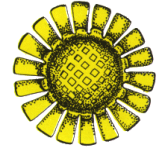




Uniwersytet Rolniczy
Im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa



Anna Pogodzińska
Nr albumu: 945

**Mikozy czosnku pospolitego (*Allium sativum* L.)
i możliwość ich ograniczenia z wykorzystaniem
substancji pochodzenia naturalnego**

Praca doktorska

Praca wykonana pod kierunkiem
dr hab. inż. Jacka Nawrockiego
w Katedrze Botaniki, Fizjologii i Ochrony Roślin

Kraków, 2023 rok

Składam serdeczne podziękowania

mojemu Promotorowi, Panu **dr hab. inż. J. Nawrockiemu**
za pomoc w czasie realizacji pracy

Panu **prof. dr hab. inż. S. Mazurowi**
za pomoc w jasnym formułowaniu myśli naukowej

Pracownikom naukowym, technicznym
z wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa za współpracę
i życzliwość w trakcie pracy doktorskiej

Mojej Mamie
za nieocenioną pomoc w realizacji badań, nieustanne
wsparcie i za wiarę we mnie zwłaszcza w momentach
zwątpienia

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	1
2. Przegląd literatury.....	3
2.1. Pochodzenie i produkcja	3
2.2. Biologia czosnku.....	3
2.3. Wartość odżywcza i lecznicza	4
2.4. Wymagania klimatyczne i glebowe czosnku	5
2.5. Uprawa czosnku.....	6
2.6. Zbiór i przechowywanie czosnku	9
2.7. Choroby czosnku	10
2.7.1. Choroby wirusowe i bakteryjne.....	10
2.7.2. Choroby powodowane przez grzyby i organizmy grzybopodobne	11
2.7.3. Szkodniki czosnku.....	12
2.8. Ochrona czosnku przed chorobami i szkodnikami	13
3. Badania własne	16
3.1. Cel badań	16
3.2. Hipotezy badawcze	16
3.3. Materiał i metody.....	16
3.3.1. Doświadczenia polowe	16
3.3.1.1. Lustracja plantacji zlokalizowanych wokół Krakowa	16
3.3.1.2. Układ doświadczenia polowego i stosowane zabiegi	17
3.3.1.3. Analiza warunków pogodowych	22
3.3.1.4. Analiza zdrowotności liści czosnku w okresie wzrostu roślin	22
3.3.1.5. Analiza zdrowotności cebul czosnku po zbiorze	22
3.3.2. Doświadczenia laboratoryjne	23
3.3.2.1. Izolacja i identyfikacja najważniejszych patogenów grzybowych	23
3.3.2.2. Badanie wpływu niektórych substancji biotechnicznych i chemicznych na wzrost liniowy wybranych grzybów w warunkach <i>in vitro</i>	24
3.3.2.3. Badania nad patogennością wybranych izolatów dla czosnku pospolitego	25
3.3.2.4. Test na kiełkowanie zarodników wybranych fitopatogenów w obecności wybranych czynników biotechnicznych.....	25
3.3.2.5. Metody analityczne	26
3.3.2.5.1. Oznaczenie suchej masy.....	26
3.3.2.5.2. Oznaczenie cukrów rozpuszczalnych.....	26
3.3.2.5.3. Oznaczenie kwasu L-askorbinowego.....	27
3.3.2.5.4. Oznaczanie składu mineralnego.....	27

3.3.2.5.5.	Ustalenie właściwości antyoksydacyjnych	27
3.3.2.5.6.	Oznaczanie związków fenolowych	28
3.3.3.	Doświadczenia szklarniowe	29
3.3.3.1.	Doświadczenie wazonowe nad wpływem zastosowanych preparatów na rozwój młodych roślin czosnku pospolitego	29
3.3.4.	Analiza statystyczna	30
4.	Wyniki badań.....	31
4.1.	Wyniki doświadczeń polowych	31
4.1.1.	Analiza warunków meteorologicznych w trakcie trwania doświadczeń polowych	31
4.1.2.	Ocena wpływu zastosowanych preparatów na zdrowotność liści czosnku pospolitego w okresie wzrostu roślin	33
4.1.3.	Ocena wpływu zastosowanych preparatów na zdrowotność czosnku pospolitego po zbiorze roślin	36
4.2.	Wyniki doświadczeń laboratoryjnych	38
4.2.1.	Mikroorganizmy wyizolowane z chorych cebul czosnku pospolitego z plantacji zlokalizowanych wokół Krakowa	38
4.2.3.	Ocena pomiarów biometrycznych główek czosnku pospolitego	41
4.2.4.	Badanie wpływu wybranych substancji biotechnicznych i chemicznych na wzrost liniowy testowanych grzybów w warunkach <i>in vitro</i>	44
4.2.5.	Badania nad patogenicznością wybranych izolatów dla czosnku pospolitego...55	
4.2.6.	Test na kiełkowanie zarodników wybranych fitopatogenów w obecności wybranych czynników biotechnicznych.....	58
4.2.7.	Metody analityczne.....	59
4.2.7.1.	Oznaczanie suchej masy	59
4.2.7.2.	Oznaczanie cukrów rozpuszczalnych	61
4.2.7.3.	Oznaczanie kwasu L-askorbinowego	63
4.2.7.4.	Oznaczanie składu mineralnego	65
4.2.7.5.	Oznaczanie właściwości antyoksydacyjnych	82
4.2.7.6.	Oznaczanie związków fenolowych.....	84
4.3.	Doświadczenia szklarniowe.....	86
4.3.4.	Doświadczenie wazonowe nad wpływem zastosowanych preparatów na rozwój młodych roślin czosnku pospolitego	86
5.	Dyskusja	91
6.	Wnioski.....	106
7.	Streszczenie	108
8.	Bibliografia.....	113

