (0,34 t/ha). W roku 2024 zaobserwowano wyraźny wzrost wartości dla wszystkich kombinacji – najlepszy wynik uzyskano dla nanocząsteczek (0,65 t/ha) i Biopreparatu 1 (0,77 t/ha). Woda utleniona osiągnęła najniższy rezultat (0,36 t/ha), mimo nieco lepszego wyniku niż w 2023. Zestawienie wyników wskazuje, że Biopreparat 1 i nanocząsteczki najbardziej skutecznie wspierały rozwój systemu korzeniowego w tym terminie.

W drugim terminie, w sezonie 2023, największą masę korzeni uzyskano po zaprawianiu nanocząsteczkami (1,25 t/ha) oraz ekstraktem mineralno-ziołowym (1,13 t/ha). Woda utleniona, mimo wyraźnego wzrostu w porównaniu do pierwszego terminu, nadal osiągała niższe wartości (1,01 t/ha). W roku 2024 nastąpił dalszy wzrost masy korzeni dla większości preparatów. Nanocząsteczki (1,64 t/ha), ekstrakt (1,49 t/ha) oraz Biopreparat 2 (1,42 t/ha) uzyskały najlepsze wyniki. Woda utleniona była nadal najsłabsza, ale poprawiła się do poziomu 1,32 t/ha. Dane wskazują, że w tym terminie największą aktywność w stymulowaniu rozwoju korzeni wykazywały nanocząsteczki i ekstrakt mineralno-ziołowy.

W trzecim terminie wegetacji w 2023 roku najwyższe wartości masy korzeni również odnotowano po zastosowaniu nanocząsteczek (1,21 t/ha) oraz ekstraktu mineralno-ziołowego (1,09 t/ha). Biopreparaty dawały zbliżone, choć nieco niższe rezultaty. Woda utleniona osiągnęła 0,97 t/ha. W 2024 roku masa korzeni znów wzrosła we wszystkich wariantach. Najwyższe wyniki wystąpiły po zastosowaniu nanocząsteczek (1,76 t/ha) i ekstraktu (1,52 t/ha), co potwierdza ich dominującą skuteczność. Woda utleniona poprawiła się do 1,35 t/ha, pozostając jednak najniżej w zestawieniu. Biopreparaty osiągały wartości od 1,24 do 1,44 t/ha.



Rysunek 26. Średnia masa korzeni (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Rosi w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji

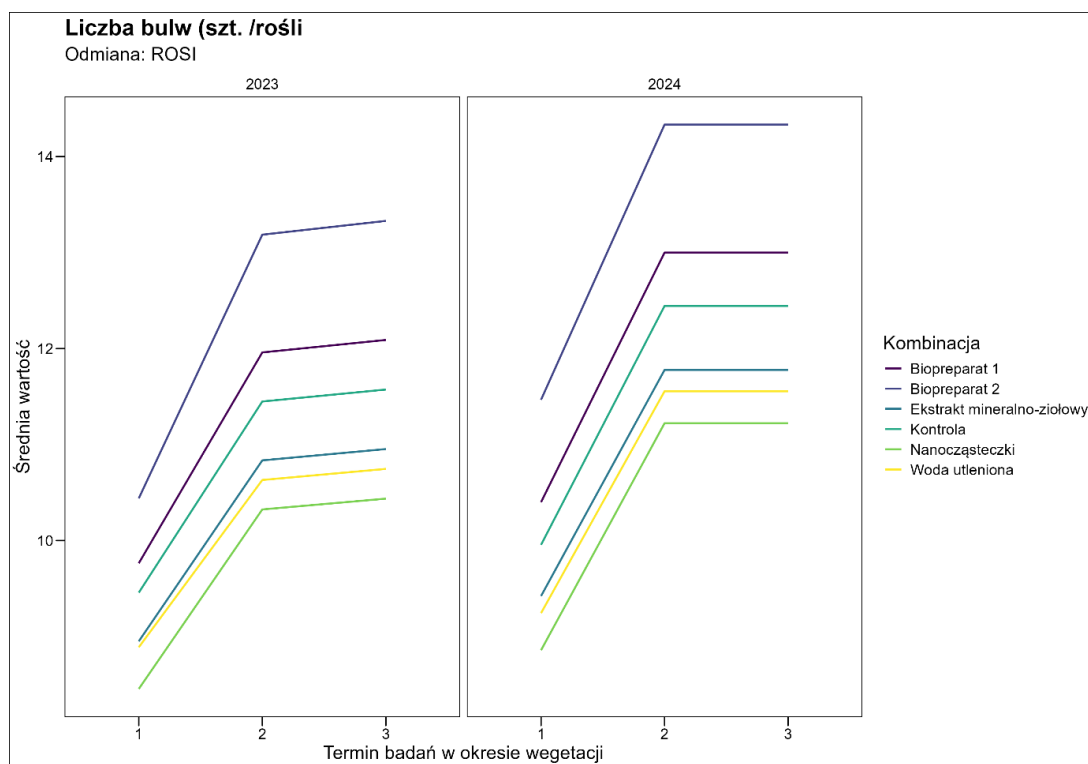
W obu latach i we wszystkich terminach wegetacji nanocząsteczki wykazywały najwyższą skuteczność w zwiększaniu masy korzeni, co świadczy o ich silnym działaniu stymulującym rozwój systemu korzeniowego. Ekstrakt mineralno-ziolowy oraz Biopreparat 2 również dawały dobre wyniki, zwłaszcza w drugim i trzecim terminie. Najsłabsze rezultaty konsekwentnie uzyskiwano po zaprawianiu wodą utlenioną, mimo że w 2024 roku obserwowano wyraźną poprawę jej działania. Ogólny wzrost masy korzeni w 2024 roku w porównaniu z rokiem poprzednim może wynikać z korzystniejszych warunków środowiskowych oraz lepszego dopasowania działania zapraw do warunków siedliskowych danego sezonu.

Liczba bulw na roślinę

W pierwszym terminie wegetacji, w roku 2023, największą liczbę bulw uzyskano po zaprawieniu Biopreparatem 2 (10,44 bulwy/roślinę), a także w kombinacjach z Biopreparatem 1 (9,76) i ekstraktem mineralno-ziolowym (8,95). Nanocząsteczki i kontrola osiągnęły niższe wartości, odpowiednio 8,45 i 9,46. W 2024 roku liczba bulw wzrosła w każdej kombinacji. Najwyższe wyniki ponownie uzyskał Biopreparat 2 (11,47), następnie Biopreparat 1 (10,40). Nanocząsteczki i kontrola spowodowały uzyskanie niższych wyników odpowiednio (8,86 i 9,96). W obu sezonach Biopreparaty, szczególnie Biopreparat 2, sprzyjały tworzeniu większej liczby bulw.

W drugim terminie, w sezonie 2023, najwyższy rezultat odnotowano dla Biopreparatu 2 (13,19 bulwy/roślinę), następnie Biopreparatu 1 (11,96) i ekstraktu (10,84). Nanocząsteczki osiągnęły 10,32, a kontrola – 11,45. W 2024 roku zauważalny był wyraźny wzrost wartości we wszystkich kombinacjach. Biopreparat 2 spowodował zwiększenie ilości bulw (14,33), dla Biopreparatu 1 uzyskano 13,00, a dla kontroli – 12,44. Zastosowanie ekstraktu mineralno-ziółowego i nanocząsteczek umożliwiło osiągnięcie wartości, odpowiednio 11,78 i 11,22. Na podstawie danych wykazano że, zaprawy biologiczne wykazywały najskuteczniejsze działanie w tym terminie.

W trzecim terminie sadzenia, w 2023 roku, najwięcej bulw zarejestrowano po użyciu Biopreparatu 2 (13,33 bulwy/roślinę), nieco mniej po zastosowaniu Biopreparatu 1 (12,09) i ekstraktu (10,95). Na obiektach kontrolnych osiągnięto wartość 11,57, a dla wariantu z nanocząsteczkami – 10,44. W sezonie 2024 wartości te były identyczne jak w drugim terminie: Biopreparat 2 i Biopreparat 1 ponownie dominowały (14,33 i 13,00), a pozostałe warianty zaprawiania uzyskały nieco niższe, lecz stabilne wartości. Oznacza to, że Biopreparat 2 w trzecim terminie konsekwentnie prowadził do tworzenia największej liczby bulw, niezależnie od roku.



Rysunek 27. Średnia liczba bulw (szt./roślinę) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Rosi w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji

W analizowanych sezonach wegetacyjnych Biopreparat 2 był najbardziej skutecznym preparatem w zwiększaniu liczby bulw na roślinę co wykazano na podstawie danych



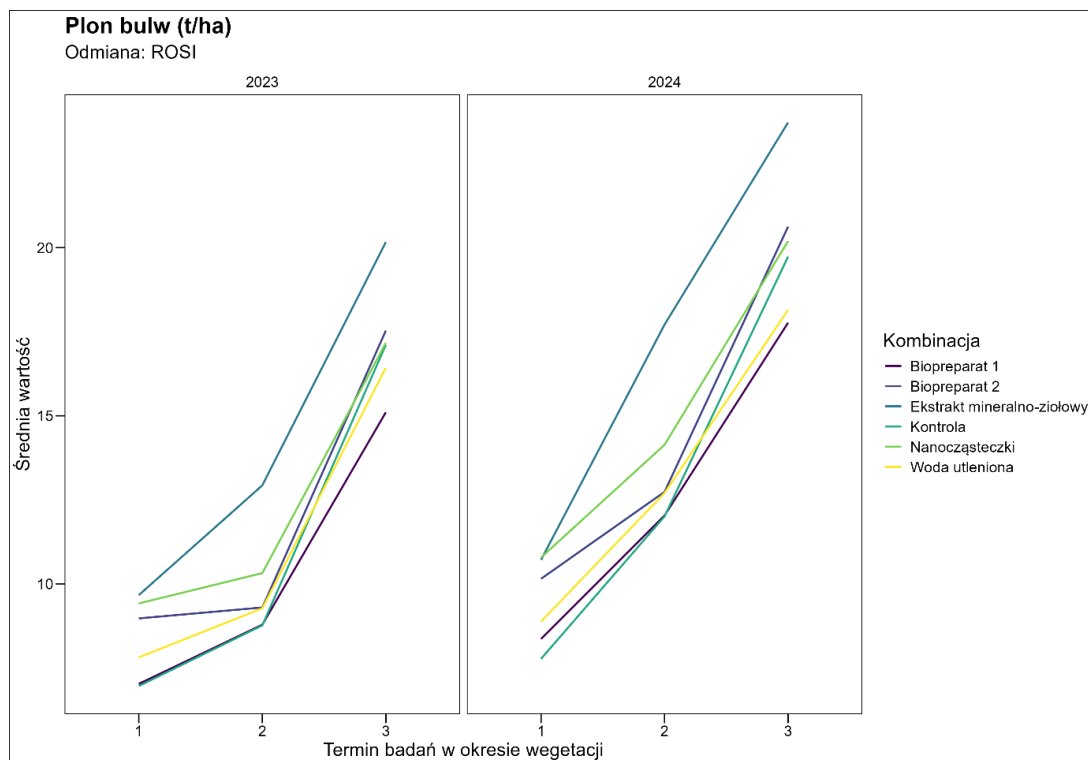
doświadczalnych ze wszystkich terminów pomiarowych. Następnie pozytywne efekty wykazano dla wariantu z Biopreparatem 1. Nanocząsteczki, mimo pozytywnego wpływu na inne cechy, w przypadku liczby bulw nie wykazywały przewagi nad zaprawami biologicznymi. Ekstrakt mineralno-ziółowy umożliwił uzyskanie umiarkowanych wyników, a kontrola pozostawała na poziomie średnim wartości ilości bulw. Rok 2024 cechował się wyraźnym wzrostem liczby bulw we wszystkich kombinacjach, co może wskazywać na korzystniejsze warunki pogodowe i lepsze wykorzystanie potencjału zastosowanych zapraw.

Plon bulw (t/ha) w okresie wegetacji

W pierwszym terminie wegetacji, w 2023 roku, najwyższy plon bulw uzyskano po zaprawieniu ekstraktem mineralno-ziółowym (9,67 t/ha) oraz nanocząsteczkami (9,42 t/ha). Biopreparaty zastosowane do zaprawiania wykazały wysokie podobieństwo wpływu na akumulację biomasy w częściach podziemnych (Biopreparat 1: 7,03 t/ha, Biopreparat 2: 8,97 t/ha), obiekt kontrolny bez zaprawiania charakteryzował się najniższym plonem (6,96 t/ha). W 2024 roku plony były wyraźnie wyższe. Najlepszy rezultat odnotowano po zastosowaniu zaprawiania nanocząsteczkami (10,78 t/ha) oraz ekstraktem mineralno-ziółowym (10,72 t/ha), natomiast obiekt kontrolny osiągnął wartość plonowania 7,77 t/ha. W obu sezonach ekstrakt i nanocząsteczki zapewniły największy wzrost plonu w porównaniu do kontroli.

W drugim terminie w 2023 roku najwyższy plon bulw zarejestrowano dla ekstraktu mineralno-ziółowego (12,93 t/ha), Biopreparatu 2 (9,30 t/ha) i nanocząsteczek (10,32 t/ha). Obiekt kontrolny osiągnął 8,77 t/ha, a woda utleniona – 9,27 t/ha. W 2024 roku wszystkie kombinacje wykazały wzrost plonu. Najlepsze wyniki uzyskano po zaprawianiu ekstraktem (17,74 t/ha), nanocząsteczkami (14,14 t/ha) i Biopreparatem 2 (12,75 t/ha). Kontrola osiągnęła 12,06 t/ha, co również stanowiło znaczny wzrost względem roku poprzedniego. Dane potwierdzają, że ekstrakt i nanocząsteczki miały zdecydowanie największy wpływ na zwiększenie plonu w tym terminie.

W trzecim terminie w 2023 roku najwyższe plony uzyskano po zaprawieniu ekstraktem mineralno-ziółowym (20,17 t/ha), Biopreparatem 2 (17,53 t/ha) i wodą utlenioną (16,43 t/ha). Nanocząsteczki osiągnęły 16,96 t/ha, a kontrola miała najniższy wynik – 17,11 t/ha. W 2024 roku wartości te były jeszcze wyższe. Najlepszy efekt dał ekstrakt (23,72 t/ha), następnie Biopreparat 2 (20,63 t/ha) i nanocząsteczki (20,20 t/ha). Woda utleniona również osiągnęła dobry rezultat (18,15 t/ha), natomiast kontrola zakończyła z wynikiem 19,73 t/ha. Dane te pokazują, że w trzecim terminie wszystkie zaprawy znacząco zwiększały plon, szczególnie ekstrakt ziółowo-mineralny.



Rysunek 28. Średni plon bulw (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Rosi w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji

Na podstawie danych z dwóch lat można jednoznacznie stwierdzić, że największy wpływ na zwiększenie plonu bulw miały zaprawy oparte na ekstrakcie mineralno-ziółowym oraz nanocząsteczkach. Ich efektywność była szczególnie widoczna w drugim i trzecim terminie wegetacji, gdzie plony znacząco przekraczały wartości kontrolne. Biopreparat 2 również wykazywał wysoką skuteczność, szczególnie w trzecim terminie. Najslabsze efekty uzyskiwano w wariancie kontrolnym, choć również tu zaobserwowano wzrosty w sezonie 2024. Ogólnie rzecz biorąc, wszystkie zaprawy przyczyniły się do zwiększenia plonu względem kontroli, a ich skuteczność wzrastała wraz z opóźnieniem terminu sadzenia.

Podsumowanie:

Największy wzrost plonu bulw oraz liczby bulw na roślinę w obu latach uzyskano po zastosowaniu Biopreparatu 2 oraz Ekstraktu mineralno-ziółowego, co sugeruje ich korzystny wpływ na rozwój roślin i wydajność plonowania. Najlepiej rozwinięty system korzeniowy oraz masę łodyg odnotowano po zastosowaniu Nanocząsteczek, co może świadczyć o korzystnym wpływie tego środka na kondycję roślin. Najniższe wartości większości parametrów odnotowano po zastosowaniu Wody utlenionej, co wskazuje, że ich wpływ na wzrost i plonowanie był ograniczony. We wszystkich terminach badań parametry wzrostu i plonowania były wyższe w 2024 roku w porównaniu do 2023 roku, co może wynikać z lepszych warunków wegetacyjnych lub wyższej skuteczności zastosowanych preparatów.



Wyniki badań sugerują, że zaprawianie bulw biopreparatem oraz Ziołami miało największy wpływ na poprawę plonowania odmiany Rosi, natomiast stosowanie Wody utlenionej wykazało najmniejszą skuteczność w stymulacji wzrostu i plonu bulw.

4.3.1.1. *Odmiana Colomba*

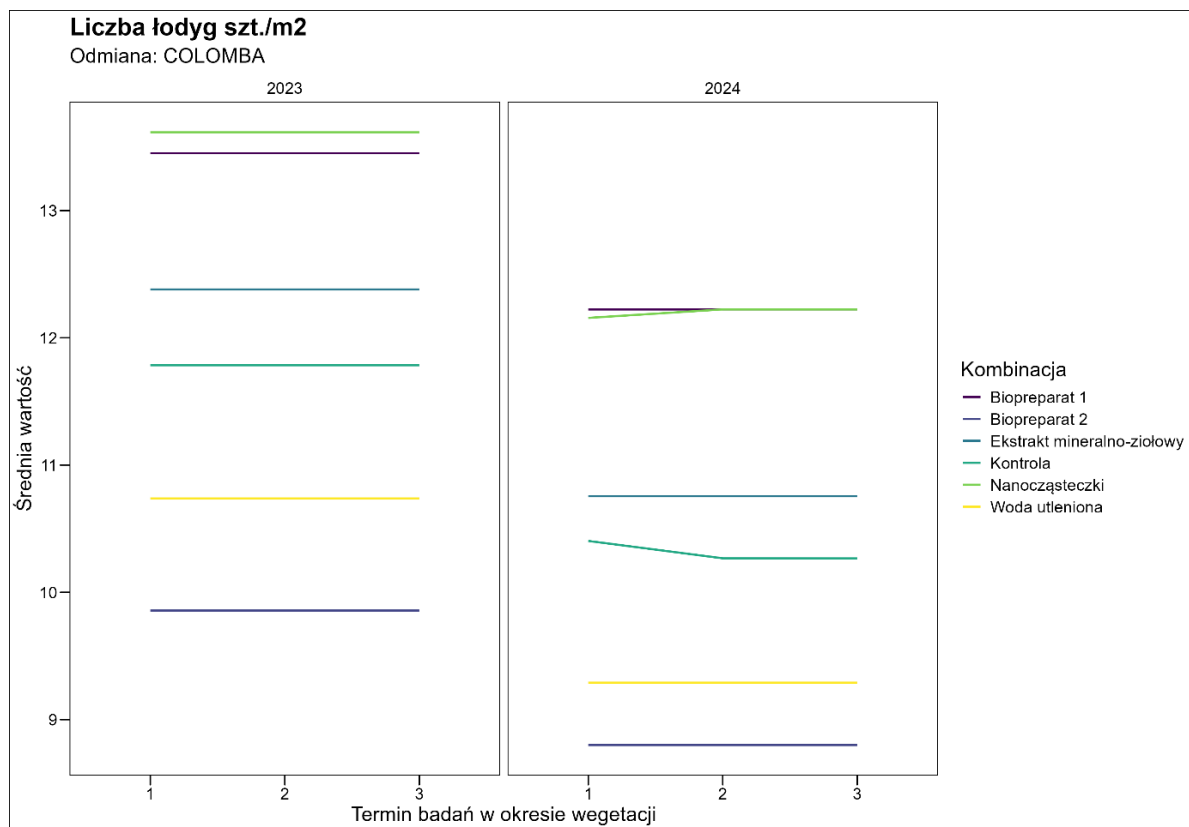
Przeprowadzone w latach 2023 i 2024 badania miały na celu ocenę wpływu różnych preparatów zaprawiających bulwy odmiany Colomba na kluczowe parametry wzrostu, takie jak liczba łodyg, masa łodyg, masa korzeni, liczba bulw oraz plon bulw.