SPIS RYCIN I TABEL

Ryc. 1. Plantacja czonku zlokalizowana w pobliżu Krakowa (oryg. A. Pogodzińska).....	17
Ryc. 2. Czosnek odmiany Harnaś [Katalog odmian warzyw i kwiatów].....	17
Ryc. 3. Czosnek odmiany Arkus [Katalog odmian warzyw i kwiatów]	18
Ryc. 4. Czosnek odmiany Garpek [https://planasa.com/varietety/garlic-garpek/ (20.11.2022)]	18
Ryc. 5. Czosnek odmiany Jarus [Katalog odmian warzyw i kwiatów].....	19
Ryc. 6. Doświadczenie polowe założone na terenie Stacji Doświadczalnej Katedry Ogrodnictwa w Mydlnikach (oryg. A. Pogodzińska).....	19
Ryc. 7. Średnie miesięczne temperatury powietrza (stacja synoptyczna Kraków-Balice)	32
Ryc. 8. Sumy miesięczne opadów atmosferycznych (stacja synoptyczna Kraków-Balice)	32
Ryc. 9. Średnia miesięczna wilgotność względna powietrza (stacja synoptyczna Kraków- Balice).....	33
Ryc. 10. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego <i>Alternaria alternata</i>	45
Ryc. 11. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do <i>Alternaria alternata</i> w warunkach <i>in vitro</i>	45
Ryc. 12. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego <i>Alternaria embellisia</i>	46
Ryc. 13. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do <i>Alternaria embellisia</i> w warunkach <i>in vitro</i>	47
Ryc. 14. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego <i>Botrytis cinerea</i>	48
Ryc. 15. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do <i>Botrytis cinerea</i> w warunkach <i>in</i> <i>vitro</i>	48
Ryc. 16. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego <i>Fusarium avenaceum</i>	49
Ryc. 17. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do <i>Fusarium avenaceum</i> w warunkach <i>in vitro</i>	50
Ryc. 18. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego <i>Fusarium oxysporum</i>	51
Ryc. 19. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do <i>Fusarium oxysporum</i> w warunkach <i>in vitro</i>	51
Ryc. 20. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego <i>Penicillium expansum</i>	52
Ryc. 21. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do <i>Penicillium expansum</i> w warunkach <i>in vitro</i>	53
Ryc. 22. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego <i>Stromatinia cepivora</i>	54
Ryc. 23. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do <i>Stromatinia cepivora</i> w warunkach <i>in vitro</i>	54

Tab. 1. Składniki czosnku i ich właściwości biologiczne [Golonka i in. 2011].....	5
Tab. 2. Wykaz roślin zalecanych i nie zalecanych jako przedplon dla czosnku pospolitego [Robak 2020].....	7
Tab. 3. Optymalne zawartości składników pokarmowych dla czosnku [Robak 2020].....	8
Tab. 4. Preparaty wykorzystane do badań w latach 2017-2019	20
Tab. 5. Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez <i>Puccinia porri</i> uzyskane w 2017 roku [%].....	33
Tab. 6. Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez <i>Puccinia porri</i> uzyskane w 2018 roku [%].....	34
Tab. 7. Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez <i>Puccinia porri</i> uzyskane w 2019 roku [%].....	34
Tab. 8. Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez <i>Alternaria</i> spp. uzyskane w 2017 roku [%].....	35
Tab. 9. Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez <i>Alternaria</i> spp. uzyskane w 2018 roku [%].....	35
Tab. 10. Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez <i>Alternaria</i> spp. uzyskane w 2019 roku [%].....	36
Tab. 11. Indeksy porażenia piętek i cebul czosnku pospolitego uzyskane w 2017 roku [%] ..	36
Tab. 12. Indeksy porażenia piętek i cebul czosnku pospolitego uzyskane w 2018 roku [%] ..	37
Tab. 13. Indeksy porażenia piętek i cebul czosnku pospolitego uzyskane w 2019 roku [%] ..	37
Tab. 14. Mikroorganizmy wyizolowane z chorych cebul czosnku pospolitego <i>Allium sativum</i> L. z lokalnych plantacji w sąsiedztwie Krakowa	38
Tab. 15. Mikroorganizmy wyizolowane z chorych cebul czosnku pospolitego <i>Allium sativum</i> L. – Stacja Doświadczalna w Mydlnikach	39
Tab. 16. Współczynnik stałości występowania Mycota wyizolowanych z chorych cebul czosnku pospolitego <i>Allium sativum</i> L. – Stacja Doświadczalna w Mydlnikach	40
Tab. 17. Masa główek czosnku pospolitego uzyskana w 2017 roku [g]	41
Tab. 18. Masa główek czosnku pospolitego uzyskana w 2018 roku [g]	42
Tab. 19. Masa główek czosnku pospolitego zebranego w 2019 roku [g]	42
Tab. 20. Średnia liczba ząbków w główce czosnku zebranego w 2017 roku [szt.]	43
Tab. 21. Średnia liczba ząbków w główce czosnku zebranego w 2018 roku [szt.]	43
Tab. 22. Średnia liczba ząbków w główce czosnku zebranego w 2019 roku [szt.]	44
Tab. 23. Podatność czosnku pospolitego odmiany Arkus na porażenie przez wybrane grzyby	55
Tab. 24. Podatność czosnku pospolitego odmiany Garpek na porażenie przez wybrane grzyby	56
Tab. 25. Podatność czosnku pospolitego odmiany Harnaś na porażenie przez wybrane grzyby	57
Tab. 26. Podatność czosnku pospolitego odmiany Jarus na porażenie przez wybrane grzyby	57
Tab. 27. Wpływ badanych preparatów na kiełkowanie zarodników wybranych gatunków grzybów [%]	58
Tab. 28. Zawartość suchej masy w główkach czosnku oznaczona w 2017 roku [%]	59
Tab. 29. Zawartość suchej masy w główkach czosnku oznaczona w 2018 roku [%]	60
Tab. 30. Zawartość suchej masy w główkach czosnku oznaczona w 2019 roku [%]	60
Tab. 31. Zawartość cukrów rozpuszczalnych w czosnku pospolitym oznaczona w 2017 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	61
Tab. 32. Zawartość cukrów rozpuszczalnych w czosnku pospolitym oznaczona w 2018 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	62
Tab. 33. Zawartość cukrów rozpuszczalnych w czosnku pospolitym oznaczona w 2019 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	63

Tab. 34. Zawartość kwasu L-askorbinowego w czosnku pospolitym oznaczona w 2017 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	64
Tab. 35. Zawartość kwasu L-askorbinowego w czosnku pospolitym oznaczona w 2018 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	64
Tab. 36. Zawartość kwasu L-askorbinowego w czosnku pospolitym oznaczona w 2019 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	65
Tab. 37. Średnia zawartość wapnia w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	66
Tab. 38. Średnia zawartość wapnia w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	67
Tab. 39. Średnia zawartość wapnia w czosnku pospolitym otrzymane w 2019 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	67
Tab. 40. Średnia zawartość sodu w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	68
Tab. 41. Średnia zawartość sodu w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	69
Tab. 42. Średnia zawartość sodu w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	69
Tab. 43. Średnia zawartość cynku w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	70
Tab. 44. Średnia zawartość cynku w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	71
Tab. 45. Średnia zawartość cynku w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	71
Tab. 46. Średnia zawartość magnezu w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	72
Tab. 47. Średnia zawartość magnezu w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	73
Tab. 48. Średnia zawartość magnezu w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	73
Tab. 49. Średnia zawartość manganu w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	74
Tab. 50. Zawartość manganu w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	75
Tab. 51. Średnia zawartość manganu w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	76
Tab. 52. Średnia zawartość żelaza w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	76
Tab. 53. Średnia zawartość żelaza w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	77
Tab. 54. Średnia zawartość żelaza w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	78
Tab. 55. Średnia zawartość potasu w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	78
Tab. 56. Średnia zawartość potasu w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	79
Tab. 57. Średnia zawartość potasu w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	80
Tab. 58. Średnia zawartość fosforu w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	80