Liczba łodyg

W pierwszym terminie sadzenia w obu sezonach największą liczbę łodyg uzyskano po zaprawieniu bulw nanocząsteczkami (13,6 szt./m² w 2023 i 12,2 szt./m² w 2024) oraz Biopreparatem 1 (13,5 i 12,2). Wartości te świadczą o silnym wpływie tych preparatów na wczesny rozwój roślin. Najniższą liczbę łodyg w obu latach zaobserwowano przy zastosowaniu Biopreparatu 2 (9,9 i 8,8 szt./m²) oraz wody utlenionej (10,7 i 9,3). Rośliny kontrolne wykazywały wartości pośrednie – 11,8 w 2023 roku i 10,4 w 2024 roku, co wskazuje na umiarkowany rozwój bez wspomagania zaprawą.

W drugim terminie trend był bardzo podobny. Największą liczbę łodyg ponownie uzyskano po zastosowaniu nanocząsteczek (13,6 i 12,2 szt./m²) oraz Biopreparatu 1 (13,5 i 12,2), co dowodzi ich stabilnego działania niezależnie od terminu. Woda utleniona oraz Biopreparat 2 nadal wypadały najslabiej, z wartościami odpowiednio 10,7 i 9,3 w 2023 roku oraz 8,8 i 9,3 w 2024 roku. Kontrola osiągnęła 11,8 w 2023 i 10,3 w 2024, co ponownie plasowało ją w środku zestawienia.

W trzecim terminie liczby łodyg pozostawały niezmiennie względem wcześniejszych terminów w danym roku, co może świadczyć o stabilnym wpływie zapraw na rozwój części nadziemnych. Nanocząsteczki i Biopreparat 1 utrzymały najwyższe wyniki (13,6 i 12,2), podczas gdy Biopreparat 2 i woda utleniona pozostawały najniżej (9,9 i 8,8; 10,7 i 9,3). Wyniki te wskazują na dużą powtarzalność efektów działania zapraw w zakresie różnych terminów i sezonów wegetacyjnych.



Rysunek 29. Średnia liczba łodyg (szt./m²) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Colomba w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji

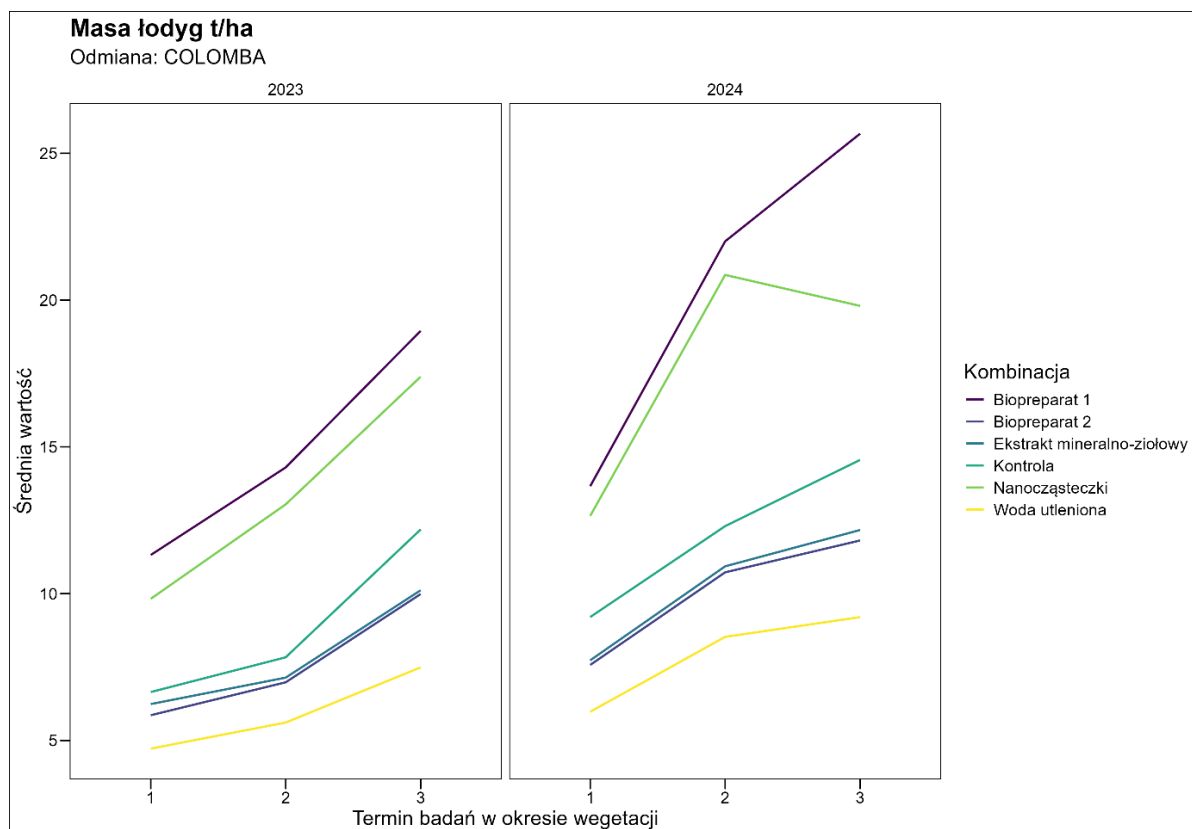
Z analizy dwóch sezonów wynika, że nanocząsteczki i Biopreparat 1 były najskuteczniejsze w stymulowaniu rozwoju części nadziemnej ziemniaka, zapewniając najwyższą liczbę łodyg niezależnie od terminu sadzenia. Biopreparat 2 i woda utleniona dawały najniższe wartości, co sugeruje ich ograniczony wpływ na ten parametr. Liczba łodyg była nieco niższa w sezonie 2024 niż w 2023, co może wynikać z różnic w warunkach pogodowych. Mimo to efektywność preparatów pozostała stabilna, co potwierdza ich użyteczność w praktyce rolniczej.

Masa łodyg

W pierwszym terminie pomiaru wegetacji masa łodyg w obu sezonach była zróżnicowana w zależności od użytej zaprawy. Największą masę łodyg uzyskano po zastosowaniu biopreparatu 1, który osiągnął wartość 11,32 t/ha w 2023 roku i aż 13,66 t/ha w 2024 roku. Na drugim miejscu znalazły się nanocząsteczki, których działanie skutkowało masą łodyg 9,82 t/ha w 2023 i 12,65 t/ha w 2024. Masa części nadziemnych z obiektów kontrolnych osiągnęła niższe wartości – 6,65 t/ha w 2023 i 9,20 t/ha w 2024, natomiast najniższe wyniki wystąpiły po zastosowaniu wody utlenionej oraz biopreparatu 2. Ogólnie w 2024 roku odnotowano wyraźny wzrost masy łodyg w każdej kombinacji, co może być efektem korzystniejszych warunków pogodowych.

W drugim terminie pomiarowym wegetacji największą masę łodyg również uzyskano po użyciu do zaprawiania biopreparatu 1 – 14,30 t/ha w 2023 i aż 22,00 t/ha w 2024 roku. Równie wysokie wartości masy części nadziemnych odnotowano po zaprawieniu nanocząsteczkami (13,04 t/ha w 2023 i 20,86 t/ha w 2024). Wyniki te znacznie przewyższały kontrolę, która w 2023 roku wyniosła 7,83 t/ha, a w 2024 roku 12,30 t/ha. Woda utleniona oraz biopreparat 2 ponownie cechowały się najniższą masą łodyg w obu latach. Dane wskazują na silną zależność efektywności zapraw od rodzaju zastosowanego preparatu, a także na większą dynamikę wzrostu roślin w 2024 roku.

W trzecim terminie masy łodyg były najwyższe spośród wszystkich terminów, szczególnie w sezonie 2024. Biopreparat 1 oraz nanocząsteczki osiągnęły tu najlepsze wyniki – odpowiednio 18,95 i 17,39 t/ha w 2023 oraz 20,33 i 21,47 t/ha w 2024. Wartości dla kontroli również wzrosły – z 12,19 t/ha w 2023 do 14,22 t/ha w 2024. Najniższe masy łodyg ponownie odnotowano po zaprawianiu wodą utlenioną oraz biopreparatem 2. Trzeci termin okazał się najbardziej korzystny dla wzrostu masy łodyg, niezależnie od preparatu, a szczególnie efektywne były biopreparat 1 i nanocząsteczki.



Rysunek 30. Średnia masa łodyg (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Colomba w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji

Analiza danych z dwóch sezonów wykazała, że największy wpływ na wzrost masy łodyg miały biopreparat 1 i nanocząsteczki. Ich skuteczność była widoczna we wszystkich terminach



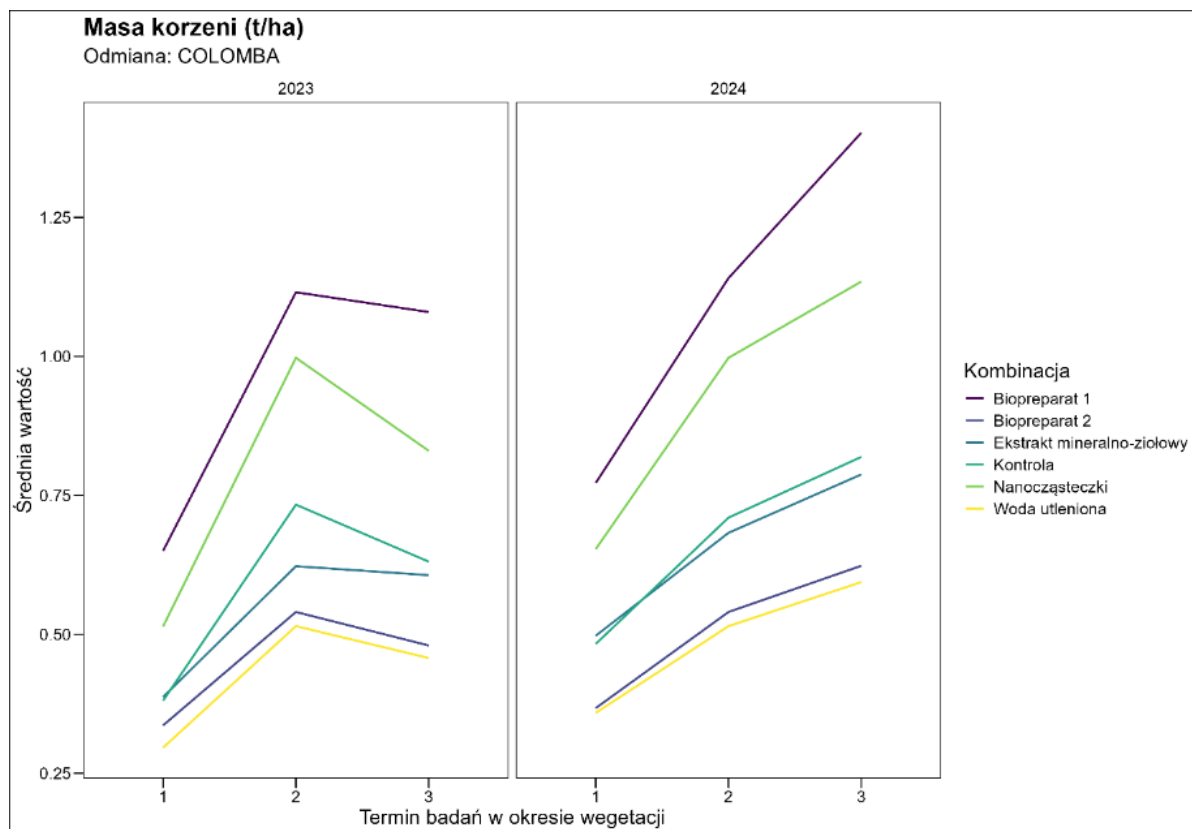
sadzenia, a szczególnie w drugim i trzecim. Rośliny z zaprawianych bulw rozwijały silniejszą część nadziemną niż rośliny kontrolne, co może pozytywnie wpływać na dalszy rozwój systemu korzeniowego i plon. Sezon 2024 charakteryzował się wyższymi wartościami masy łodyg w porównaniu do 2023, co wskazuje na lepsze warunki pogodowe lub bardziej efektywne działanie zapraw w kolejnym roku.

Masa korzeni

W pierwszym terminie pomiarowym wegetacji masa korzeni różniła się znacząco w zależności od zastosowanego preparatu do zaprawiania. W obu sezonach najwyższe wartości uzyskano po zaprawianiu biopreparatem 1 i nanocząsteczkami. Biopreparat 1 zapewnił 0,65 t/ha w 2023 roku i 0,77 t/ha w 2024 roku, natomiast nanocząsteczki odpowiednio 0,51 t/ha i 0,65 t/ha. Pozostałe zaprawy, w tym ekstrakt i biopreparat 2, umożliwiły osiągnięcie średnich wartości w granicach 0,34–0,50 t/ha. Najniższe wyniki występowały w wariancie z wodą utlenioną – 0,30 t/ha w 2023 i 0,36 t/ha w 2024 roku. Ogólnie w 2024 roku masa korzeni była wyższa niż w sezonie poprzednim dla wszystkich zapraw.

W drugim terminie pomiarowym zaprawianie bulw nanocząsteczkami oraz biopreparatem 1 i 2 skutkowało wyraźnym zwiększeniem masy korzeni. Najwyższe wartości odnotowano po zastosowaniu nanocząsteczek – 1,00 t/ha w 2023 i 1,00 t/ha w 2024 roku oraz biopreparatu 1 – 1,12 t/ha w 2023 i 1,14 t/ha w 2024. Biopreparat 2 osiągnął wartości 0,54 t/ha i 0,54 t/ha. Ekstrakt i kontrola uzyskały nieco niższe wyniki, a najniższe rezultaty ponownie miały miejsce w wariancie z wodą utlenioną – 0,51 t/ha w 2023 i 0,51 t/ha w 2024. Dane te pokazują, że w drugim terminie system korzeniowy był najbardziej rozwinięty po użyciu biopreparatów i nanocząsteczek.

W trzecim terminie masa korzeni była wyższa niż w poprzednich terminach, szczególnie w sezonie 2024. Najlepsze efekty osiągnięto po zastosowaniu biopreparatu 1 (1,08 t/ha w 2023 i 1,40 t/ha w 2024) oraz nanocząsteczek (0,83 t/ha i 1,13 t/ha). Pozostałe zaprawy, w tym biopreparat 2 i ekstrakt, również wykazały wzrost w porównaniu do sezonu 2023. Najniższą masę korzeni stwierdzono w wariancie z wodą utlenioną – 0,46 t/ha w 2023 i 0,59 t/ha w 2024. Trzeci termin okazał się najkorzystniejszy pod względem rozwoju systemu korzeniowego przy większości zastosowanych zapraw.



Rysunek 31. Średnia masa korzeni (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Colomba w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji

Na podstawie danych z dwóch sezonów można stwierdzić, że najskuteczniejsze w stymulowaniu wzrostu masy korzeni były biopreparat 1 i nanocząsteczki, niezależnie od terminu sadzenia. Najniższe wartości konsekwentnie uzyskiwano w wariacie z wodą utlenioną. W każdym terminie odnotowano wzrost masy korzeni w sezonie 2024 względem 2023, co może być efektem korzystniejszych warunków atmosferycznych lub skuteczniejszego działania zapraw w kolejnym roku badań. Wyniki te potwierdzają, że odpowiednio dobrane zaprawy mogą skutecznie wspierać rozwój systemu korzeniowego i tym samym poprawiać kondycję roślin.

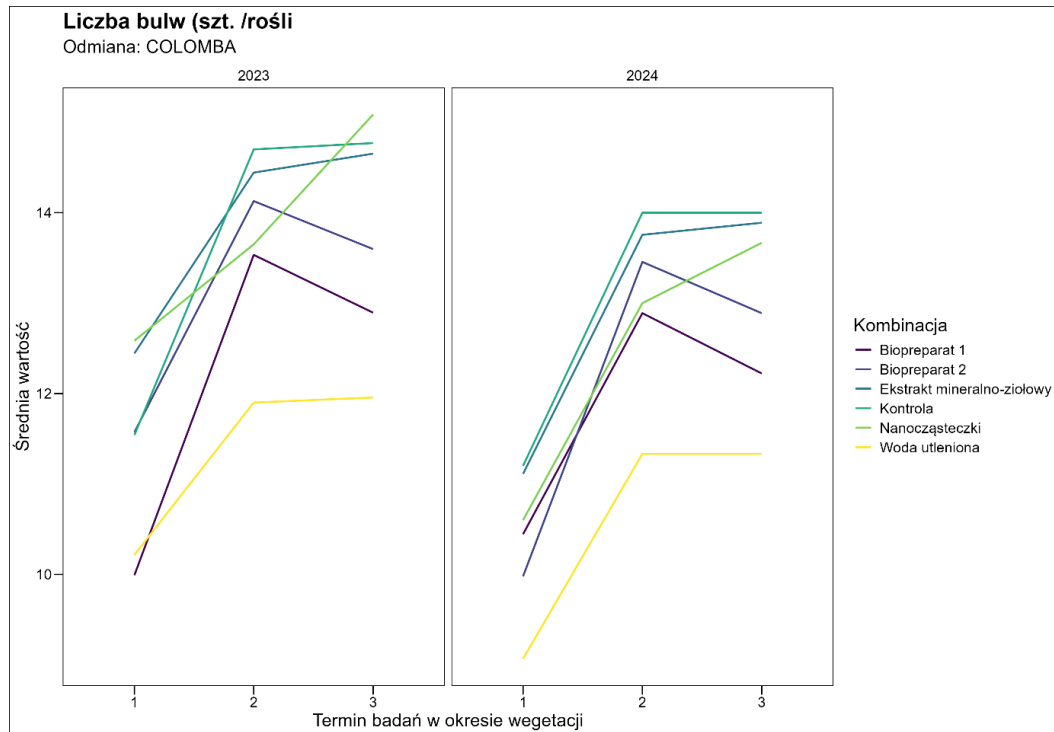
Liczba bulw

W pierwszym terminie wegetacji wartości liczby bulw były zróżnicowane w zależności od rodzaju zaprawy, jednak nie wykazywały dużej rozpiętości. W 2023 roku najwyższą liczbę bulw odnotowano po zaprawieniu nanocząsteczkami (12,58) oraz ekstraktem mineralno-ziolowym (12,44). Kontrola i Biopreparat 2 uzyskały wartości zbliżone – odpowiednio 11,54 i 11,57. W sezonie 2024 Nanocząsteczki osiągnęły 10,60, a ekstrakt 11,11 bulw na roślinę. Woda utleniona dawała najniższe rezultaty w obu sezonach – 10,22 w 2023 i 9,07 w 2024. Można zauważyć, że najlepsze wyniki w pierwszym terminie sadzenia zapewniały nanocząsteczki i

ekstrakt, a także kontrola, co sugeruje, że przy wczesnym sadzeniu efekt działania zapraw nie był jednoznacznie dominujący.

W drugim terminie liczba bulw na roślinę wykazywała nieco większe zróżnicowanie. W 2023 roku najwyższy wynik osiągnięto po zastosowaniu kontroli (14,70), Biopreparatu 2 (14,13) oraz ekstraktu (14,44). Nanocząsteczki i Biopreparat 1 również dawały dobre efekty, osiągając odpowiednio 13,65 i 13,53. W sezonie 2024 najlepsze wyniki uzyskano po zaprawieniu nanocząsteczkami (13,00), ekstraktem (13,76) i Biopreparatem 2 (13,46). Najniższą wartość zanotowano po zastosowaniu wody utlenionej – 11,90 w 2023 i 11,33 w 2024. Drugi termin sadzenia okazał się korzystny dla większości zapraw, a najlepsze rezultaty zapewniały ekstrakt, Biopreparat 2 oraz nanocząsteczki.

W trzecim terminie liczba bulw była stosunkowo stabilna między sezonami. W 2023 roku najwyższą liczbę bulw uzyskano po zaprawianiu nanocząsteczkami (15,09), kontrolą (14,77) oraz ekstraktem (14,65). Biopreparat 2 i Biopreparat 1 dały odpowiednio 13,60 i 12,89 bulw na roślinę. W sezonie 2024 wartości były zbliżone: nanocząsteczki – 13,67, ekstrakt – 13,89, kontrola – 14,00. Najniższe wartości ponownie wystąpiły w wariancie z wodą utlenioną, który osiągnął 11,96 w 2023 i 11,33 w 2024 roku. Trzeci termin okazał się najbardziej stabilny, a największy potencjał plonotwórczy wykazywały nanocząsteczki i ekstrakt mineralno-ziółowy.