Tab. 59. Średnia zawartość fosforu w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	81
Tab. 60. Średnia zawartość fosforu w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	82
Tab. 61. Aktywność antyoksydacyjna czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [%].....	82
Tab. 62. Aktywność antyoksydacyjna czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [%].....	83
Tab. 63. Aktywność antyoksydacyjna czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [%].....	83
Tab. 64. Zawartość polifenoli w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	84
Tab. 65. Zawartość polifenoli w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	85
Tab. 66. Zawartość polifenoli w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g ⁻¹ św.m].....	85
Tab. 67. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez <i>Alternaria alternata</i> [%]	86
Tab. 68. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez <i>Alternaria embellisia</i> [%].....	87
Tab. 69. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez <i>Fusarium avenaceum</i> [%]	87
Tab. 70. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez <i>Fusarium oxysporum</i> [%].....	88
Tab. 71. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez <i>Penicillium expansum</i> [%]	88
Tab. 72. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez <i>Penicillium verrucosum</i> [%].....	89
Tab. 73. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez <i>Stromatinia cepivora</i> [%].....	90

1. Wstęp

Czosnek pospolity (*Allium sativum* L.) jest jedną z najstarszych roślin warzywnych, która charakteryzuje się szerokim spektrum właściwości dietetycznych i prozdrowotnych [Wierzbička 2001, Augusti 2005]. Zawiera naturalne substancje bakteriobójcze, przeciwgrzybiczne, przeciwwirusowe oraz przeciwpierwotniacze – fitocydy m.in. allicyna i tioglikozydy skordyniny A i B [Hatanaka i Kaneda 1980, Essman 1984, Phillipson i O'Neill 1989, Sasaki i in. 1999, Onyeagba i in. 2004, Rochalska i Orzeszko-Rywka 2009]. Roślina ta jest popularna również ze względu na swoje właściwości przyprawowe, dlatego stosowana jest w kuchni całego świata [Kopeć i in. 2013, Matysiak i in. 2015, Ciuba i in. 2016]. Wzrastająca powierzchnia upraw i wielkość produkcji czosnku to odpowiedź na rosnące zapotrzebowanie ze strony klientów, zainteresowanych wielokierunkowym działaniem tego warzywa [Matyjaszczyk i Dobrzański 2016, Kiszczak i in. 2017].

Niestety, pomimo właściwości bakteriobójczych czosnek może być porażony przez niektóre patogeny, zwłaszcza przez grzyby zarówno podczas sezonu wegetacyjnego jak i w okresie pozbiornym [Mazur 1990a, Mazur 1998]. Poważny problem w uprawie czosnku pospolitego stanowią również szkodniki czy niekorzystne warunki pogodowe [Mazur 1992a, Knafel 2012].

Ograniczenia wprowadzane przez Unię Europejską w ramach stosowania syntetycznych środków ochrony roślin sprawiają, że na rynku znajduje się coraz mniejsza liczba fungicydów zarejestrowanych do stosowania w poszczególnych uprawach. Obecnie w Polsce zarejestrowano tylko kilka fungicydów do chemicznej ochrony czosnku pospolitego, co może skutkować problemem prawidłowej rotacji preparatów z różnych grup chemicznych. Należy pamiętać również, że niewłaściwe stosowanie tych preparatów może przyczynić się do powstawania form agrofagów odpornych na niektóre substancje aktywne. Środki te mogą być szkodliwe również dla niektórych organizmów pożytecznych np. owadów, ponieważ cechuje je mała selektywność i specyficzność działania. Dodatkowo dużym problemem jest też kontrolowanie ich pozostałości w produktach, ale również w glebie [Wolski i Ludwiczuk 2001, Duer i in. 2004, Burgiel 2005, Pruszyński i Wolny 2007, Martyniuk 2012, Pogodzińska i Kurzawińska 2016].

Należy jednak podkreślić, iż Unia Europejska od wielu lat wspiera i promuje rozwój rolnictwa ekologicznego ze względu na jego efektywność ekonomiczną i energetyczną oraz jego korzystny wpływ na środowisko poprzez ograniczenie nieodnawialnych źródeł energii i produkcję wysokiej jakości żywności, co skutkuje większym zainteresowaniem konsumentów [Babik i in. 2011]. Jej najważniejsze zasady zawarte są także w programie Integrowanej Ochrony Roślin, który sugeruje wszystkim profesjonalnym producentom powiązanie różnych metod biologicznych, biotechnicznych, fizycznych, agrotechnicznych, chemicznych i hodowlanych przy zminimalizowaniu wykorzystania pestycydów w celu ograniczenia nadmiernego rozwoju agrofagów [Babik i in. 2011, Sosnowska 2018]. Dzięki wprowadzeniu integrowanej ochrony od roku 2014 na rynku systematycznie zwiększa się asortyment, innych niż syntetyczne pestycydy, produktów przeznaczonych dla produkcji roślinnej, które przyczyniają się do zwiększenia zdrowotności roślin poprzez indukowanie procesów obronnych oraz przyspieszenie fotosyntezy, co w rezultacie prowadzi do zwiększenia masy

zielonej roślin, a ostatecznie również plonu. W znacznej mierze są to produkty oparte na mikroorganizmach konkurencyjnych w stosunku do patogenów lub substancji pochodzenia naturalnego. Wielu autorów uważa, że preparaty te mogą stanowić alternatywę lub uzupełnienie obecnie znanych i stosowanych metod oraz zwiększać pulę preparatów do ochrony upraw w systemie integrowanym lub upraw ekologicznych [Toppe i in. 2007, Kurzawińska 2008, Kowalska 2013, Pogodzińska i Kurzawińska 2016].

Preparaty biologiczne i biotechniczne są to odpowiednio przygotowane produkty oparte na naturalnych substancjach, takich jak susze roślinne, olejki roślinne czy pożyteczne mikroorganizmy [Kowalska 2013]. Biologiczne środki ochrony roślin zawierają żywe organizmy - mikroorganizmy (wirusy, bakterie, grzyby, organizmy grzybobopodobne), nicienie, pasożytnicze i drapieżne owady [Tomalak 2010, Martyniuk 2012, Sosnowska 2018]. Wśród mikroorganizmów będących składnikami aktywnymi preparatów biologicznych dominują bakterie należące do rodzajów *Bacillus*, *Pseudomonas* oraz grzyby z rodzajów *Trichoderma*, *Beauveria*, *Coniothyrium*, *Matharhizium* oraz lęgniowce - *Phytium* [Martyniuk 2012]. Natomiast produkty biotechniczne oparte są na różnego rodzaju biologicznie aktywnych substancji pochodzenia roślinnego i zwierzęcego (olejki, saponiny, kwasy organiczne, chitozan), regulatory wzrostu roślin oraz semiozwiązki (feromony, atraktanty i repelenty) [Tomalak 2010, Martyniuk 2012]. Do preparatów biotechnicznych zaliczyć można m.in. Biosept Active czy Biochikol 020 PC [Orlikowski i in. 2002].

W dostępnej literaturze znajduje się niewiele informacji o wynikach doświadczeń dotyczących wpływu substancji biologicznych i biotechnicznych na zdrowotność czosnku pospolitego, z tego względu podjęto się badań dotyczących oceny możliwości zastosowania tego rodzaju biopreparatów w ochronie czosnku przed chorobami powodowanymi przez patogeny grzybowe.

2. Przegląd literatury

2.1. Pochodzenie i produkcja

Czosnek pospolity (*Allium sativum* L.) należy do najstarszych roślin uprawianych przez człowieka. Zyskał uznanie w różnych tradycjach kulturowych, odgrywając w historii ważną rolę dietetyczną i leczniczą [Jiku i in. 2020, Sultan i Raina 2020]. Znany jest od około pięciu tysięcy lat, opisywano go już w kulturach starożytnego Egiptu i Indii [Steinbrich 1993, Petrovska i Cekovska 2010, Bhandari 2012]. Uprawiany był również w starożytnym Rzymie, Grecji oraz w krajach dalekiego Wschodu [Petrovska i Cekovska 2010, Senderski 2015]. Pochodzi ze Środkowej Azji, z górskich i podgórszych terenów Tadżykistanu, Turkmenii, Uzbekistanu, Afganistanu, Pakistanu i północnego Iranu [Buchwald i in. 2000, Burdzenia 2000, Petrovska i Cekovska 2010, Doruchowski 2011]. Z Centralnej Azji czosnek został przeniesiony w rejony basenu Morza Śródziemnego, a stamtąd na tereny Afryki podzwrotnikowej, a wraz z kolonistami aż do Ameryki Północnej. Następnie rozprzestrzenił się w Chinach i Japonii. Do Wielkiej Brytanii dotarł w XVI wieku przeniesiony z obszarów śródziemnomorskich [Petrovska i Cekovska 2010, Gebreyohannes i Gebreyohannes 2013, Sharifi-Rad i in. 2016, Singh i in. 2017]. Na terenach Polski czosnek pojawił się między XII a XIII wiekiem, najprawdopodobniej z terenów azjatyckich [Banach i in. 2017].

Aktualnie czosnek można spotkać niemal na całej kuli ziemskiej, z wyjątkiem Antarktydy i tropikalnych lasów deszczowych, choć największe obszary jego uprawy znajdują się w Azji - Chiny, Indie, Korea Południowa, krajach basenu Morza Śródziemnego - Francja, Hiszpania, Egipt, Turcja, w Ameryce Północnej - Stany Zjednoczone, Meksyk, Ameryce Południowej - Brazylia, Argentyna oraz Rosji [Burdzenia 2000, Bereda i Paduch-Cichal 2016a, Lopez-Bellido i in. 2016, Singh i in. 2017].