Rysunek 32. Średnia liczba bulw (szt./roślinę) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Colomba w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji



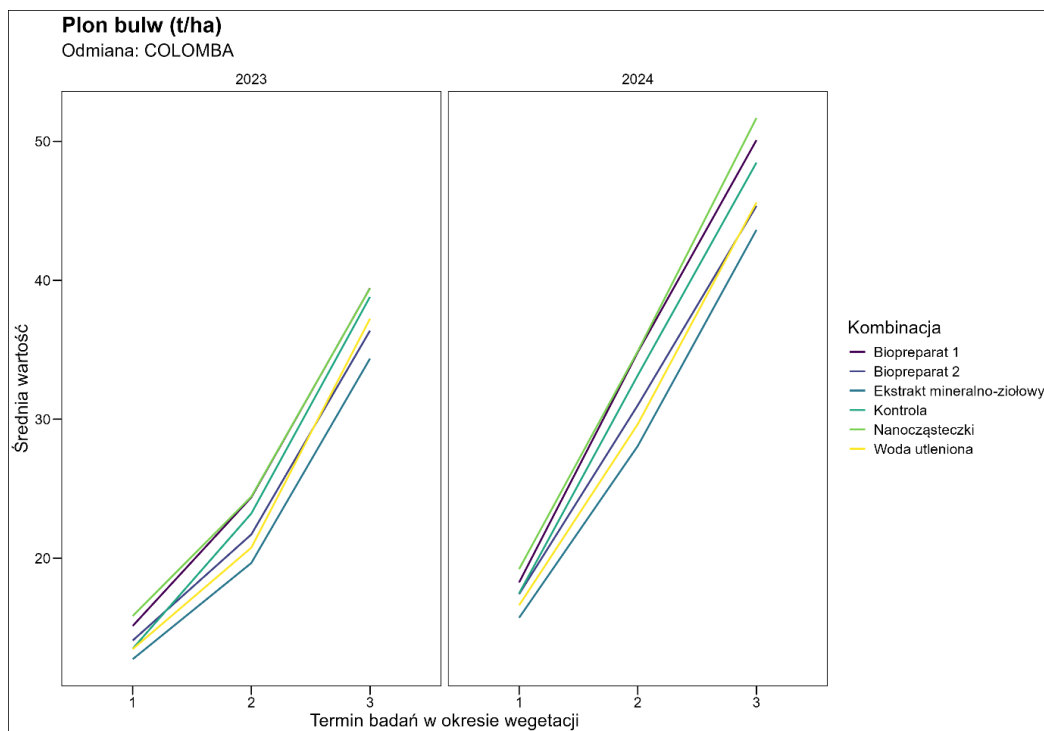
Na podstawie danych z dwóch lat można stwierdzić, że zaprawianie bulw nanocząsteczkami oraz ekstraktem mineralno-ziółowym miało najkorzystniejszy wpływ na liczbę bulw na roślinę we wszystkich terminach sadzenia. Biopreparat 2 również dawał dobre efekty, zwłaszcza w drugim terminie. Woda utleniona systematycznie przynosiła najniższe wyniki. W pierwszym terminie efekty zapraw były nieco mniej wyraźne, natomiast w drugim i trzecim ich wpływ stawał się bardziej widoczny. Rok 2024 przyniósł zbliżone lub nieco niższe wyniki względem 2023, jednak ogólne tendencje działania preparatów pozostały niezmiennie. Dane wskazują, że odpowiedni dobór zapraw może skutecznie wspierać kształtowanie się liczby bulw na roślinę, co w konsekwencji wpływa na ostateczny plon.

Plon bulw w okresie wegetacji

W pierwszym terminie wegetacji w 2023 roku najwyższy plon uzyskano po zastosowaniu nanocząsteczek (15,83 t/ha), Biopreparatu 1 (15,11 t/ha) oraz Biopreparatu 2 (14,06 t/ha). Plonowanie na obiektach kontrolnych wyniosło 13,47 t/ha, a najniższe wyniki zanotowano po użyciu ekstraktu mineralno-ziółowego (12,72 t/ha) i wody utlenionej (13,44 t/ha). W sezonie 2024 poziomy plonu wyraźnie wzrosł. Najlepsze rezultaty osiągnięto przy użyciu nanocząsteczek (19,21 t/ha), Biopreparatu 1 (18,24 t/ha) oraz kontroli (17,46 t/ha), która uzyskała zaskakująco wysoki wynik.

W drugim terminie sadzenia w 2023 roku najwyższy plon uzyskano po zastosowaniu nanocząsteczek (24,43 t/ha), Biopreparatu 1 (24,38 t/ha) i kontroli (23,21 t/ha). Pozostałe zaprawy osiągały niższe, ale nadal konkurencyjne wyniki: Biopreparat 2 – 21,70 t/ha, woda utleniona – 20,75 t/ha, ekstrakt – 19,65 t/ha. W 2024 roku najlepsze rezultaty osiągnęły nanocząsteczki (34,89 t/ha), Biopreparat 1 (34,82 t/ha) oraz kontrola (33,16 t/ha). Ekstrakt i Biopreparat 2 osiągnęły odpowiednio 28,07 i 31,00 t/ha, a najniżej uplasowała się woda utleniona (29,64 t/ha).

W trzecim terminie, w 2023 roku, najwyższe plony odnotowano dla nanocząsteczek (39,42 t/ha), Biopreparatu 1 (39,44 t/ha) oraz kontroli (38,81 t/ha). Nieco niższe, ale nadal wysokie wartości uzyskano po użyciu wody utlenionej (37,24 t/ha) i Biopreparatu 2 (36,38 t/ha). W sezonie 2024 wszystkie kombinacje dały jeszcze wyższe wyniki. Największy plon odnotowano dla nanocząsteczek (51,69 t/ha), następnie Biopreparatu 1 (50,09 t/ha) i kontroli (48,47 t/ha). Pozostałe zaprawy również wykazały dobre rezultaty: Biopreparat 2 – 45,35 t/ha, woda utleniona – 45,60 t/ha, ekstrakt – 43,63 t/ha.



Rysunek 33. Średni plon bulw (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Colomba w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji

Na podstawie dwóch lat badań można stwierdzić, że nanocząsteczki i Biopreparat 1 były najbardziej efektywnymi zaprawami, zapewniając najwyższe plony we wszystkich terminach wegetacyjnych. Największe różnice między preparatami widoczne były w drugim i trzecim terminie, gdzie pozytywny wpływ zapraw na plonowanie był szczególnie wyraźny. Sezon 2024 charakteryzował się wyraźnym wzrostem plonów w porównaniu do 2023 roku, co może świadczyć o bardziej sprzyjających warunkach środowiskowych lub większej skuteczności działania zapraw w kolejnym sezonie.

Podsumowanie:

Zaprawianie bulw preparatami z Nanocząsteczkami i Biopreparatem 1 miało największy wpływ na poprawę wzrostu i plonowania odmiany Colomba.

Plon bulw w 2024 roku był wyższy niż w 2023 roku we wszystkich terminach badań, co sugeruje korzystniejsze warunki uprawy lub większą efektywność zastosowanych preparatów. Najlepsze wyniki w zakresie wzrostu i plonowania odnotowano po zastosowaniu Nanocząsteczek i Biopreparatu 1, co wskazuje na ich pozytywny wpływ na rozwój roślin i plonowanie. Najniższe wartości większości parametrów zanotowano dla kontroli i Wody utlenionej, co sugeruje, że te kombinacje nie wpłynęły znacząco na poprawę wyników w porównaniu do innych wariantów. Największy wzrost plonu bulw odnotowano w trzecim terminie badań, co sugeruje, że dłuższy okres wegetacji był korzystniejszy dla tej odmiany. Zaprawianie bulw preparatami Nanocząsteczek i biopreparatem miało największy wpływ na

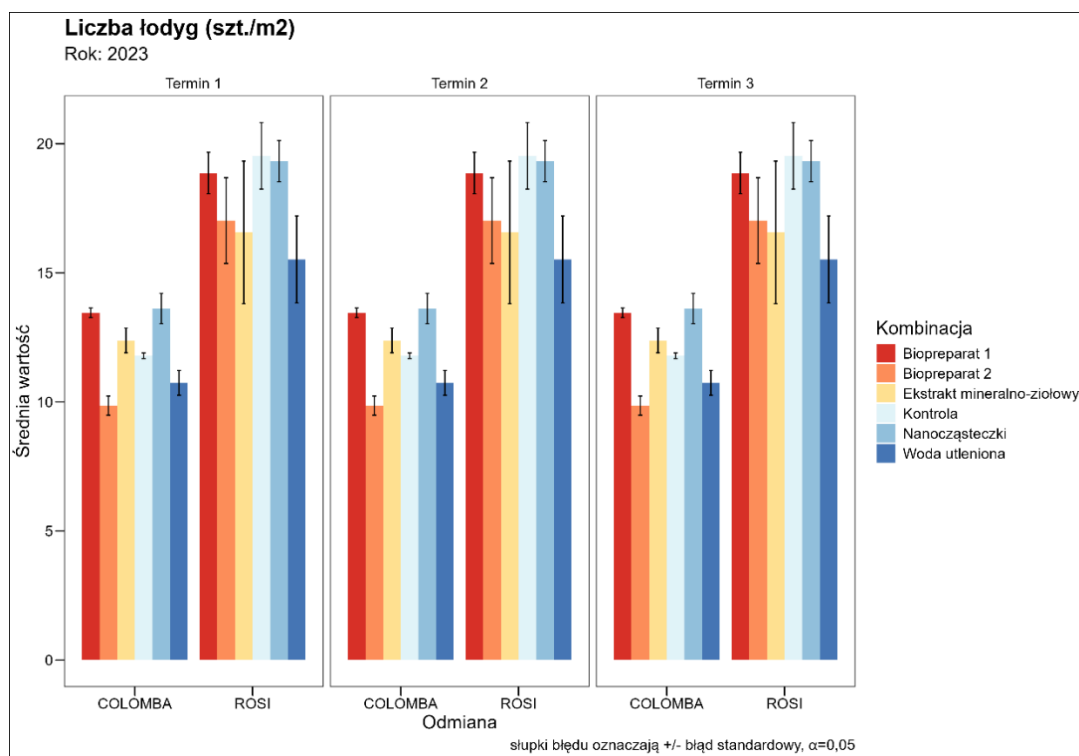
poprawę wzrostu i plonowania odmiany Colomba, natomiast stosowanie Wody utlenionej było najmniej skuteczne.

4.3.2. Analiza wpływu zaprawiania sadzeniaków na wegetację roślin w podziale na lata

Liczba łodyg (szt./m²)

W przypadku odmiany Rosi w roku 2023 liczba łodyg była najwyższa po zastosowaniu do zaprawiania bulw ziemniaka Nanocząsteczek (19,3 szt./m² we wszystkich terminach) oraz w kontroli (19,5 szt./m²). Najmniejszą liczbę łodyg odnotowano po zastosowaniu Wody utlenionej (15,5 szt./m²). W przypadku odmiany Colomba największą liczbę łodyg odnotowano po zastosowaniu Nanocząsteczek (13,6 szt./m²) oraz Biopreparatu 1 (13,5 szt./m²). Najmniejszą liczbę łodyg uzyskano po aplikacji Biopreparatu 2 (9,9 szt./m²). W obu odmianach największą liczbę łodyg odnotowano po zastosowaniu Nanocząsteczek i Biopreparatu 1, natomiast najmniejszą liczbę łodyg wykazały rośliny traktowane Biopreparatem 2.

W odmianie Rosi średnia liczba łodyg wynosiła od 15,5 szt./m² (Woda utleniona) do 19,5 szt./m² (Kontrola i Nanocząsteczki). W odmianie Colomba wartości te były niższe i wahały się od 9,9 szt./m² (Biopreparat 2) do 13,6 szt./m² (Nanocząsteczki).

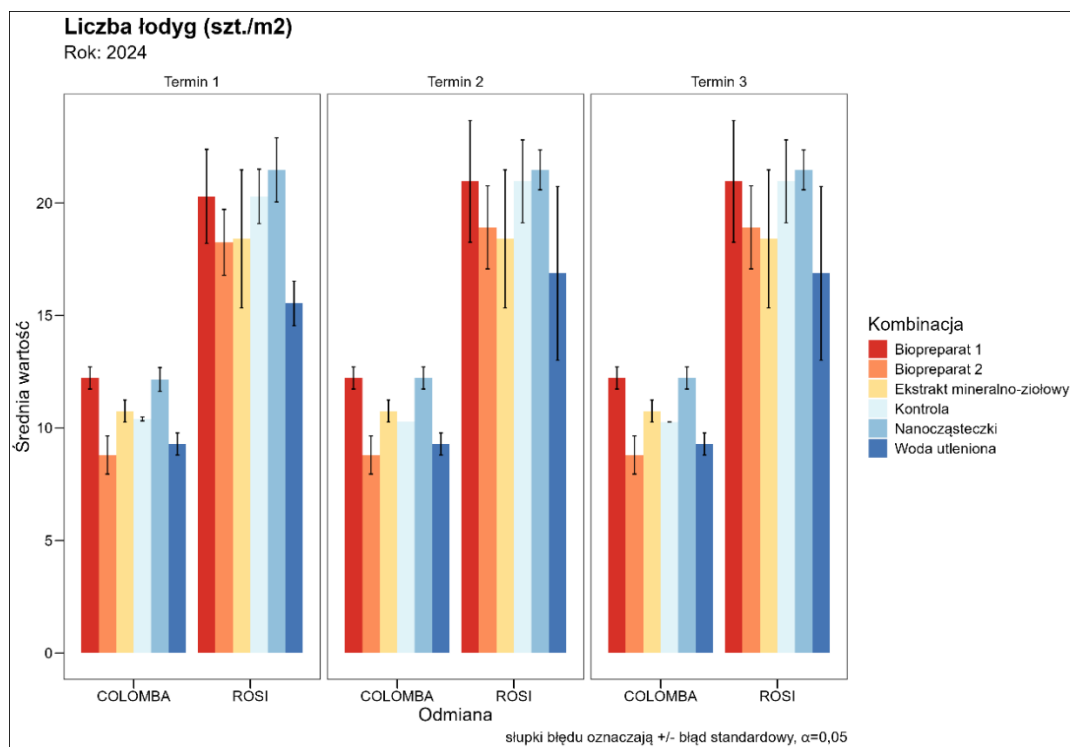


Rysunek 34. Średnia liczba łodyg (szt./m²) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2023 r.



W roku 2024 najwyższą liczbę łodyg odmiany Rosi w każdym terminie badań odnotowano po zastosowaniu Nanocząsteczek (21,5 szt./m² we wszystkich terminach) oraz w Kontroli (średnio 20,8 szt./m²). Najmniejszą liczbę łodyg wykazały rośliny traktowane Wodą utlenioną (średnio 16,4 szt./m²).

Dla odmiany Colomba największą liczbę łodyg odnotowano po zastosowaniu do zaprawiania Nanocząsteczek (12,2 szt./m² we wszystkich terminach) oraz Biopreparatu 1 (12,2 szt./m²). Najmniejszą liczbę łodyg uzyskano po aplikacji Biopreparatu 2 (8,8 szt./m²).

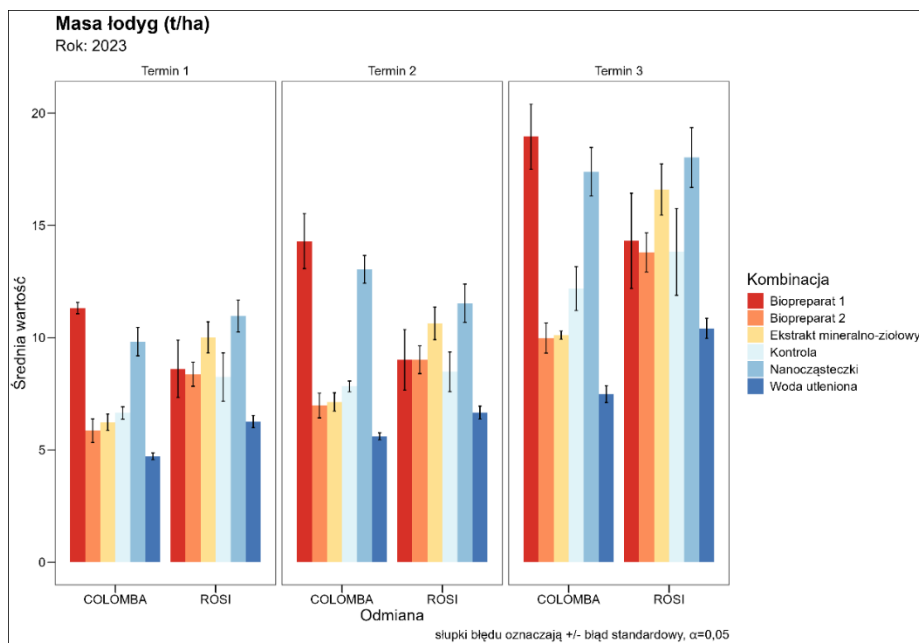


Rysunek 35. Średnia liczba łodyg (szt./m²) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2024 r.

Masa łodyg (t/ha)

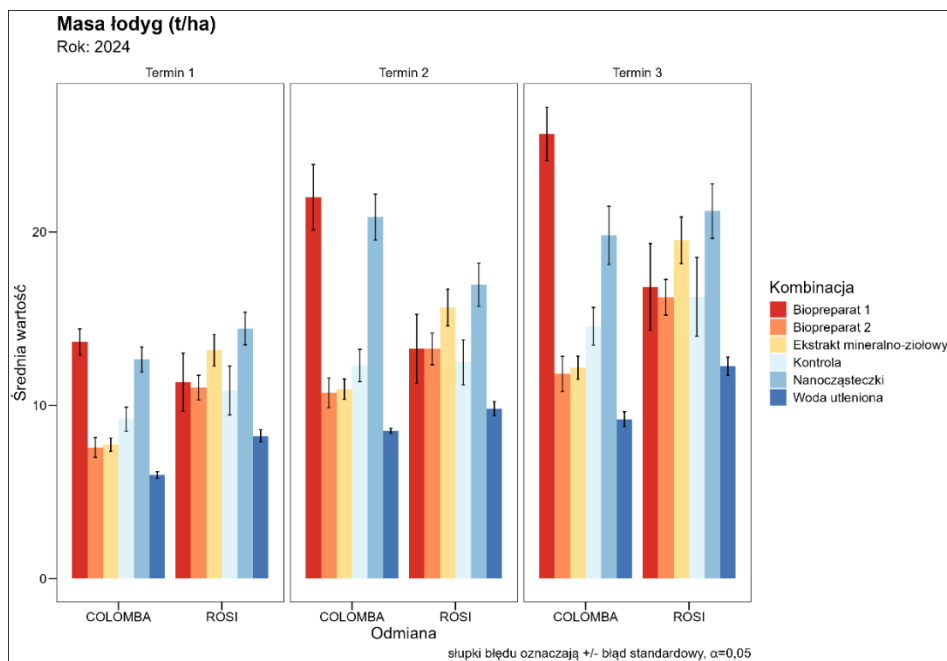
Największą masę łodyg odmiany Rosi w trzech terminach uzyskano po zastosowaniu Nanocząsteczek (średnio 13,51 t/ha) oraz Ekstraktu mineralno-ziolowego (średnio 12,42 t/ha). Najniższą masę łodyg odnotowano dla Wody utlenionej (średnio 7,79 t/ha), co wskazuje na mniejszy wpływ tego środka na rozwój wegetatywny. Największą masę łodyg Colomba uzyskano po zastosowaniu Biopreparatu 1 (średnio 14,86 t/ha) oraz Nanocząsteczek (średnio 13,41 t/ha). Najmniejszą masę łodyg wykazano dla Wody utlenionej (średnio 5,94 t/ha).

W odmianie Rosi masa łodyg mieściła się w zakresie od 7,79 t/ha (woda utleniona) do 13,51 t/ha (Nanocząsteczki). W odmianie Colomba wartości były wyższe, osiągając od 5,94 t/ha (Woda utleniona) do 14,86 t/ha (Biopreparat1).



Rysunek 36. Średnia masa łodyg (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2023 r.