Głównymi producentami czosnku na świecie są Chiny – ok. 20 mln ton rocznie, co stanowi ponad 81% światowej produkcji, następnie Indie, Bangladesz, Egipt i Korea Południowa [Malik i in. 2017, Singh i in. 2017, Zelelew i in. 2017, Anonymous 2018]. Natomiast w Europie liderem jest Hiszpania – 270 tys. ton, z 26,63 tys. ha [Muska i Saksone 2019].

W Polsce produkuje się ok. 15-20 tys. ton na powierzchni ponad 3000 ha. Plantacje zlokalizowane są głównie w Małopolsce (Słomniki, Radziemice), na Dolnym Śląsku, w okolicach Zamościa, Zielonej Góry, Poznania, Kutna i Łęczycy oraz Warszawy (Nowy Dwór, Błonie, Ożarów) [Matyjaszczyk i Dobrzański 2016, Kiszczak i in. 2017].

2.2. Biologia czosnku

Allium sativum należy do rodzaju *Allium*, który zawiera ok. 750 gatunków, ale tylko siedem z nich uprawianych jest w różnych częściach świata [Diriba-Shiferaw 2016]. Czosnek pospolity jest jednoroczną rośliną cebulową, rozmnażaną wegetatywnie. Wyróżnia się wśród niego dwie grupy - czosnek strzałkujący (ozimy), który wytwarza pęd kwiatostanowy oraz niestrzałkujący (jary), charakteryzujący się jego brakiem.

Allium sativum tworzy wiązkowy system korzeni przybyszowych o długości 20-30 cm. Łodyga właściwa (piętka) skrócona jest do kilku milimetrów, z jej dolnej części wyrastają korzenie przybyszowe, a z górnej – liście. Czosnek posiada zróżnicowane pod względem

funkcji liście - spichrzowe (gromadzące substancje zapasowe), asymilujące liście właściwe (podzielone na blaszkę i pochwę liściową) oraz ochronne (łuski, które otulają cebulę). Pojedyncze liście są długie, zastrzone, równowąskie, o ciemnozielonym zabarwieniu [McVicar 2004, Świetlikowska 2008, Senderski 2015]. Cebula czosnku pospolitego, zwana główką składa się z kilku lub kilkunastu ząbków, tworzących się na piętcie. Z cebuli wyrasta łodyga, którą obejmują pochwiaste liście [Senderski 2015].

Czosnek strzałkujący może kwitnąć w maju i czerwcu. Kwiaty o barwie białoróżowej lub zielonkawej zebrane są w kwiatostany tzw. pozorne baldachy. Między kwiatami powstają cebulki powietrzne, które mogą służyć do rozmnażania wegetatywnego. Owocem jest wydłużona, spiczasto zakończona torebka [Doruchowski 2011, Nair i in. 2013, Singh i in. 2017].

2.3. Wartość odżywcza i lecznicza

Allium sativum jest jednym spośród kilkudziesięciu najważniejszych warzyw, które odrywa istotną rolę w żywieniu i w lecznictwie [Sultan i Raina 2020]. Wykorzystuje się go w kuchni całego świata ze względu na jego właściwości przyprawowe, jest jednak również cennym produktem farmakologicznym i spożywczym [Kopeć i in. 2013, Matysiak i in. 2015, Ciuba i in. 2016]. Wartości odżywcze i zdrowotne czosnku wynikają z wysokiej zawartości substancji biologicznie czynnych takich jak siarczki organiczne, saponiny, związki fenolowe i polisacharydy, których stężenie uzależnione jest od zapewnienia roślinom odpowiednich warunków wzrostu i rozwoju w okresie wegetacji [Matysiak i in. 2015, Martins i in. 2016, Sultan i Raina 2020]. Za częścią użytkową czosnku uznaje się cebulę tzw. główkę, choć w niektórych krajach, głównie w Azji spożywa się młode kwiatostany i liście [Grabowska i in. 2013]. Czosnek pospolity jest jednak nie tylko cenioną przyprawą, ale również ważnym źródłem witamin i składników mineralnych. Bogaty jest m.in. w białko, fosfor, potas, wapń oraz węglowodany [Chen i in. 2013, Diriba-Shiferaw 2016, Micová i in. 2019].

Wartość odżywcza czosnku jest ogromna. Zawiera on do 64% suchej masy, w tym ok. 31% cukrów, 5-6% białka, 0,9 % błonnika oraz 0,2% tłuszczów [Nair i in. 2013, Divya i in. 2017]. Świeże główki czosnku zawierają w znacznej ilości witaminę C (31 mg/100g), witaminy z grupy B - zwłaszcza B₁ (0,2 mg/100g) i B₂, B₃, PP oraz prowitaminę A. Wśród składników mineralnych w *Allium sativum* znajdują się duże ilości potasu (400 mg/100g), fosforu (153 mg/100), wapnia (100 mg/100), magnezu (25 mg/100g) oraz śladowe ilości żelaza (1,7 mg/100g), miedzi, niklu, kobaltu, chromu i selenu. Zawiera on również olejek eteryczny (0,1 – 0,36%), glikozydy siarkowe, siarczki, flawonoidy oraz fitosterol [Dębski i Milner 2007, Rekowska i Skupień 2009, Gebreyohannes i Gebreyohannes 2013, Nair i in. 2013, Lanzotti i in. 2014, Banach i in. 2017].

Spośród wielu składników znajdujących się w czosnku istotną rolę odgrywają związki siarkowe, które powstają z przemian aminokwasów. Twierdzi się, że odpowiadają za większość jego właściwości prozdrowotnych [Amagase 2006, Bhandari 2012]. Jednym z takich głównych bioaktywnych składników jest allicyna, po raz pierwszy wyizolowana w 1940 roku [Bhandari 2012]. Związek ten powstaje w wyniku reakcji na uszkodzenie tkanki, wyzwala się wtedy enzym allinazy, który powoduje przemianę bezwonnego związku alliiny w bardzo aromatyczną allicynę. Allicynę charakteryzuje silne działanie bakteriobójcze [Senderski 2015, Amarakoon

i Jayasekara 2017, Micová i in. 2019]. Posiada również właściwości przeciwwirusowe, przeciwgrzybowe i przeciw pasożytnicze [Bhandari 2012, Lanzotti i in. 2014]. Ponadto allicyna odpowiada za redukcję zawartości cholesterolu we krwi oraz zmniejszenie krzepnięcia krwi [Kwiecień i Winiarska-Mieczan 2011, Nair i in. 2013].

Znane jest różnorodne działanie biologiczne czosnku: przeciwzakrzepowe, przeciwmiażdżycowe, regulujące ciśnienie krwi i przeciwnowotworowe [Senderski 2015, Martins i in. 2016, Sharifi-Rad i in. 2016, Divya i in. 2017, Singh i in. 2017]. Tradycyjnie stosuje się go w leczeniu infekcji, przeziębienia, cukrzycy oraz wielu innych zaburzeniach [Daka 2011]. Posiada też silne właściwości nicienobójcze czy grzybobójcze [Divya i in. 2017, Singh i in. 2017]. Jego właściwości bakteriobójcze, oddziaływanie na hamowanie rozwoju licznych bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych, znane są od tysięcy lat. Badania *in vitro* pokazują, że czosnek wykazuje skuteczne działanie przeciwko bakteriom rodzaju: *Escherichia*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Mycobacterium* i *Helicobacter*. W literaturze można znaleźć również szeroko opisywane antywirusowe i przeciw pasożytnicze właściwości *Allium sativum* i jego preparatów [Kwiecień i Winiarska-Mieczan 2011, Casella i in. 2013, Gebreyohannes i Gebreyohannes 2013, Matysiak i in. 2015, Sharifi-Rad i in. 2016].

Tab. 1. Składniki czosnku i ich właściwości biologiczne [Golonka i in. 2011]

Składniki	Właściwości biologiczne
Allicyna	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Czynn timer hamujący agregację płytek krwi. ✓ Obniża poziom lipidów i złego cholesterolu. ✓ Zwiększa aktywność fibrynolityczną. ✓ Posiada właściwości przeciwbakteryjne i przeciwgrzybiczne.
Garlicyna	✓ Działają przeciwbakteryjne.
Flawonoidy	✓ Obniżają nadciśnienie tętnicze.
Nukleozydy	✓ Hamują agregację płytek krwi.
Pierwiastki w ilościach śladowych: Mg, Fe, Cu, Zn, Mo, J, B, Se	✓ Działają biokatalitycznie.
Prowitaminy A i D, witaminy A, B, C, PP	✓ Działają odżywczo, wzmacniająco.
Saponiny	✓ Obniżają poziom glukozy we krwi.
Siarczki, dwusiarczki, trójsiarczki, wielosiarczki	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hamują agregację płytek krwi. ✓ Hamują syntezę cholesterolu.

2.4. Wymagania klimatyczne i glebowe czosnku

Czosnek pospolity jest rośliną dnia długiego. Krótki dzień i stosunkowo niska temperatura sprzyja ukorzenianiu się rośliny oraz rozwojowi systemu asymilacyjnego liści. Takie warunki pomagają zahartowanej roślinie przetrwać duże mrozy i wiosenne przymrozki. Aby czosnek mógł prawidłowo wykształcić główki i ząbki wymagana jest temperatura od 0°C do 10°C w okresie przechowywania (przez 1 do 2 miesięcy) oraz także na polu po posadzeniu. Materiał

sadzeniowy przechowywany w wysokiej temperaturze ok. 20⁰C nie wytwarza główek, natomiast zbyt niska temperatura powoduje jej deformacje.