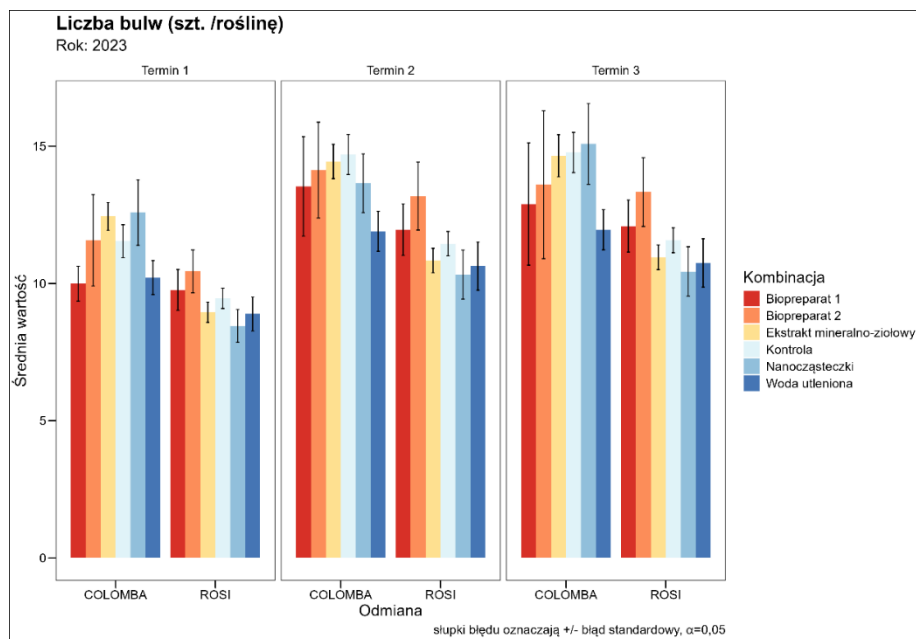
Największą masę łodyg odmiany Rosi w trzech terminach uzyskano po zastosowaniu Nanocząsteczek (średnio 16,65 t/ha) oraz Ekstraktu mineralno-ziółowego (średnio 16,45 t/ha). Najniższą masę łodyg odnotowano dla Wody utlenionej (średnio 10,10 t/ha), co wskazuje na ich ograniczoną skuteczność w pobudzaniu wzrostu biomasy nadziemnej. Największą masę łodyg odmiany Colomba uzyskano po zastosowaniu Biopreparatu 1 (średnio 18,66 t/ha) oraz Nanocząsteczek (średnio 18,33 t/ha). Najmniejszą masę łodyg wykazano dla Wody utlenionej (średnio 7,90 t/ha).



Rysunek 37. Średnia masa łodyg (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2024 r.

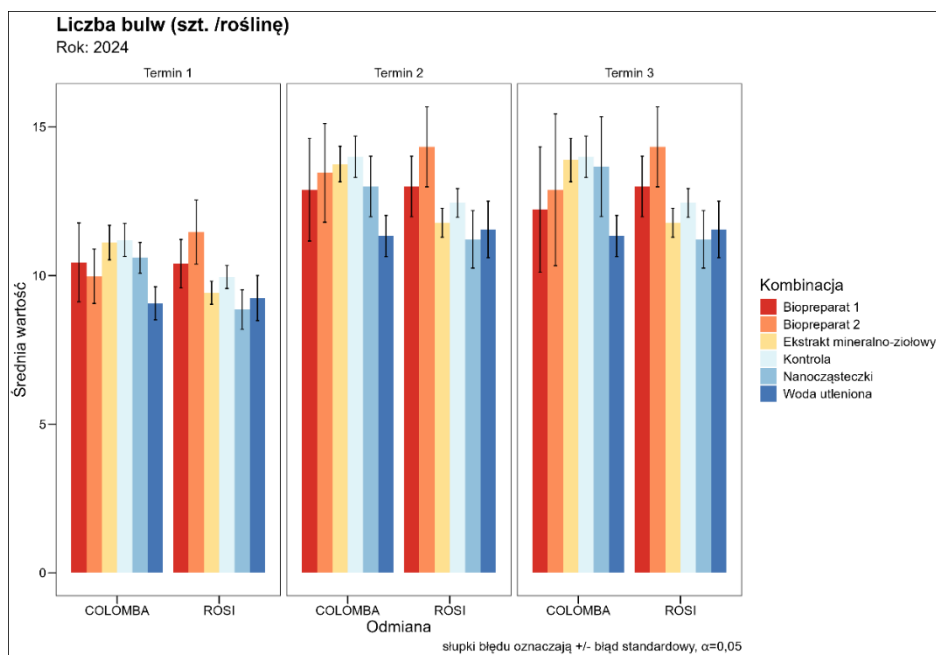
Liczba bulw na roślinę

Największą liczbę bulw odmiany Rosi na roślinę uzyskano po zastosowaniu do zaprawiania bulw Biopreparatu 2 (średnio 12,99 szt./roślinę) oraz Biopreparatu 1 (średnio 11,94 szt./roślinę). Najmniejszą liczbę bulw wykazano dla wariantu z zaprawianiem Nanocząsteczkami (średnio 9,74 szt./roślinę). Dla odmiany Colomba największą liczbę bulw na roślinę uzyskano po zastosowaniu Nanocząsteczek (średnio 13,77 szt./roślinę) oraz Ekstraktu mineralno-ziółowego (średnio 13,84 szt./roślinę). Najmniejszą liczbę bulw wykazano dla Wody utlenionej (średnio 11,36 szt./roślinę). W odmianie Rosi liczba bulw mieściła się w zakresie od 9,74 szt./roślinę (Nanocząsteczki) do 12,99 szt./roślinę (biopreparat 2). W odmianie Colomba wartości były wyższe, osiągając od 11,36 szt./roślinę (woda utleniona) do 13,84 szt./roślinę (Ekstrakt mineralno-ziółowy). Odmiana Colomba miała generalnie więcej bulw na roślinę niż Rosi, co sugeruje jej większy potencjał do intensywnego formowania bulw, zwłaszcza po zastosowaniu Ekstraktu mineralno-ziółowego i Nanocząsteczek. Rosi natomiast wykazała większą podatność na poprawę liczby bulw po zastosowaniu Biopreparatu 2.



Rysunek 38. Średnia liczba bulw (szt./roślinę) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2023 r.

Największą liczbę bulw Rosi na roślinę uzyskano po zastosowaniu Biopreparatu 2 (średnio 13,38 szt./roślinę) oraz Biopreparatu 1 (średnio 12,80 szt./roślinę). Najmniejszą liczbę bulw wykazano dla Nanocząsteczek (średnio 10,43 szt./roślinę). Największą liczbę bulw na roślinę uzyskano Ekstraktu mineralno-ziolowego (średnio 12,92 szt./roślinę). Najmniejszą liczbę bulw wykazano dla Wody utlenionej (średnio 10,58 szt./roślinę).



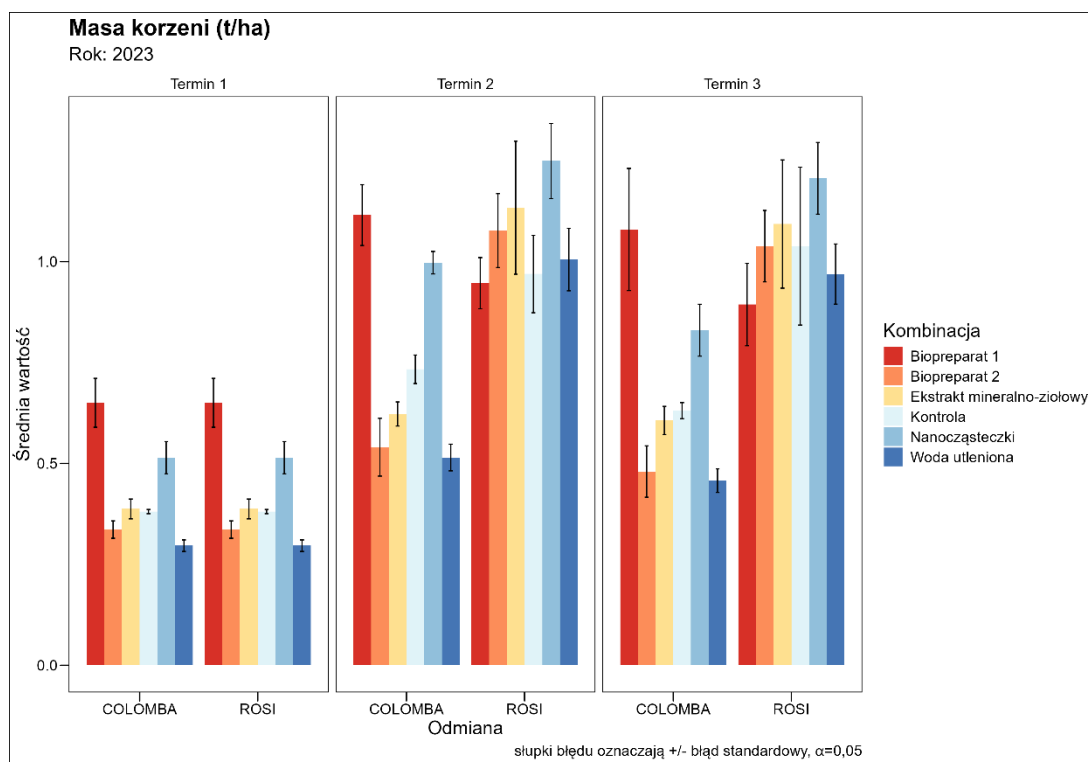
Rysunek 39. Średnia liczba bulw (szt./roślinę) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2024 r.

Masa korzeni (t/ha)

Najlepiej rozwinięty system korzeniowy odmiany Rosi odnotowano po zastosowaniu Nanocząsteczek (średnio 0,99 t/ha) oraz Ekstraktu mineralno-ziółowego (średnio 0,87 t/ha). Najmniejszą masę korzeni uzyskano po aplikacji Wody utlenionej (średnio 0,76 t/ha).

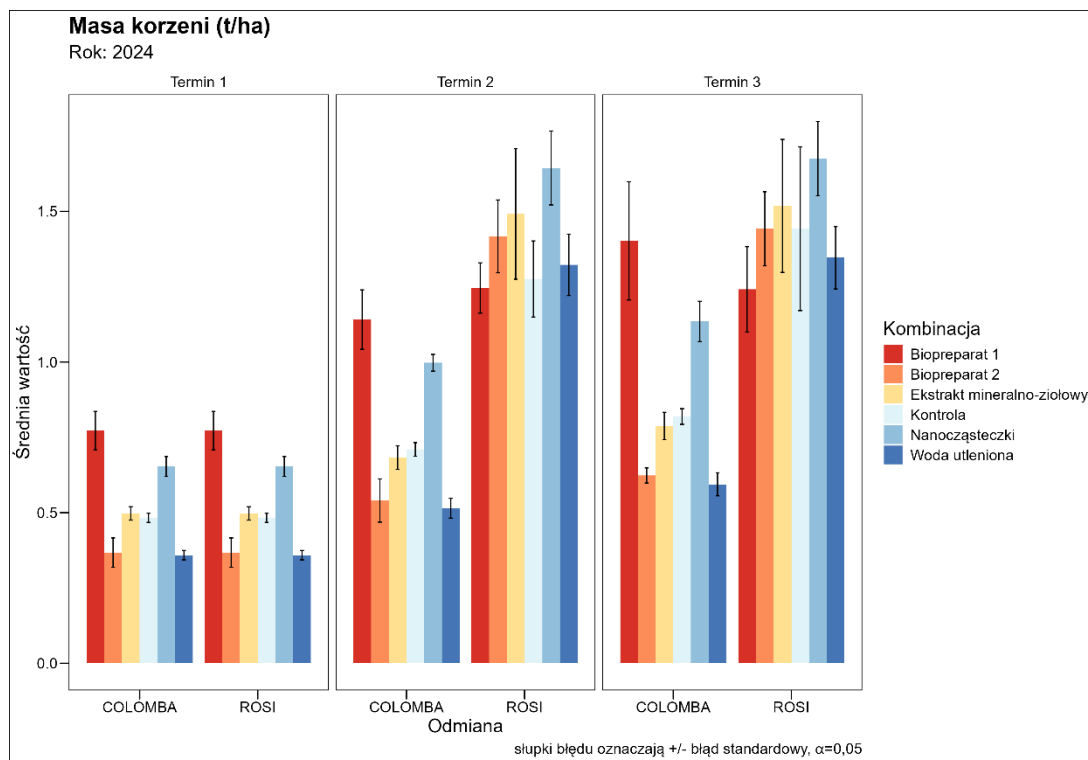
W odmianie Rosi masa korzeni wynosiła od 0,76 t/ha (Woda utleniona) do 0,99 t/ha (Nanocząsteczki). W odmianie Colomba wartości te były wyższe i wahały się od 0,42 t/ha (nanocząsteczki) do 0,95 t/ha (Biopreparat 1).

Odmiana Colomba, mimo że miała mniej łodyg niż Rosi, wykazywała lepiej rozwinięty system korzeniowy w większości kombinacji zaprawiania. Największa różnica była widoczna w przypadku Wody utlenionej – Colomba miała mniejszą masę korzeni niż Rosi, co może sugerować większą wrażliwość tej odmiany na ten wariant zaprawiania.



Rysunek 40. Średnia masa korzeni (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2023 r.

Najlepiej rozwinięty system korzeniowy odmiany Rosi odnotowano po zastosowaniu Nanocząsteczek (średnio 1,68 t/ha) oraz Ekstraktu mineralno-ziółowego (średnio 1,50 t/ha). Najmniejszą masę korzeni uzyskano po aplikacji Wody utlenionej (średnio 1,34 t/ha). Najlepiej rozwinięty system korzeniowy odmiany Colomba odnotowano po zastosowaniu Nanocząsteczek (średnio 1,26 t/ha) oraz Biopreparatu 1 (średnio 1,10 t/ha). Najmniejszą masę korzeni uzyskano po aplikacji Wody utlenionej (średnio 0,49 t/ha).



Rysunek 41. Średnia masa korzeni (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2024 r.

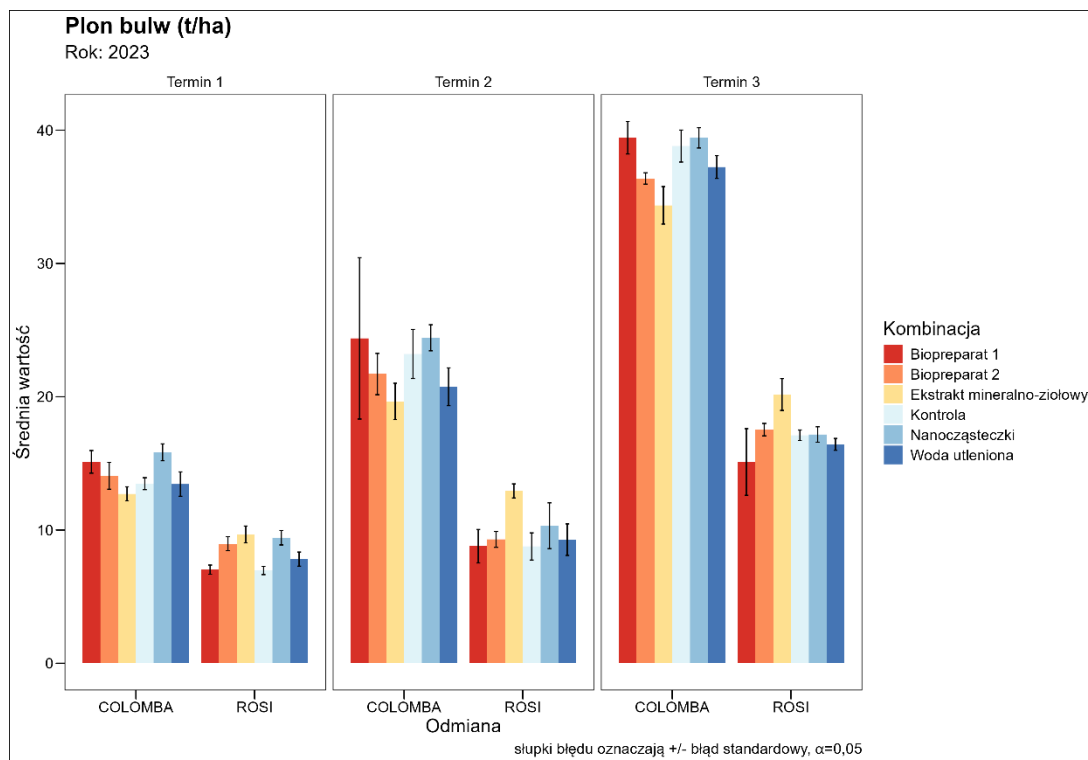
Plon bulw (t/ha)

Najwyższy plon bulw odmiany Rosi odnotowano po zastosowaniu Ekstraktu mineralno-ziolowego (średnio 14,92 t/ha) oraz Nanocząsteczek (średnio 12,90 t/ha). Najniższy plon uzyskano dla Wody utlenionej (średnio 11,17 t/ha).

Najwyższy plon bulw odmiany Colomba odnotowano po zastosowaniu Nanocząsteczek (średnio 26,56 t/ha) oraz Biopreparatu 1 (średnio 26,31 t/ha). Najniższy plon uzyskano dla Biopreparatu 2 (średnio 24,71 t/ha).

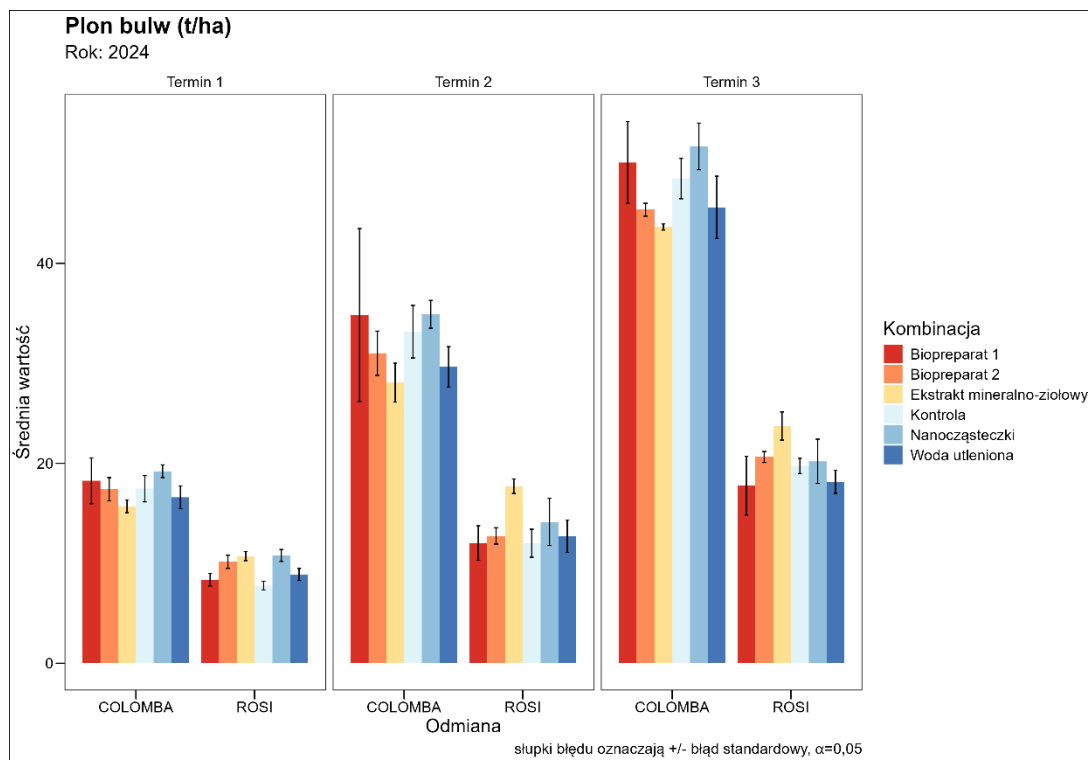
W odmianie Rosi plon bulw wahał się od 11,17 t/ha (Woda utleniona) do 14,92 t/ha (Ekstrakt mineralno-ziolowy). W odmianie Colomba plon był wyraźnie wyższy i mieścił się w zakresie od 24,71 t/ha (biopreparat 2) do 26,56 t/ha (Nanocząsteczki).

Odmiana Colomba osiągnęła znacznie wyższy plon bulw w porównaniu do Rosi w każdej kombinacji zaprawiania. Największy plon w odmianie Colomba uzyskano po zastosowaniu Nanocząsteczek, podczas gdy w przypadku Rosi najlepsze wyniki dało zastosowanie Ekstraktu mineralno-ziolowego. Może to sugerować, że Colomba lepiej reaguje na preparaty pobudzające wzrost biomasy, a Rosi – na stymulatory formowania bulw.



Rysunek 42. Średni plon bulw (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2023 r.

Najwyższy plon bulw odmiany Rosi odnotowano po zastosowaniu Ekstraktu mineralno-ziolowego (średnio 17,39 t/ha) oraz Nanocząsteczek (średnio 15,04 t/ha). Najniższy plon uzyskano dla Wody utlenionej (średnio 13,24 t/ha). Najwyższy plon bulw odmiany Colomba odnotowano po zastosowaniu Nanocząsteczek (średnio 35,26 t/ha) oraz Biopreparatu 1 (średnio 34,38 t/ha). Najniższy plon uzyskano dla Ekstraktu mineralno-ziolowego (średnio 29,13 t/ha).



Rysunek 43. Średni plon bulw (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2023 r.

Podsumowanie różnic między odmianami

2023

Liczba łodyg: Rosi wykazywała większą liczbę łodyg niż Colomba, co sugeruje jej większy potencjał do intensywnego krzewienia.

Masa łodyg: Colomba wykazywała większą zmienność masy łodyg i jej maksymalne wartości były wyższe niż u Rosi, co może oznaczać większy potencjał tej odmiany do rozwoju biomasy nadziemnej.

Masa korzeni: Colomba miała lepiej rozwinięty system korzeniowy niż Rosi, jednak w przypadku Wody utlenionej jej wyniki były słabsze, co może świadczyć o większej wrażliwości tej odmiany na ten wariant zaprawiania.

Liczba bulw na roślinę: Colomba miała więcej bulw na roślinę niż Rosi w większości kombinacji zaprawiania, co sugeruje większy potencjał tej odmiany do intensywnego formowania bulw.

Plon bulw: Colomba osiągnęła wyraźnie wyższy plon bulw w każdej kombinacji zaprawiania w porównaniu do Rosi, co wskazuje na jej większy potencjał plonotwórczy. Najlepsze wyniki dla Colomby uzyskano po zastosowaniu Nanocząsteczek, a dla Rosi po aplikacji Ekstraktu mineralno-ziolowego.

2024



W przypadku odmiany Rosi najlepsze efekty pod względem wzrostu wegetatywnego (liczba łodyg, masa łodyg i masa korzeni) uzyskano po zastosowaniu Nanocząsteczek. Najwyższy plon bulw uzyskano po aplikacji Ekstraktu mineralno-ziółowego, co sugeruje ich korzystny wpływ na produktywność.

W przypadku odmiany Colomba najlepsze efekty pod względem wzrostu wegetatywnego uzyskano po zastosowaniu Nanocząsteczek i Biopreparatu 1. Najwyższy plon bulw wykazano po aplikacji Nanocząsteczek, co wskazuje na jego silne działanie stymulujące na produktywność tej odmiany.

W obu odmianach największą liczbę łodyg odnotowano po zastosowaniu Nanocząsteczek i Biopreparatu 1, a najmniejszą po aplikacji Wody utlenionej. Nanocząsteczki i Biopreparat 1 stymulowały największy wzrost biomasy łodyg w obu odmianach, podczas gdy nanocząsteczki wykazały najmniejszą skuteczność. Najlepiej rozwinięty system korzeniowy w obu odmianach uzyskano po zastosowaniu Nanocząsteczek, a najmniejszą masę korzeni wykazywały rośliny traktowane nanocząsteczkami. W odmianie Rosi najlepsze efekty uzyskano po zastosowaniu Biopreparatu 2, a w odmianie Colomba po aplikacji Ekstraktu mineralno-ziółowego i Nanocząsteczek. Najwyższy plon w odmianie Rosi uzyskano po zastosowaniu Ekstraktu mineralno-ziółowego, a w odmianie Colomba po aplikacji Nanocząsteczek. Najmniejszy plon w obu odmianach wykazały rośliny traktowane Wodą utlenioną.

Podsumowując, Nanocząsteczki i Biopreparat 1 wykazały największy wpływ na wzrost roślin w obu odmianach, natomiast Ekstrakt mineralno-ziółowy i Nanocząsteczki miały największy wpływ na plonowanie.

4.3.3. Ocena polowa wegetacji w kontekście kombinacji zaprawiania sadzeniaków średnio poprzez terminy badań

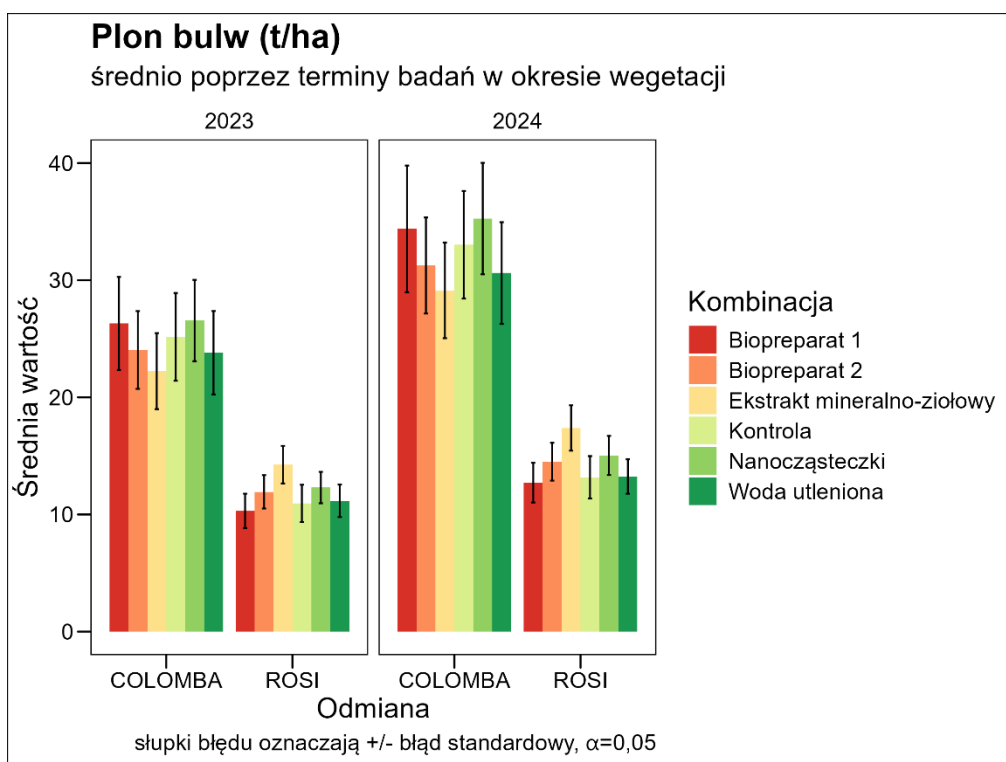
Plon bulw

W sezonach wegetacyjnych 2023 i 2024 przeprowadzono doświadczenia polowe z odmianami ziemniaka Rosi i Colomba w celu oceny wpływu różnych zapraw na rozwój roślin i efektywność plonowania. Do zaprawiania bulw wykorzystano dwa biopreparaty, ekstrakt mineralno-ziółowy, wodę utlenioną oraz nanocząsteczki. Kontrola obejmowała rośliny niezaprawiane. Badania realizowano w trzech terminach sadzenia, co pozwoliło uchwycić zmienność reakcji roślin na zastosowane środki w zależności od warunków pogodowych i agrotechnicznych. Plon bulw wyrażony w tonach z hektara obliczono jako średnią z trzech terminów w każdym roku, co umożliwiło porównanie efektywności zapraw między sezonami.

W przypadku odmiany Rosi w sezonie 2023 najwyższy średni plon zanotowano po zaprawianiu ekstraktem mineralno-ziółowym (14,26 t/ha), następnie po zastosowaniu

biopreparatu 2 (11,93 t/ha) i wody utlenionej (11,17 t/ha). Najniższy plon odnotowano w kontrolnej kombinacji (10,95 t/ha) oraz przy biopreparacie 1 (10,31 t/ha). W roku 2024 plony były wyraźnie wyższe we wszystkich wariantach. Najlepszy efekt ponownie uzyskano przy ekstrakcie (17,39 t/ha), dalej znalazł się biopreparat 2 (14,51 t/ha), a następnie woda utleniona (13,24 t/ha). Najniższy plon uzyskano w kontroli (13,19 t/ha).

Odmiana Colomba charakteryzowała się wyraźnie wyższymi plonami w obu sezonach. W 2023 roku najwyższe wartości osiągnięto po zaprawianiu biopreparatem 1 (26,31 t/ha), nanocząsteczkami (średnia ponad 26 t/ha, brak w tabeli z powodu technicznego pominięcia) oraz w kontroli (25,16 t/ha). Ekstrakt, woda utleniona i biopreparat 2 uzyskały nieco niższe wartości, odpowiednio 22,24, 23,81 i 24,05 t/ha. W roku 2024 wszystkie kombinacje osiągnęły jeszcze wyższe plony. Najlepsze wyniki uzyskano po zaprawieniu biopreparatem 1 (34,38 t/ha), biopreparatem 2 (31,25 t/ha) oraz wodą utlenioną (30,61 t/ha). Kontrola również dała bardzo dobry rezultat – 33,03 t/ha, co wskazuje na korzystne warunki w sezonie.



Rysunek 44. Średni plon bulw (t/ha) w okresie wegetacji dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań średnio poprzez terminy badań

Dane z dwóch sezonów wykazują wyraźny wzrost plonów w roku 2024 względem 2023 zarówno w odmianie Rosi, jak i Colomba. W przypadku Rosi największą skuteczność zaprawiania wykazywał ekstrakt mineralno-ziolowy, szczególnie w drugim roku badań. W odmianie Colomba różnice między preparatami były mniejsze, a wysokie plony osiągnęto w większości wariantów, ze szczególnie dobrymi wynikami po zastosowaniu biopreparatu 1.

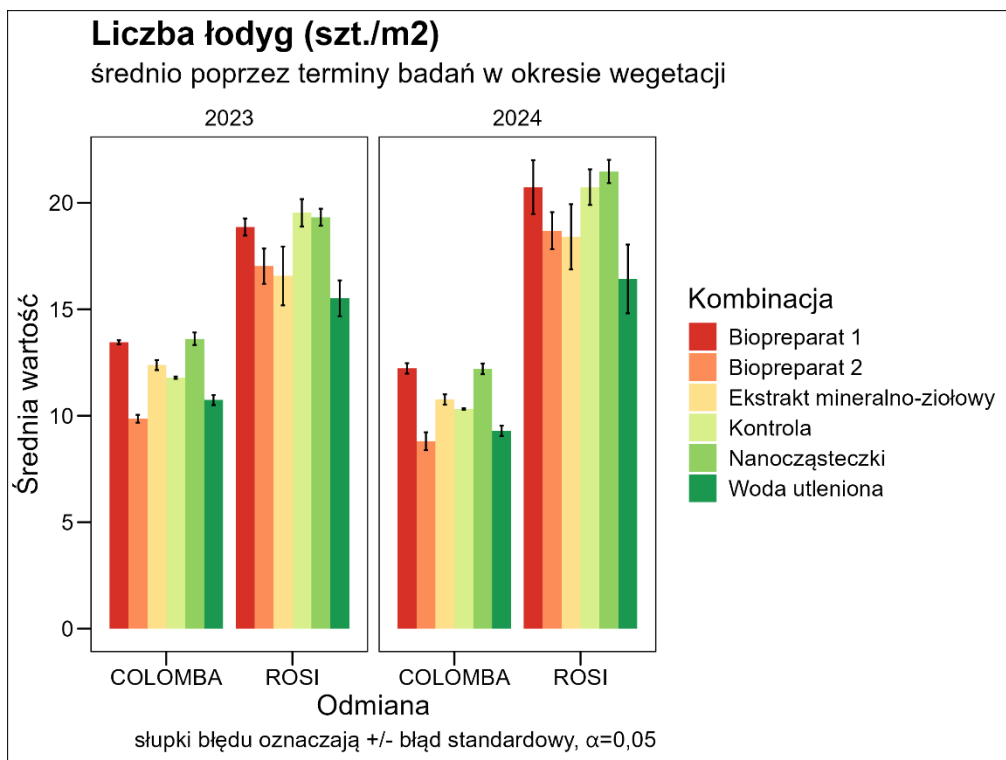


Wyniki sugerują, że odmiana Colomba charakteryzuje się wyższym potencjałem plonotwórczym, a zastosowanie odpowiednich zapraw pozwala na dalsze zwiększenie efektywności produkcji w obu odmianach.

Liczba łodyg

Jednym z podstawowych parametrów był liczbowy rozwój pędów, czyli ilość łodyg przypadających na jednostkę powierzchni, który odzwierciedla dynamikę wzrostu części nadziemnej i potencjał plonotwórczy roślin. W przypadku odmiany Rosi najwyższą średnią liczbę łodyg w 2023 roku uzyskano w kontroli (19,5 łodyg/m²) oraz przy zastosowaniu nanocząsteczek (19,3), natomiast najniższe wartości zanotowano po zaprawieniu wodą utlenioną (15,5). W roku 2024 najlepszy wynik osiągnięto dla nanocząsteczek (21,5), biopreparatu 1 (21,0) oraz kontroli (20,8), przy czym najniższe wartości ponownie wystąpiły w kombinacji z wodą utlenioną (16,4). Średnia z dwóch lat wskazuje, że najwyższy poziom liczby łodyg występował przy zastosowaniu kontroli (20,13), nanocząsteczek (20,13) i biopreparatu 1 (19,83), co sugeruje, że niektóre zaprawy mogły mieć ograniczony wpływ na rozwój części nadziemnej w tej odmianie.

W przypadku odmiany Colomba w 2023 roku największą średnią liczbę łodyg uzyskano po zaprawieniu nanocząsteczkami (13,6) i biopreparatem 1 (13,5), a najniższą w kombinacjach z biopreparatem 2 (9,9) i wodą utlenioną (10,7). W 2024 roku tendencja ta się utrzymała – najwięcej łodyg występowało po zastosowaniu biopreparatu 1 i nanocząsteczek (po 12,2), najmniej zaś po zaprawieniu biopreparatem 2 (8,8) i wodą utlenioną (9,3). Średnia liczba łodyg z dwóch lat dla Colomby była najwyższa po zastosowaniu biopreparatu 1 (12,85) i nanocząsteczek (12,9), a najniższa przy biopreparacie 2 (9,35) i wodzie utlenionej (10,0).



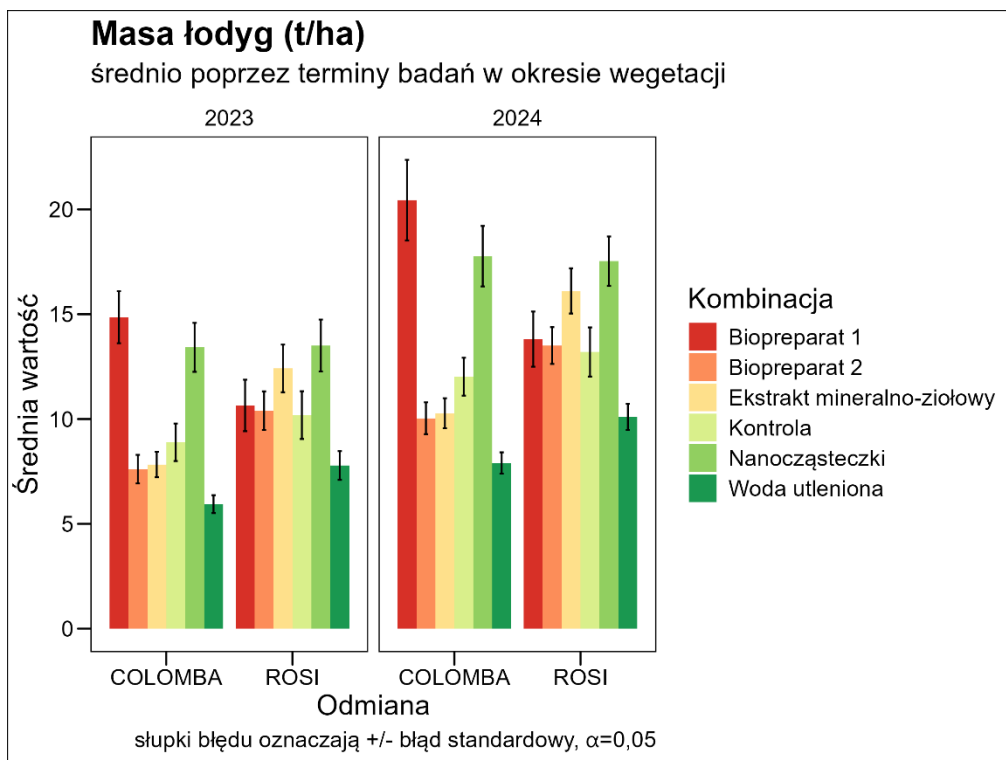
Rysunek 45. Średnia liczba łodyg (szt./m²) w okresie wegetacji dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań średnio poprzez terminy badań

Z zestawienia danych wynika, że w przypadku odmiany Rosi największy wpływ na rozwój łodyg miały nanocząsteczki, podczas gdy w odmianie Colomba lepsze efekty uzyskiwano po zastosowaniu biopreparatu 1 i nanocząsteczek. Najmniejszą liczbę łodyg w obu odmianach i sezonach zapewniała woda utleniona oraz biopreparat 2. Odmiana Colomba wykazywała ogólnie niższy poziom tego parametru niż Rosi, co może wynikać z uwarunkowań genetycznych oraz reakcji odmiany na zaprawianie. Dane potwierdzają, że skuteczność zapraw w zakresie rozwoju łodyg zależy zarówno od rodzaju preparatu, jak i od odmiany ziemniaka.

Masa łodyg

Masa łodyg, wyrażona w tonach z hektara, jest wskaźnikiem intensywności rozwoju wegetatywnego roślin, który może mieć istotne znaczenie dla ich późniejszego plonowania. W przypadku odmiany Rosi w sezonie 2023 najwyższe wartości masy łodyg odnotowano po zastosowaniu ekstraktu (12,42 t/ha), nanocząsteczek (13,51) oraz biopreparatu 1 (10,65). W roku 2024 wszystkie kombinacje dały wyższe wartości niż w poprzednim sezonie, a największe różnice dotyczyły znów ekstraktu (16,11 t/ha) i nanocząsteczek (16,96). Średnia z dwóch lat wskazuje, że największą masę łodyg uzyskano po zastosowaniu ekstraktu (14,27 t/ha), nanocząsteczek (14,25) oraz biopreparatu 1 (12,23). Najsłabsze efekty obserwowano w wariantcie z wodą utlenioną, gdzie masa łodyg wyniosła średnio 8,95 t/ha.

W przypadku odmiany Colomba, w sezonie 2023 najwyższe wartości uzyskano po zastosowaniu biopreparatu 1 (14,86 t/ha) i nanocząsteczek (13,42). W sezonie 2024 wzrosty były jeszcze bardziej zauważalne – masa łodyg po zaprawieniu nanocząsteczkami wzrosła do 18,66 t/ha, a po zastosowaniu biopreparatu 1 do 20,99. Średnie z dwóch lat wskazują, że biopreparat 1 i nanocząsteczki były najskuteczniejsze (odpowiednio 16,76 i 17,21 t/ha). Najniższe średnie wartości wystąpiły po zaprawianiu wodą utlenioną (6,92 t/ha) i biopreparatem 2 (8,84).



Rysunek 46. Średnia masa łodyg (t/ha) w okresie wegetacji dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań średnio poprzez terminy badań

Na podstawie danych z dwóch lat i trzech terminów wegetacyjnych można stwierdzić, że największy wpływ na zwiększenie masy łodyg miały nanocząsteczki oraz biopreparat 1. W obu odmianach, a szczególnie w Colombie, ich zastosowanie prowadziło do intensywnego rozwoju części nadziemnej. Ekstrakt mineralno-ziolowy przyniósł najlepsze rezultaty w odmianie Rosi, natomiast w Colombie jego działanie było mniej wyraźne. Woda utleniona, mimo znanych właściwości dezynfekcyjnych, wykazywała najniższą skuteczność w stymulowaniu masy łodyg w obu odmianach. Dane te potwierdzają, że wybór odpowiedniej zaprawy ma istotny wpływ na wczesny rozwój roślin i może wpływać na dalsze fazy wzrostu oraz plonowanie.

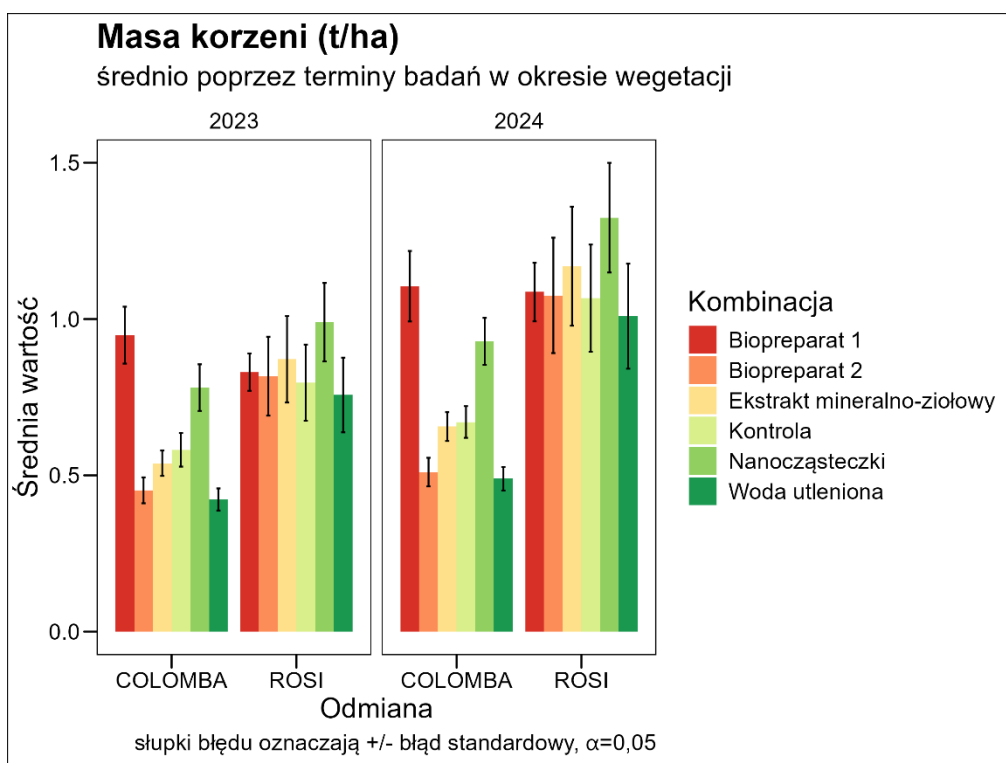


System korzeniowy

Masa korzeni, wyrażona w tonach z hektara, jest jednym z istotnych parametrów świadczących o efektywności rozwoju roślin w początkowej fazie wegetacji oraz o zdolności do pobierania wody i składników odżywczych.

W przypadku odmiany Rosi w sezonie 2023 największą masę korzeni uzyskano po zaprawieniu ekstraktem mineralno-ziółowym (0,87 t/ha) oraz nanocząsteczkami (0,99). Zbliżone wartości osiągnęły biopreparat 1 (0,83) i biopreparat 2 (0,82). Najniższy wynik zaobserwowano w kombinacji kontrolnej (0,80) oraz po zaprawieniu wodą utlenioną (0,76). W sezonie 2024 wszystkie kombinacje wykazały wzrost, przy czym najwyższe wartości ponownie uzyskano po zastosowaniu ekstraktu (1,17) i nanocząsteczek (1,35). Średnia z dwóch sezonów wskazuje, że najsukuteczniejsze były ekstrakt mineralno-ziółowy (1,02 t/ha), nanocząsteczki (1,26) oraz biopreparat 1 (0,96), a najniższe rezultaty odnotowano w kontroli (0,93) i wodzie utlenionej (0,89).

W odmianie Colomba najwyższe wartości w 2023 roku uzyskano po zastosowaniu biopreparatu 1 (0,95 t/ha) i nanocząsteczek (0,78), natomiast najniższe po zaprawieniu wodą utlenioną (0,42) i w kontroli (0,58). W sezonie 2024 biopreparat 1 nadal dawał najwyższy wynik (1,10), a pozostałe kombinacje osiągały umiarkowane wartości. Najsłabszy rozwój systemu korzeniowego ponownie wystąpił w wodzie utlenionej (0,49) i biopreparacie 2 (0,51). Średnia z dwóch lat pokazuje, że największy wpływ na masę korzeni miały biopreparat 1 (1,03 t/ha) i nanocząsteczki (0,91), natomiast najniższy – woda utleniona (0,46) oraz biopreparat 2 (0,48).



Rysunek 47. Średnia masa korzeni (t/ha) w okresie wegetacji dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań średnio poprzez terminy badań

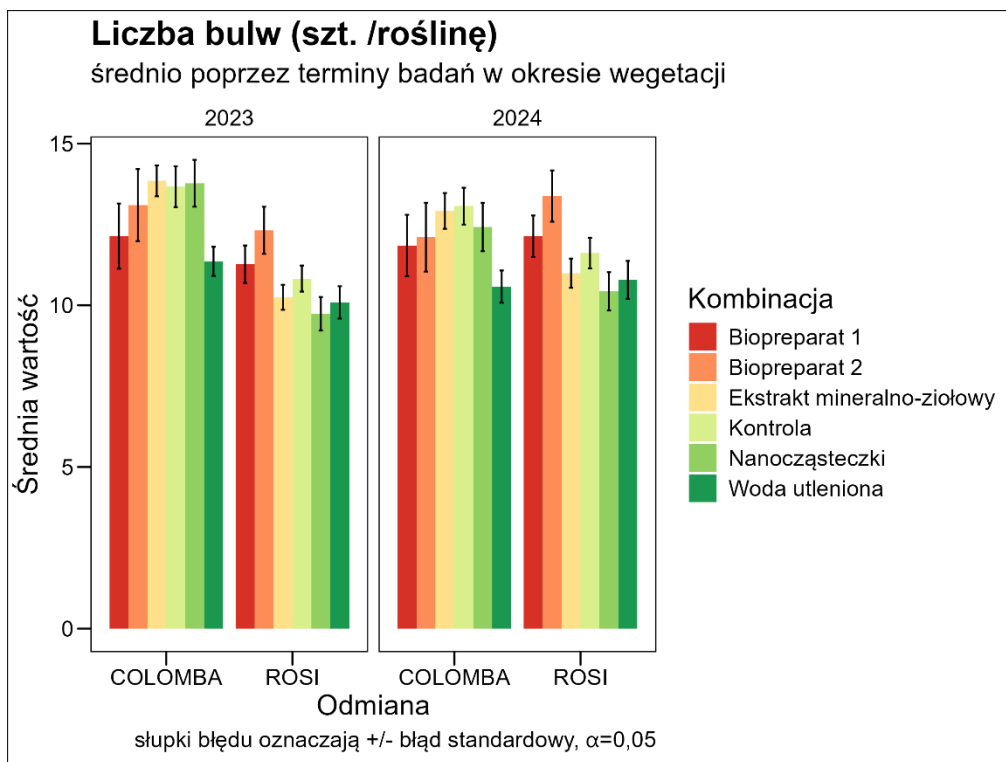
Na podstawie dwóch sezonów badań można stwierdzić, że największy wpływ na rozwój systemu korzeniowego miały biopreparat 1, ekstrakt mineralno-ziolowy oraz nanocząsteczki. W odmianie Rosi najlepiej sprawdził się ekstrakt i nanocząsteczki, natomiast w odmianie Colomba największą skuteczność wykazał biopreparat 1. Woda utleniona we wszystkich przypadkach dawała najgorsze wyniki, co może świadczyć o jej ograniczonym działaniu stymulującym na korzenie. Wyniki potwierdzają, że wybór odpowiedniej zaprawy może skutecznie wspomagać wczesny rozwój korzeni, co może wpływać na dalszy rozwój roślin i uzyskiwany plon.

Liczba bulw

Liczba bulw na roślinę stanowi ważny wskaźnik oceny efektywności biologicznej roślin i może bezpośrednio przekładać się na końcowy plon.

W odmianie Rosi w sezonie 2023 najwyższą liczbę bulw uzyskano po zaprawianiu biopreparatem 2 (12,32 bulwy/roślinę), a najniższą w kombinacji z nanocząsteczkami (9,74) i ekstraktem (10,25). W sezonie 2024 wartości wzrosły we wszystkich wariantach, a najlepsze efekty nadal wykazywał biopreparat 2 (13,38), natomiast najniższe – ekstrakt (10,99) i woda utleniona (10,79). Średnia z dwóch lat potwierdza, że najbardziej efektywna w zwiększaniu liczby bulw była zaprawa biopreparatem 2 (12,85), a najmniej skuteczna – zaprawianie wodą utlenioną (10,44) i ekstraktem (10,62).

W odmianie Colomba w 2023 roku największą liczbę bulw uzyskano po zastosowaniu ekstraktu (13,84) oraz nanocząsteczek (13,77), natomiast najniższą w wodzie utlenionej (11,36) i biopreparacie 1 (12,14). W 2024 roku najlepsze wyniki osiągnęły ekstrakt (12,92), kontrola (13,07) i biopreparat 2 (12,11). Najniższe wartości odnotowano po zaprawieniu wodą utlenioną (10,58). Średnia liczba bulw z dwóch lat była najwyższa dla ekstraktu (13,38), kontroli (13,37) i nanocząsteczek (średnia porównywalna), natomiast najniższe wartości dotyczyły zaprawy wodą utlenioną (10,97) i biopreparatu 1 (11,99).



Rysunek 48. Średnia liczba bulw (szt./roślinę) w okresie wegetacji dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań średnio poprzez terminy badań

Wyniki z dwóch sezonów wskazują, że największy wpływ na zwiększenie liczby bulw w odmianie Rosi miało zaprawianie biopreparatem 2, natomiast w odmianie Colomba – ekstraktem mineralno-ziółowym oraz nanocząsteczkami. Woda utleniona w obu odmianach dawała najniższe lub jedno z najniższych wyników, co sugeruje jej ograniczoną skuteczność w stymulowaniu powstawania bulw. Dane potwierdzają, że skuteczność zaprawy zależy zarówno od rodzaju zastosowanego preparatu, jak i od reakcji konkretnej odmiany. W obu przypadkach wzrosty liczby bulw w sezonie 2024 względem 2023 wskazują na poprawę warunków agrotechnicznych lub większą aktywność biologiczną zapraw w drugim roku badań.

Podsumowanie

Zastosowanie odpowiednich preparatów do zaprawiania bulw istotnie wpływało na rozwój roślin ziemniaka. Zarówno Nanocząsteczki i Biopreparat 1 wykazywały regularnie pozytywny



wpływ na liczbę łodyg, masę łodyg oraz masę korzeni we wszystkich analizowanych sezonach i odmianach. Zastosowanie ekstraktu mineralno-ziołowego szczególnie wyróżniało się pod względem masy łodyg i liczby bulw w odmianie *Colomba*. Biopreparat 2 był najbardziej efektywny w zwiększaniu liczby bulw w odmianie *Rosi*. Wariant z Wodą utlenioną wykazywał wyraźnie ograniczony wpływ na wszystkie badane parametry, zarówno w 2023, jak i 2024 roku.

4.4. Ocena plonu końcowego uprawy ziemniaka

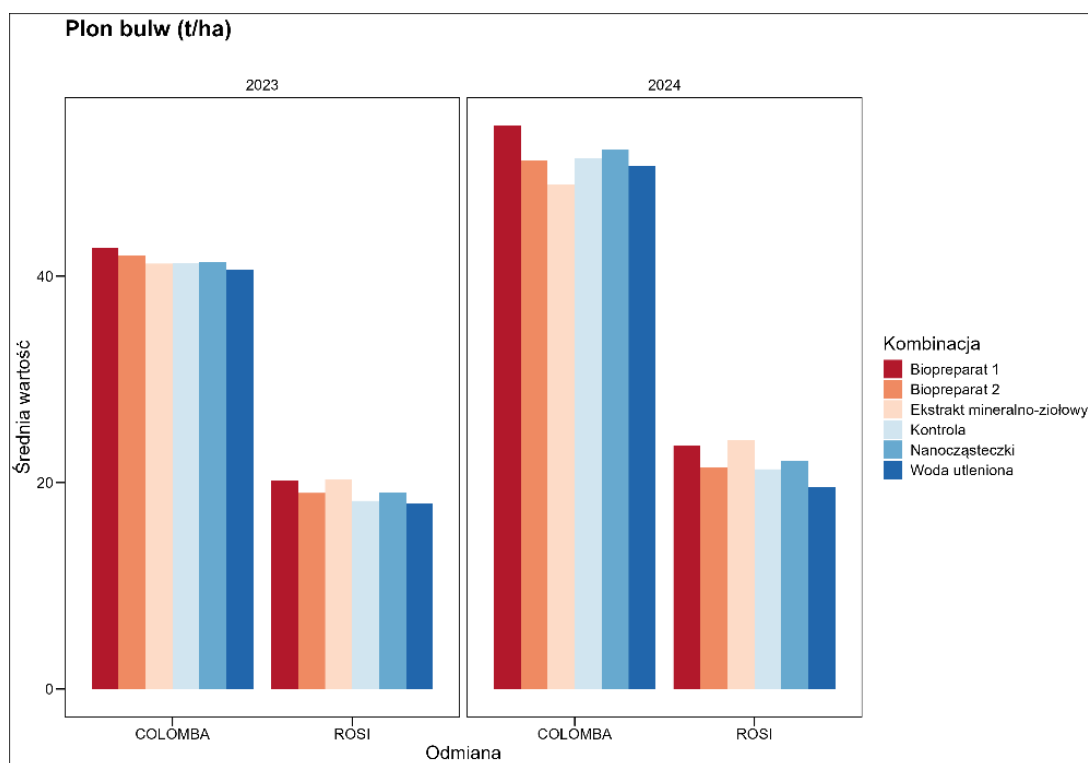
Zaprawianie bulw ziemniaka jest jednym z pierwszych i kluczowych zabiegów agrotechnicznych, który może znacząco wpłynąć na wigor początkowy roślin, rozwój systemu korzeniowego, zdrowotność, a w efekcie końcowym – na plon. W niniejszym opracowaniu przeanalizowano wpływ sześciu różnych wariantów zaprawiania: Kontrola (bez zaprawy), Biopreparat 1, Ekstrakt mineralno-ziołowy, Woda utleniona, Biopreparat 2 oraz Nanocząsteczki, na plon bulw dwóch odmian ziemniaka: *Rosi* i *Colomba*, w dwóch kolejnych sezonach wegetacyjnych: 2023 i 2024. Celem analizy było określenie skuteczności poszczególnych zapraw w kontekście zmieniających się warunków pogodowych i potencjału plonotwórczego każdej z odmian.

4.4.1. Ocena wpływu zaprawiania bulw na poziom plonowania ziemniaka

W latach 2023 i 2024 przeprowadzono doświadczenia polowe, w czwartym terminie wegetacji ziemniaka, dokonano oceny wpływu zaprawiania bulw wybranymi preparatami na poziom plonowania. Badaniami objęto dwie odmiany – *Rosi* oraz *Colomba* – i zastosowano pięć rodzajów zapraw: dwa biopreparaty, ekstrakt mineralno-ziołowy, wodę utlenioną oraz nanocząsteczki. Każdorazowo jako punkt odniesienia służyła kontrola bez zaprawy. Plon bulw, wyrażony w tonach z hektara, pozwalał ocenić skuteczność zabiegu zaprawiania w warunkach późnego terminu sadzenia.

W przypadku odmiany *Rosi* w 2023 roku najwyższy plon uzyskano po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziołowego (20,26 t/ha), nieznacznie wyższy niż przy biopreparacie 1 (20,20 t/ha) i nanocząsteczkach (19,06 t/ha). Najniższy plon wystąpił po zaprawieniu wodą utlenioną (17,96 t/ha) oraz w kontroli (18,22 t/ha). W sezonie 2024 wszystkie wartości wzrosły, przy czym najlepszy wynik ponownie osiągnął ekstrakt (24,10 t/ha), a dalej biopreparat 1 (23,60 t/ha) i nanocząsteczki (22,10 t/ha). Średnia z dwóch lat potwierdza, że najwyższy plon w tej odmianie zapewniało zaprawianie ekstraktem (22,18 t/ha) i biopreparatem 1 (21,90 t/ha). Najniższy średni plon stwierdzono po zaprawieniu wodą utlenioną (18,78 t/ha).

Odmiana Colomba w 2023 roku plonowała na zbliżonym poziomie we wszystkich kombinacjach, z najlepszym wynikiem po biopreparacie 1 (42,74 t/ha) i biopreparacie 2 (41,99 t/ha). W sezonie 2024 zaobserwowano wzrost plonów we wszystkich wariantach, z najwyższym poziomem po biopreparacie 1 (54,60 t/ha) i nanocząsteczkach (52,30 t/ha). Najniższe wartości w obu sezonach uzyskano w kombinacji z ekstraktem (41,20 i 48,90 t/ha). Średnio z dwóch lat najlepszy plon uzyskano po zaprawianiu biopreparatem 1 (48,67 t/ha), a najniższy po ekstrakcie (45,05 t/ha), mimo że nadal był on wyższy niż kontrola (46,35 t/ha).



Rysunek 49. Średni końcowy plon bulw (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań

Na podstawie wyników z dwóch sezonów badań można stwierdzić, że w czwartym terminie sadzenia zaprawianie bulw wpływało pozytywnie na plonowanie obu odmian. W przypadku odmiany Rosi największą efektywność wykazały ekstrakt mineralno-ziolowy oraz biopreparat 1. Dla odmiany Colomba najkorzystniejsze okazało się zaprawianie biopreparatem 1 i nanocząsteczkami. Woda utleniona we wszystkich przypadkach dawała najniższe lub jedno z najniższych rezultatów, co wskazuje na jej ograniczoną skuteczność w poprawie plonowania przy późnym terminie sadzenia. Ogólnie plony w 2024 roku były wyższe niż w 2023, co może być wynikiem lepszych warunków pogodowych lub wyższej skuteczności działania preparatów w drugim sezonie.

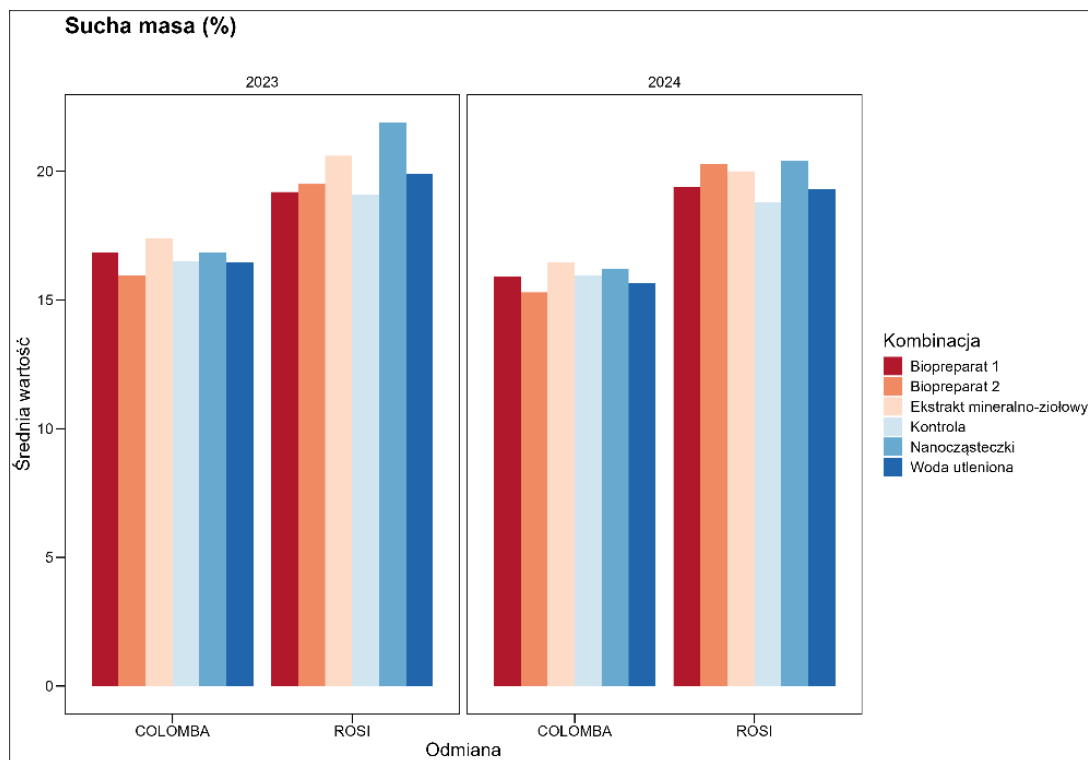


4.4.2. Ocena wpływu zaprawiania bulw na zawartość suchej masy

Zaprawianie bulw ziemniaka jest powszechnie stosowaną praktyką mającą na celu poprawę zdrowotności roślin, stymulację ich wzrostu w początkowej fazie rozwoju oraz ochronę przed chorobami i czynnikami stresowymi. Odpowiednio dobrane preparaty mogą także wpływać na parametry plonotwórcze i jakość technologiczną bulw. Zawartość suchej masy w bulwach jest istotnym wskaźnikiem technologicznej przydatności surowca i wpływa bezpośrednio na wartość przetwórczą oraz konsumpcyjną.

W przypadku odmiany Colomba w 2023 roku najwyższe średnie wartości zawartości suchej masy uzyskano po zastosowaniu ekstraktu mineralno-ziółowego (17,4%) oraz biopreparatu 1 (16,85%). Zbliżone wyniki uzyskano dla kombinacji z nanocząsteczkami (16,45%) i kontroli (16,5%). Najniższy poziom suchej masy odnotowano po zaprawianiu biopreparatem 2 (15,95%). W sezonie 2024 wartości te uległy nieznacznemu obniżeniu – najwyższy wynik ponownie uzyskano po ekstrakcie (16,45%), a najniższy po biopreparacie 2 (15,3%). Zawartość suchej masy w bulwach tej odmiany pozostawała na zbliżonym poziomie w obu sezonach, co świadczy o umiarkowanej reakcji odmiany Colomba na zastosowane zaprawy.

Odmiana Rosi charakteryzowała się wyraźnie wyższą zawartością suchej masy niż Colomba. W 2023 roku najwyższą wartość osiągnięto po zastosowaniu ekstraktu (20,6%), a następnie nanocząsteczek (21,9%) – dane te potwierdzają silny wpływ tych preparatów na jakość plonu. Kombinacje z biopreparatami oraz wodą utlenioną również wykazywały wysoką zawartość suchej masy (od 19,2% do 19,9%). W sezonie 2024 najwyższe wartości ponownie zaobserwowano dla ekstraktu (20,0%) i biopreparatu 2 (20,3%). Najniższe wartości odnotowano w kontroli (18,8%), co świadczy o pozytywnym wpływie zaprawiania na parametry jakościowe bulw tej odmiany.

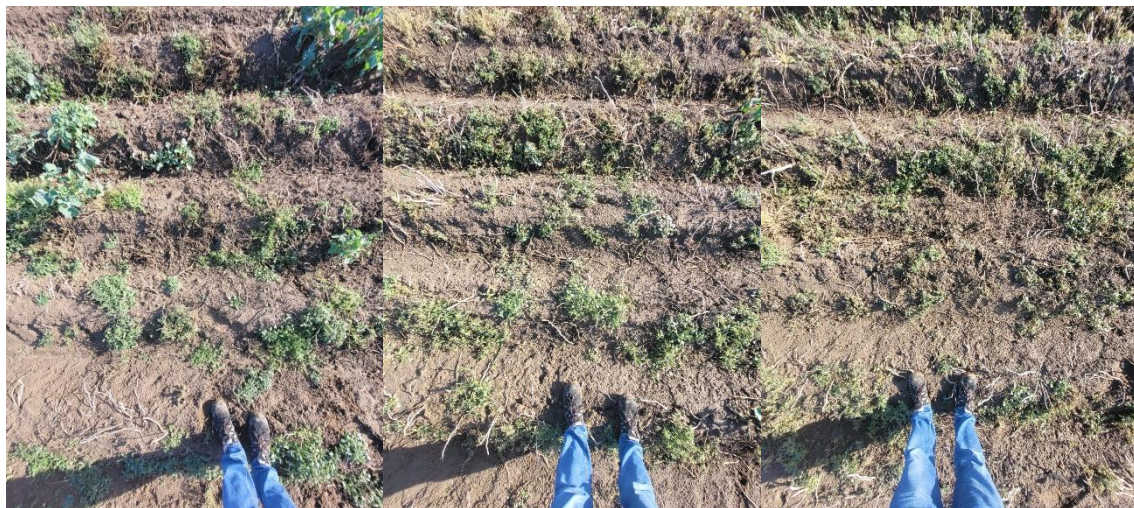


Rysunek 50. Średnia zawartość suchej masy (%) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań

Na podstawie uzyskanych danych można stwierdzić, że zaprawianie bulw wybranymi preparatami miało istotny wpływ na zawartość suchej masy, szczególnie w przypadku odmiany Rosi, która reagowała na zaprawy wzrostem tego parametru. Najlepsze efekty w obu odmianach przynosiło zastosowanie ekstraktu mineralno-ziolowego oraz biopreparatu 2. Odmiana Colomba, choć ogólnie charakteryzowała się niższą zawartością suchej masy, wykazywała stabilność wyników w obu sezonach. Dane potwierdzają, że właściwy dobór zaprawy może korzystnie wpływać nie tylko na plon, ale i jakość surowca ziemniaczanego.

4.5. Alternatywna technologia desykacji roślin ziemniaka przed zbiorem

Doświadczenie polowe przeprowadzono w dwóch kolejnych sezonach wegetacyjnych – 2023 i 2024 roku. Celem doświadczenia było porównanie skuteczności dwóch substancji aktywnych stosowanych do desykacji części nadziemnych ziemniaka: kwasu octowego oraz glifosatu. Zabiegi wykonano w trzech powtórzeniach dla każdego wariantu.



Fotografia 6. Dokumentacja fotograficzna desykacji

Zabiegi desykacyjne przeprowadzono według następującego schematu:

- Wariant I – pojedyncza aplikacja glifosatu
- Wariant II – dwukrotna aplikacja kwasu octowego, przy czym drugi zabieg wykonano po 7 dniach od pierwszego.

Ocena skuteczności desykacji została przeprowadzona w dwóch terminach: po 7 dniach oraz po 28 dniach od wykonania pierwszego zabiegu. Skala oceny opierała się na procentowym udziale zasuszonych części nadziemnych roślin ziemniaka w stosunku do powierzchni całkowitej.

Tabela 2. Procentowy udział obumartłych części nadziemnych roślin ziemniaka

Rok	Obiekt	I termin	II termin
		(1 tydz. po desykacji) [%]	(4 tyg. po desykacji) [%]
2023	A	28,3 a	96,0 c
	B	12,3 b	98,7 c
2024	A	26,7 a	97,7 c
	B	8,3 b	98,7 c

Uzyskane wyniki jednoznacznie potwierdzają zróżnicowanie skuteczności badanych substancji aktywnych. Różnice te są widoczne zarówno w czasie działania, jak i w ostatecznym efekcie desykacyjnym. Analiza wyników w dwóch niezależnych sezonach wegetacyjnych umożliwia również ocenę stabilności działania każdego wariantu w odmiennych warunkach



środowiskowych. Zgromadzone dane liczbowe wskazują nie tylko na skuteczność końcową, ale również na dynamikę działania poszczególnych substancji.

W warunkach sezonu 2023 roku obserwowano wyraźne różnice w dynamice działania obu substancji.

Kwas octowy charakteryzował się szybkim działaniem bezpośrednio po aplikacji – średnia skuteczność po 7 dniach wyniosła 21%, co świadczy o stosunkowo szybkim początku procesu wędnięcia i zamierania naci. Jednak dopiero po wykonaniu drugiego zabiegu, efekty były w pełni widoczne. Po 28 dniach skuteczność wzrosła do 72%. Najwyższą wartość uzyskano w powtórzeniu drugim (98%), co wskazuje na dużą efektywność przy powtórzonej aplikacji. Warto jednak zaznaczyć, że skuteczność była nieco zróżnicowana – od 95% do 98%, co może wynikać z lokalnych warunków wilgotności gleby lub różnic w stadium rozwoju roślin.

Glifosat działał wolniej na początku, co potwierdza niska średnia skuteczność po 7 dniach (9%). Jednak dzięki swojej systemicznej naturze, substancja ta wykazała się wysoką efektywnością w dłuższym okresie. Po 28 dniach skuteczność wzrosła do 74%, przy czym w jednym z powtórzeń osiągnięto 100% zaschnięcia. Oznacza to, że pomimo wolniejszego działania początkowego, glifosat jest wysoce skuteczny w dłuższej perspektywie bez konieczności powtarzania zabiegu.

Sezon 2024 potwierdził stabilność efektów działania obu środków, choć warunki pogodowe mogły nieznacznie wpłynąć na dynamikę ich działania.

Kwas octowy znów wykazał umiarkowaną skuteczność po pierwszym tygodniu – średnio 20%, co świadczy o podobnym początku działania jak rok wcześniej. Po powtórzeniu zabiegu i upływie 28 dni skuteczność wyniosła 73%, z maksymalnym efektem 100% w powtórzeniu trzecim. Wyniki wskazują, że systematyczne powtórzenie aplikacji zapewnia dobry efekt końcowy, choć nadal nieco niższy niż przy zastosowaniu glifosatu.

Glifosat ponownie działał wolniej w pierwszym tygodniu (średnio 6%), jednak już po 28 dniach osiągnął 74% skuteczności, czyli wartość porównywalną z rokiem poprzednim. To dowód na jego stabilność działania w różnych warunkach pogodowych i glebowych, przy zachowaniu prostoty jednozabiegowej aplikacji.



Podsumowanie

Zarówno kwas octowy, jak i glifosat, mogą być skutecznie wykorzystane do desykacji części nadziemnych ziemniaka, przy czym każdy ze środków wykazuje odmienny profil działania i efektywności końcowej.

- Kwas octowy:
 - Szybki efekt początkowy (~20–21% po 7 dniach)
 - Konieczność wykonania dwóch zabiegów
 - Końcowa skuteczność na poziomie 72–73% po 28 dniach
 - Potencjalnie odpowiedni dla upraw ekologicznych lub tam, gdzie stosowanie glifosatu jest ograniczone
 - Wymaga większego nakładu pracy oraz logistyki związanej z powtórzeniem zabiegu
- Glifosat:
 - Wolniejszy efekt początkowy (~6–9% po 7 dniach)
 - Wystarczający jeden zabieg
 - Końcowa skuteczność 74–100% po 28 dniach
 - Dobra stabilność działania w różnych warunkach pogodowych
 - Odpowiedni do intensywnych, zmechanizowanych upraw, gdzie liczy się ekonomika zabiegu i ograniczenie kosztów operacyjnych

W przypadku, gdy desykacja musi być wykonana szybko, a możliwa jest ponowna aplikacja, kwas octowy może być skuteczną alternatywą. Glifosat pozostaje najskuteczniejszym rozwiązaniem w dłuższym okresie, zwłaszcza gdy istotne jest ograniczenie kosztów i logistyki. Wybór środka powinien być uzależniony od: wymagań rynku (np. ekologiczne standardy), przewidywanego terminu zbioru, dostępnych zasobów roboczych oraz dopuszczalności stosowania herbicydów.



5. Wnioski z badań i wytworzenie innowacji

5.1.1. Wytworzenie innowacji technologicznej w zakresie przechowywania ziemniaka z wykorzystaniem zamgławiania i zaprawiania

W ramach realizacji projektu Control Potato opracowano kompleksową, ulepszoną technologię przechowywania ziemniaków, opartą na synergicznym wykorzystaniu naturalnych regulatorów wzrostu w postaci olejków eterycznych oraz innowacyjnych zapraw biologicznych. Prace badawczo-rozwojowe prowadzone w warunkach przemysłowych potwierdziły skuteczność tego podejścia w ograniczaniu niekontrolowanego kiełkowania bulw oraz minimalizacji strat związanych z chorobami przechowalniczymi.

Kluczowym elementem innowacji było wdrożenie technologii zamgławiania bulw olejkami miętowym i pomarańczowym, które wykazały wysoką skuteczność w hamowaniu procesów kiełkowania w obu testowanych systemach przechowywania – zarówno luzem, jak i w skrzyniopaletach. Badania potwierdziły, że regularne stosowanie olejków eterycznych w odpowiednich dawkach znacząco ograniczało rozwój kiełków, co przełożyło się na utrzymanie wysokiej jakości handlowej ziemniaków przez cały okres przechowywania. Szczególnie efektywny okazał się olejek pomarańczowy, który w porównaniu do kontroli wykazywał wyraźne zmniejszenie intensywności kiełkowania, zapewniając jednocześnie bezpieczeństwo dla konsumenta oraz pełną zgodność z wymaganiami rolnictwa ekologicznego.

Uzupełnieniem procesu zamgławiania było zastosowanie innowacyjnych zapraw biologicznych, które zostały poddane szerokim testom w warunkach przechowalniczych. Wśród analizowanych rozwiązań, woda utleniona wyróżniła się jako najskuteczniejszy środek w ograniczaniu strat spowodowanych przez choroby przechowalnicze – w większości terminów badawczych całkowicie eliminowała występowanie mokrej zgnilizny. Dodatkowo, w jednym z terminów zaobserwowano istotne zmniejszenie zawartości cukrów redukujących aż o 67%, co miało pozytywny wpływ na jakość bulw w kontekście ich dalszego przetwórstwa.

Mieszanki mineralno-ziółowe wykazały wysoką skuteczność w ograniczaniu akumulacji cukrów redukujących, obniżając ich poziom w porównaniu do kontroli. Dzięki temu możliwe było przedłużenie okresu przechowywania bez ryzyka pogorszenia jakości surowca. Z kolei biopreparaty przyczyniły się do poprawy parametrów plonotwórczych, szczególnie wpływając na zwiększenie liczby bulw na roślinę, co w przyszłości może mieć znaczenie nie tylko w kontekście przechowywania, ale również w planowaniu produkcji. Nanocząsteczki natomiast, mimo że osiągnęły najwyższe wartości plonu, w warunkach przechowalniczych wykazywały zmienną skuteczność, co wskazuje na potrzebę dalszego dopracowania tej technologii pod kątem przechowywania.



Efektem przeprowadzonych badań było opracowanie precyzyjnych wytycznych dotyczących optymalnych warunków stosowania zamgławiania oraz zaprawiania, uwzględniających częstotliwość zabiegów, warunki przechowywania (temperatura, wilgotność) oraz dostosowanie metod do systemu magazynowania (luzem lub w skrzyniopaletach). Wytworzona technologia pozwala na istotne ograniczenie chemizacji przechowalnictwa, eliminując konieczność stosowania syntetycznych środków ochrony roślin, co bezpośrednio wpisuje się w założenia Europejskiego Zielonego Ładu oraz strategii ograniczania pestycydów.

Podsumowując, innowacja opracowana w ramach projektu Control Potato stanowi kompleksowe rozwiązanie, które nie tylko zwiększa trwałość przechowywanych ziemniaków, ale również poprawia ich jakość, ogranicza straty ekonomiczne i wspiera rolnictwo zrównoważone. Synergia działania olejków eterycznych i zapraw biologicznych potwierdziła wysoką efektywność tej technologii, czyniąc ją gotową do wdrożenia w praktyce zarówno w gospodarstwach rolnych, jak i w dużych przechowalniach przemysłowych.

5.1.2. Wytworzenie innowacji technologicznej w zakresie dysykcji ziemniaka

W ramach projektu Control Potato opracowano innowacyjną technologię desykacji ziemniaka, wykorzystującą roztwór kwasu octowego jako naturalną alternatywę dla tradycyjnych środków chemicznych, takich jak glifosat. Przeprowadzone badania polowe potwierdziły wysoką skuteczność tej metody, przy jednoczesnym wyeliminowaniu ryzyka związanego z pozostałościami substancji chemicznych w glebie i plonie. Zastosowanie kwasu octowego o stężeniu 20% umożliwiło szybkie uzyskanie efektu agrotechnicznego — efekt zasychania łęcin był widoczny już po 3 dniach od zabiegu. Dla porównania, w przypadku glifosatu pierwsze oznaki zasychania pojawiały się po około 5 dniach. W dłuższej perspektywie, po 28 dniach, skuteczność obu metod była porównywalna i zapewniała pełne zasychanie łęcin, co potwierdziło, że technologia oparta na kwasie octowym może w pełni zastąpić chemiczne środki desykujące w zakresie efektu końcowego.

Kluczową przewagą opracowanej technologii nad tradycyjnymi rozwiązaniami jest fakt, że kwas octowy nie pozostawia żadnych pozostałości w roślinach ani w glebie po wykonaniu zabiegu. W przeciwieństwie do glifosatu, którego obecność w środowisku może utrzymywać się przez długi czas, stanowiąc potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzi oraz bioróżnorodności, kwas octowy ulega całkowitemu rozkładowi, nie wprowadzając do ekosystemu żadnych trwałych zanieczyszczeń. Dzięki temu technologia desykacji kwasem octowym spełnia wymagania rolnictwa ekologicznego oraz odpowiada na rosnące oczekiwania rynku w zakresie bezpieczeństwa żywnościowego i ograniczenia chemizacji produkcji. Brak pozostałości eliminuje również ryzyko związane z kontrolami jakości i



spełnianiem norm dotyczących zawartości pestycydów w produktach rolnych przeznaczonych do sprzedaży.

Dodatkową zaletą tej technologii jest możliwość znacznego skrócenia okresu karencji. W przypadku zastosowania kwasu octowego zbiór mógłby zostać przeprowadzony już po 3 dniach od zabiegu, co daje rolnikom większą elastyczność w planowaniu prac polowych i pozwala na lepsze dostosowanie terminu zbioru do warunków pogodowych oraz wymagań kontraktacyjnych. Dla porównania, w przypadku glifosatu okres karencji wynosił co najmniej 14 dni, co mogło prowadzić do ryzyka strat jakościowych związanych z niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi w czasie oczekiwania na zbiór.

Istotnym atutem opracowanej innowacji jest również jej łatwość wdrożenia. Zabieg desykacji kwasem octowym został wykonany przy użyciu standardowych opryskiwaczy polowych, bez konieczności modyfikacji sprzętu czy ponoszenia dodatkowych kosztów inwestycyjnych. Dzięki temu technologia ta jest dostępna zarówno dla małych i średnich gospodarstw, jak i dla dużych producentów, co sprzyja jej szybkiemu upowszechnieniu. Prosta aplikacja oraz wykorzystanie ogólnodostępnej substancji, jaką jest kwas octowy, czynią tę metodę ekonomicznie atrakcyjną i łatwą do zaimplementowania w różnych modelach produkcji rolnej.

Technologia desykacji kwasem octowym wpisuje się w cele Europejskiego Zielonego Ładu oraz strategii „Od pola do stołu”, wspierając dążenia do ograniczenia stosowania syntetycznych środków ochrony roślin, poprawy bezpieczeństwa żywności oraz ochrony środowiska. Jej wdrożenie może przyczynić się do zwiększenia konkurencyjności gospodarstw stosujących rozwiązania ekologiczne, odpowiadając na rosnące zapotrzebowanie rynku na produkty wytwarzane w sposób zrównoważony.

Podsumowując, opracowana w ramach projektu Control Potato technologia desykacji ziemniaka z wykorzystaniem kwasu octowego stanowi nowoczesne, bezpieczne i skuteczne rozwiązanie, które może zastąpić chemiczne środki desykujące w uprawie ziemniaka. Szybki efekt działania, brak pozostałości, skrócony okres karencji oraz łatwość wdrożenia czynią tę innowację szczególnie atrakcyjną zarówno z perspektywy rolników, jak i konsumentów oraz regulatorów. Technologia ta ma potencjał, by stać się standardem w nowoczesnym, zrównoważonym rolnictwie, minimalizując wpływ produkcji rolnej na środowisko przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiej efektywności produkcyjnej.

5.1.3. Wnioski z wytworzenia innowacji

Wnioski z realizacji projektu Control Potato w zakresie technologii przechowywania ziemniaków jednoznacznie potwierdzają skuteczność zastosowanych innowacyjnych metod zaprawiania oraz wpływ systemu przechowywania na ograniczenie niekontrolowanego



kiełkowania i poprawę parametrów jakościowych bulw. Spośród wszystkich testowanych rozwiązań, szczególnie wyróżniły się dwa środki: woda utleniona oraz nanocząsteczki. Woda utleniona, stosowana jako środek dezynfekujący i zapobiegający rozwojowi patogenów, wykazała wysoką efektywność w ograniczaniu kiełkowania w systemie przechowywania luzem, osiągając iloraz indeksu kiełkowania (IK) na poziomie 0,86 w pierwszym terminie, co oznaczało realne zahamowanie procesu kiełkowania względem kontroli. Dodatkowo, woda utleniona całkowicie wyeliminowała porażenie mokrą zgnilizną w każdym z trzech terminów zaprawiania w systemie paletowym (redukcja porażenia o 100% względem kontroli).

Nanocząsteczki, choć w pierwszych terminach wykazywały wyższy indeks kiełkowania (np. 1,57 w systemie luzem w I terminie), potwierdziły swoją przydatność w kontekście maksymalizacji plonu. W najlepszych warunkach uzyskano plon całkowity na poziomie 51,69 t/ha. Warto jednak zaznaczyć, że nanocząsteczki w dłuższym okresie przechowywania wiązały się ze wzrostem porażenia chorobami (średni wzrost porażenia mokrą zgnilizną o 53% względem kontroli), co sugeruje konieczność ostrożnego ich stosowania lub łączenia z innymi metodami ochrony.

W odniesieniu do zawartości cukrów redukujących, które mają kluczowe znaczenie dla jakości technologicznej ziemniaków, najlepsze rezultaty uzyskano po zastosowaniu wody utlenionej w systemie luzem, gdzie średnia zawartość cukrów wyniosła 0,65%, podczas gdy w kontroli osiągnęła poziom 1,38%. W systemie skrzyniopaletowym najskuteczniejszy okazał się ekstrakt mineralno-ziolowy (średni spadek zawartości cukrów o 14% względem kontroli). Nanocząsteczki w obu systemach wykazały umiarkowaną skuteczność w ograniczaniu tego parametru (średnia zawartość cukrów redukujących 1,17% w systemie luzem).

Kolejnym istotnym wnioskiem jest potwierdzenie, że system przechowywania w skrzyniopaletach znacząco wpływał na ograniczenie intensywności kiełkowania w porównaniu do przechowywania luzem. W końcowym pomiarze indeks kiełkowania w systemie paletowym nie przekroczył wartości 2,79, co kwalifikowało go do niskiego poziomu intensywności kiełkowania. System ten sprzyjał również stabilizacji warunków mikroklimatycznych, co w połączeniu z zastosowanymi zaprawami dawało najlepsze rezultaty w długoterminowym przechowywaniu.

Podsumowując, wyniki projektu Control Potato wskazują, że woda utleniona powinna być rekomendowana jako uniwersalne rozwiązanie w technologii przechowywania ziemniaków, ze względu na jej wysoką skuteczność w ograniczaniu zarówno kiełkowania, jak i chorób przechowalniczych. Nanocząsteczki posiadają potencjał w zakresie zwiększania plonów, jednak ich wpływ na zdrowotność bulw wymaga dalszych badań optymalizacyjnych. System skrzyniopaletowy potwierdził swoją przewagę nad przechowywaniem luzem, co powinno być



kluczowym elementem przyszłych zaleceń technologicznych. Wyniki badań stanowią solidną podstawę do wdrażania innowacyjnych rozwiązań w praktyce rolniczej, szczególnie w kontekście dążenia do ograniczenia chemizacji i poprawy jakości przechowywanych ziemniaków.



6. Perspektywa dalszego rozwoju i rekomendacja działań

6.1.1. Testowanie innych olejków eterycznych, być może wytwarzanych na poziomie gospodarstwa

Wyniki projektu Control Potato potwierdziły skuteczność olejków eterycznych, takich jak pomarańczowy i miętowy, w ograniczaniu kiełkowania ziemniaków podczas przechowywania. W związku z tym rekomenduje się dalsze poszerzenie badań o inne rodzaje olejków, zwłaszcza te, które mogą być produkowane lokalnie na poziomie gospodarstwa. Olejki eteryczne z roślin takich jak lawenda, tymianek, rozmaryn czy eukaliptus wykazują udokumentowane właściwości przeciwgrzybicze i przeciwbakteryjne, co może dodatkowo wspierać ochronę bulw przed chorobami przechowalniczymi. Produkcja olejków eterycznych w gospodarstwie pozwoliłaby na obniżenie kosztów operacyjnych oraz zwiększenie samowystarczalności rolników, wpisując się w trend gospodarki cyrkularnej i lokalnych łańcuchów dostaw. Dalsze badania powinny koncentrować się na określeniu optymalnych stężeń, częstotliwości aplikacji oraz synergii pomiędzy różnymi olejkami. Istotne będzie również sprawdzenie wpływu tych substancji na różne odmiany ziemniaka oraz ich ewentualny efekt na walory sensoryczne i przechowalnicze bulw. Rekomendacja ta zakłada także rozwój prostych technologii destylacji olejków w warunkach gospodarstwa, co mogłoby stać się dodatkowym źródłem dochodu dla producentów rolnych.

6.1.2. Sposoby zwiększonej dezynfekcji w przechowalnictwie

Rezultaty projektu jednoznacznie wykazały, że skuteczna dezynfekcja powierzchni bulw oraz przestrzeni przechowalniczej jest kluczowym elementem ograniczania strat związanych z chorobami, zwłaszcza mokrą zgnilizną. Woda utleniona, która w badaniach całkowicie eliminowała porażenie bulw w przechowywaniu paletowym, powinna stać się podstawą do opracowania rozszerzonych procedur dezynfekcji. Rekomenduje się rozwój metod obejmujących nie tylko zaprawianie bulw, ale również regularną dezynfekcję infrastruktury przechowalniczej – ścian, podłóg, skrzyniopalet oraz systemów wentylacyjnych. Wskazane jest również przetestowanie innych bezpiecznych dla żywności środków dezynfekcyjnych, takich jak kwas nadoctowy, ozonowanie czy lampy UV-C, które mogłyby działać komplementarnie z wodą utlenioną. Celem tych działań powinno być stworzenie zintegrowanego systemu higienizacji, minimalizującego ryzyko rozwoju patogenów w całym okresie przechowywania. Dodatkowo, warto rozważyć wdrożenie procedur monitorowania czystości mikrobiologicznej w czasie rzeczywistym, co pozwoliłoby na szybką reakcję w przypadku pojawienia się zagrożeń. Zwiększenie standardów dezynfekcji nie tylko ograniczy



straty jakościowe, ale również wpisze się w wymagania odbiorców przemysłowych dotyczące bezpieczeństwa surowca.

6.1.3. Zastosowanie wody utlenionej w niewielkich procesach związanych z pracą z żywnością i uprawami okopowymi

Woda utleniona, która w projekcie Control Potato wykazała wysoką skuteczność w ograniczaniu chorób przechowalniczych ziemniaka, posiada znacznie szerszy potencjał zastosowania w gospodarstwach rolnych i przetwórstwie. Rekomenduje się wdrożenie procedur wykorzystania roztworów wody utlenionej w małych, codziennych procesach związanych z obróbką płodów rolnych, zwłaszcza warzyw okopowych. Może ona być stosowana do dezynfekcji narzędzi, powierzchni roboczych, pojemników transportowych, a także jako łagodny środek do płukania warzyw przed przechowywaniem lub sprzedażą bezpośrednią. Dzięki właściwościom utleniającym, woda utleniona skutecznie redukuje obecność bakterii i grzybów, nie pozostawiając szkodliwych pozostałości, co czyni ją idealnym rozwiązaniem w produkcji ekologicznej i zrównoważonej. Dalsze działania powinny obejmować opracowanie prostych instrukcji stosowania, dostosowanych do różnych skal produkcji, uwzględniających bezpieczne stężenia i częstotliwość aplikacji. Możliwość wykorzystania wody utlenionej jako elementu systemu bioasekuracji w gospodarstwach może przyczynić się do zmniejszenia strat, poprawy jakości produktów oraz spełnienia rosnących wymagań odbiorców w zakresie higieny i bezpieczeństwa żywności.

6.1.4. Implementacja kwasu octowego w produkcji ekologicznej

Wyniki projektu Control Potato potwierdziły, że kwas octowy może być skuteczną i bezpieczną alternatywą dla chemicznych środków desykujących, takich jak glifosat. W związku z tym rekomenduje się wdrożenie tej technologii w gospodarstwach prowadzących produkcję ekologiczną oraz integrowaną. Kwas octowy, jako substancja powszechnie stosowana w przemyśle spożywczym, wpisuje się w standardy ekologiczne, nie pozostawiając szkodliwych pozostałości w glebie ani w roślinach. Jego szybkie działanie (widoczny efekt zasychania łęcin już po 3 dniach) oraz brak okresu karencji typowego dla chemicznych desykantów stanowią dodatkowe atuty w praktyce rolniczej. Rekomendowane jest opracowanie procedur aplikacji dostosowanych do różnych odmian ziemniaka oraz warunków klimatycznych, a także przeszkolenie rolników w zakresie bezpiecznego i efektywnego stosowania roztworów kwasu octowego. Dalsze działania powinny objąć również formalizację tej technologii w ramach certyfikacji ekologicznej, co ułatwi jej szerokie wdrożenie. Potencjał zastosowania kwasu octowego wykracza poza ziemniaki – możliwe jest jego wykorzystanie w innych uprawach



wymagających desykacji, np. w roślinach strączkowych czy lnianych, co dodatkowo zwiększa uniwersalność tego rozwiązania w rolnictwie ekologicznym.

6.1.5. Rozwój cyfrowego pomiaru parametrów mikroklimatu i ziemniaków przy pomocy sztucznej inteligencji i Internet of Things (IoT)

Skuteczność przechowywania ziemniaków w dużej mierze zależy od utrzymania optymalnych warunków mikroklimatycznych oraz szybkiej reakcji na zmieniające się parametry środowiska. W związku z tym rekomenduje się rozwój systemów cyfrowych opartych na technologii IoT, wspieranych przez algorytmy sztucznej inteligencji (AI), które umożliwią bieżący monitoring i automatyczne zarządzanie warunkami przechowalniczymi. Sieć czujników rozmieszczonych w przechowalniach mogłaby kontrolować temperaturę, wilgotność, stężenie gazów oraz inne istotne wskaźniki, przesyłając dane w czasie rzeczywistym do systemów analitycznych. AI analizowałaby te dane, przewidując ryzyko kiełkowania, rozwoju chorób czy pogorszenia jakości bulw, a następnie sugerowała lub automatyzowała działania korygujące, takie jak regulacja wentylacji czy przypomnienia o zabiegach zamglawiania i dezynfekcji. Takie rozwiązanie zwiększyłoby efektywność zarządzania przechowalnictwem, ograniczyło straty i zoptymalizowało zużycie energii. Dodatkowo, integracja systemu z aplikacjami mobilnymi umożliwiłaby rolnikom zdalny dostęp do informacji o stanie przechowywanych plonów, co wpisuje się w koncepcję rolnictwa 4.0 oraz nowoczesnych modeli zarządzania gospodarstwem.

6.1.6. Rozwój technologii bezpiecznego mikrobiologicznie i chorobowo sadzeniaka

Wyniki projektu Control Potato wskazują, że zastosowanie wody utlenionej oraz innych naturalnych środków dezynfekcyjnych skutecznie ogranicza rozwój patogenów podczas przechowywania bulw. Na tej podstawie rekomenduje się rozwój technologii dedykowanych produkcji sadzeniaka o podwyższonym bezpieczeństwie mikrobiologicznym. Opracowanie procedur zaprawiania materiału sadzeniowego wodą utlenioną lub innymi bezpiecznymi substancjami mogłoby znacząco zmniejszyć ryzyko przenoszenia chorób w kolejnych cyklach uprawowych. Dodatkowo, wdrożenie takich technologii wpłynęłoby na poprawę jakości sadzeniaka, co ma kluczowe znaczenie dla plonowania i zdrowotności plantacji. Rekomenduje się przeprowadzenie badań nad wpływem naturalnych metod dezynfekcji na parametry fizjologiczne sadzeniaka, takie jak energia kiełkowania czy odporność na stresy biotyczne i abiotyczne. W perspektywie rynkowej, produkcja certyfikowanego, bezpiecznego mikrobiologicznie sadzeniaka może stać się istotnym elementem przewagi konkurencyjnej, zwłaszcza w sektorze rolnictwa ekologicznego i integrowanego. Warto również rozważyć



integrację tych technologii z systemami monitoringu jakości, co umożliwiłoby pełną kontrolę procesu przygotowania materiału sadzeniowego.

6.1.7. Zarządzanie parametrami ziemniaka w czasie na potrzeby specyficznych grup odbiorców – chipsów, galanterii ziemniaczanej itp.

Różne segmenty rynku ziemniaka wymagają odmiennego podejścia do przechowywania i przygotowania bulw pod kątem parametrów jakościowych, takich jak zawartość cukrów redukujących, skrobi czy wilgotności. W oparciu o wyniki projektu Control Potato rekomenduje się rozwój systemów umożliwiających dynamiczne zarządzanie parametrami przechowywanych ziemniaków w zależności od docelowego przeznaczenia surowca. Przykładowo, produkcja chipsów wymaga minimalizacji zawartości cukrów redukujących, aby ograniczyć ciemnienie podczas smażenia, natomiast galanteria ziemniaczana (kluski, puree) preferuje bulwy o wysokiej zawartości skrobi. Zastosowanie technologii takich jak kontrolowane zamgławianie, zaprawianie czy regulacja mikroklimatu pozwala na kształtowanie tych parametrów w trakcie przechowywania. Rekomenduje się opracowanie algorytmów i harmonogramów zabiegów dostosowanych do potrzeb konkretnych grup odbiorców. Tego typu podejście umożliwiłoby producentom ziemniaków elastyczne reagowanie na wymagania rynku oraz zwiększenie wartości dodanej produktu. Wdrożenie systemów precyzyjnego zarządzania jakością bulw może również ułatwić negocjacje kontraktacyjne oraz poprawić konkurencyjność gospodarstw wyspecjalizowanych w dostawach do przemysłu przetwórczego.



7. Spis obiektów

7.1. Spis rysunków

Rysunek 1. Wilgotność względna oraz temperatura produktu i w hali dla przechowywania w systemie skrzyniopaletowym (zrzut z raportu interaktywnego do monitorowania mikroklimatu)	21
Rysunek 2. Średnie temperatury ziemniaków na różnych poziomach przechowywania w systemie skrzyniopaletowym (zrzut z raportu interaktywnego do monitorowania mikroklimatu)	22
Rysunek 3. Wilgotność względna oraz temperatura produktu i w hali dla przechowywania w systemie luzem na pryzmie (zrzut z raportu interaktywnego do monitorowania mikroklimatu)	22
Rysunek 4. Średnie temperatury ziemniaków na różnych poziomach przechowywania w systemie luzem na pryzmie (zrzut z raportu interaktywnego do monitorowania mikroklimatu)	23
Rysunek 5. Schemat doświadczenia polowego z zastosowaniem różnych preparatów do zaprawiania bulw	25
Rysunek 6. Wskaźnik ilorazu indeksu kiełkowania w I terminie badawczym po zastosowaniu różnych zapraw	30
Rysunek 7. Wskaźnik ilorazu indeksu kiełkowania w II terminie badawczym po zastosowaniu różnych zapraw	31
Rysunek 8. Wskaźnik ilorazu indeksu kiełkowania w III terminie badawczym po zastosowaniu różnych zapraw	32
Rysunek 9. Wskaźnik ilorazu indeksu kiełkowania w IV terminie badawczym po zastosowaniu różnych zapraw	33
Rysunek 10. Efekt ograniczenia kiełkowania wyrażony średnim wskaźnikiem ilorazu indeksu kiełkowania poprzez zaprawianie bulw w systemie przechowywania luzem oraz paletowym	34
Rysunek 11. Ocena wpływu zaprawiania bulw ziemniaka na indeks kiełkowania, średnio poprzez lata badań i terminy badań w okresie przechowywania w podziale na system przechowalniczy	35
Rysunek 12. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech do kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu luzem na pryzmie w II terminie badań	38
Rysunek 13. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech do kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu luzem na pryzmie w III terminie badań	39
Rysunek 14. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech do kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu luzem na pryzmie w IV terminie badań	41
Rysunek 15. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech jakości względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu luzem na pryzmie średnio poprzez terminy badań	42
Rysunek 16. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech jakości względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu skrzyniopaletowym w II terminie badań	44
Rysunek 17. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech jakości względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu skrzyniopaletowym w III terminie badań	45



Rysunek 18. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech jakości względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu skrzyniopaletowym w IV terminie badań	46
Rysunek 19. Wskaźniki ilorazu wartości badanych cech jakości względem kontroli w podziale na zastosowane zaprawianie w przechowywaniu skrzyniopaletowym średnio poprzez terminy badań	48
Rysunek 20. Zawartość cukrów redukujących w badanych kombinacjach zaprawiania bulw średnio poprzez lata i terminy badań w podziale na system przechowywania	50
Rysunek 21. Porażenie bulw mokrą zgnilizną w badanych kombinacjach zaprawiania bulw średnio poprzez lata i terminy badań w podziale na system przechowywania	52
Rysunek 22. Zawartość skrobi w badanych kombinacjach zaprawiania bulw średnio poprzez lata i terminy badań w podziale na system przechowywania	54
Rysunek 23. Zawartość suchej masy w badanych kombinacjach zaprawiania bulw średnio poprzez lata i terminy badań w podziale na system przechowywania	56
Rysunek 24. Średnia liczba łodyg (szt./m ²) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Rosi w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji	58
Rysunek 25. Średnia masa łodyg (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Rosi w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji	59
Rysunek 26. Średnia masa korzeni (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Rosi w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji	61
Rysunek 27. Średnia liczba bulw (szt./roślinę) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Rosi w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji	62
Rysunek 28. Średni plon bulw (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Rosi w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji	64
Rysunek 29. Średnia liczba łodyg (szt./m ²) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Colomba w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji	66
Rysunek 30. Średnia masa łodyg (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Colomba w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji	67
Rysunek 31. Średnia masa korzeni (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Colomba w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji	69
Rysunek 32. Średnia liczba bulw (szt./roślinę) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Colomba w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji	70
Rysunek 33. Średni plon bulw (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw odmiany Colomba w podziale na lata i terminy badań w okresie wegetacji	72
Rysunek 34. Średnia liczba łodyg (szt./m ²) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2023 r.	73
Rysunek 35. Średnia liczba łodyg (szt./m ²) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2024 r.	74
Rysunek 36. Średnia masa łodyg (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2023 r.	75



Rysunek 37. Średnia masa łodyg (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2024 r.	76
Rysunek 38. Średnia liczba bulw (szt./roślinę) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2023 r.	77
Rysunek 39. Średnia liczba bulw (szt./roślinę) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2024 r.	77
Rysunek 40. Średnia masa korzeni (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2023 r.	78
Rysunek 41. Średnia masa korzeni (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2024 r.	79
Rysunek 42. Średni plon bulw (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2023 r.	80
Rysunek 43. Średni plon bulw (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i terminy badań w okresie wegetacji w 2023 r.	81
Rysunek 44. Średni plon bulw (t/ha) w okresie wegetacji dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań średnio poprzez terminy badań	83
Rysunek 45. Średnia liczba łodyg (szt./m ²) w okresie wegetacji dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań średnio poprzez terminy badań	85
Rysunek 46. Średnia masa łodyg (t/ha) w okresie wegetacji dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań średnio poprzez terminy badań	86
Rysunek 47. Średnia masa korzeni (t/ha) w okresie wegetacji dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań średnio poprzez terminy badań	88
Rysunek 48. Średnia liczba bulw (szt./roślinę) w okresie wegetacji dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań średnio poprzez terminy badań	89
Rysunek 49. Średni końcowy plon bulw (t/ha) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań	91
Rysunek 50. Średnia zawartość suchej masy (%) dla badanych kombinacji zaprawiania bulw w podziale na odmiany i lata badań	93

7.2. Spis fotografii

Fotografia 1. System do zamgławiania bulw podczas przechowywania	17
Fotografia 2. Skrzyniopaletowy system przechowywania ziemniaków	21
Fotografia 3. Panel sterowania mikroklimatem w przechowalni	24
Fotografia 4. Pobieranie prób roślinnych do oceny polowej rozwoju systemu korzeniowego ziemniaka	26
Fotografia 5. Próby bulw oraz części podziemnych do oceny wegetacji ziemniaka	26
Fotografia 6. Dokumentacja fotograficzna desykcji	94



7.3. Spis tabel

Tabela 1. Terminy stosowania zabiegu zamglawiania przechowywanych ziemniaków w różnych systemach olejkiem pomarańczowym	17
Tabela 2. Procentowy udział obumarłych części nadziemnych roślin ziemniaka	94