Rozwojowi czosnku w dużej mierze sprzyja wczesna i chłodna wiosna z dostateczną ilością opadów oraz ciepłe lato. Bardzo wysokie temperatury i susza w lecie wpływa niekorzystnie na dojrzewanie roślin oraz ogranicza wielkość plonu. Wytworzenie dużych główek, a co za tym idzie dużego plonu uwarunkowane jest krótkim dniem i okresem chłódów w czasie wzrostu roślin oraz długim dniem, wyższą temperaturą i dostatkim wody w trakcie tworzenia się cebul. Takie warunki są szczególnie ważne dla czosnku wiosennego, wysadzanego jak najwcześniej na wiosnę. Czosnek jesienny, który zimuje w polu ma zazwyczaj dobre warunki rozwoju wegetatywnego przed momentem wytworzenia cebul.

Warunki klimatyczne występujące w Polsce sprzyjają uprawie *Allium sativum*. Niestety nienormalne warunki pogodowe tj. przedłużające się chłody wiosną, zbyt niska temperatura latem czy też susza wpływają niekorzystnie na rozwój rośliny poprzez m.in. opóźnienie sadzenia czy konieczność nawadniania [Doruchowski 2011].

Czosnek pospolity cechuje się dużymi wymaganiami glebowymi. Do uprawy tej rośliny wymagane są gleby żyzne, próchniczne i o obojętnym odczynie wynoszącym optymalnie pH 6,8. Najbardziej pożądane są gleby o dobrej pojemności wodnej, dobrze przepuszczalne, niezlewnie tj. czarnoziemy, czarne ziemie oraz mady. Gleby podmokłe, zwięzłe, gliniaste i ciężkie nie nadają się do uprawy czosnku, ponieważ utrudniają dostęp powietrza do korzeni. Rośliny rosnące na lessach odznaczają się większą wrażliwością na choroby i słabiej się przechowują. Gleby podmokłe oraz nieprzepuszczalne sprzyjają rozwojowi chorób. Najlepszymi nadającymi się do uprawy czosnku są gleby gliniasto-piaszczyste zawierające 3 - 4 % masy organicznej [Orłowski 2000, Doruchowski 2011].

2.5. Uprawa czosnku

Czosnek pospolity jest rośliną, która wymaga stanowiska słonecznego oraz żyznej, średnio wilgotnej gleby, o obojętnym odczynie. W okresie wzrostu optymalna wielkość opadów dla tej rośliny wynosi od 25 mm - na glebach ciężkich, do 50 mm - na glebach piaszczystych [Robak 2020].

Allium sativum jest szczególnie wrażliwy na zmianowanie, powinno unikać się sadzenia go w systemie monokulturowym - na tym samym polu lub na terenach gdzie wcześniej uprawiano inne rośliny cebulowe (por, cebula, szczypiorek, siedmiolatka). Postępuje się tak, gdyż istnieje bardzo duże zagrożenie nadmiernego rozwoju chorób i szkodników typowych dla tej rodziny warzyw, dlatego powinno przestrzegać się, co najmniej 4-letniego zmianowania. Czosnku nie powinno uprawiać się również na stanowiskach po warzywach, które absorbują z podłoża duże ilości składników pokarmowych. Najlepszym przedplonem są rośliny pozostawiające stanowisko wolne od chwastów oraz niezasiedlone przez nicienie tj. zboża (z wyjątkiem owsa), groch, fasola, pomidor lub ogórek (tab.2.) [Doruchowski 2011, Robak 2020].

Tab. 2. Wykaz roślin zalecanych i nie zalecanych jako przedplon dla czosnku pospolitego [Robak 2020]

Rośliny zalecane	Rośliny niezalecane
✓ bobowate: groch, fasola, łubin, peluszka, wyka	✓ bobowate: bób, bobik, koniczyna, lucerna
✓ dyniowate: dynia, melon, ogórek	✓ cebulowe: cebula, czosnek, por, siedmiolatka
✓ facelia	✓ korzeniowe: pietruszka, seler
✓ kapustne: kapusta, kalafior, rzepa, rzodkiew, rzodkiewka	✓ psiankowate: ziemniak
✓ korzeniowe: buraki, marchew	✓ zboża: owies
✓ kukurydza	
✓ liściowe: sałata	
✓ psiankowate: pomidor	
✓ zboża: pszenica, jęczmień, żyto	

W Polsce najlepsze warunki do uprawy czosnku pospolitego znajdują się w pasie środkowym, który obejmuje województwa: lubelskie, lubuskie, mazowieckie, łódzkie, kujawsko - pomorskie i wielkopolskie. Najlepsze plony uzyskuje się na glebach klasy bonitacyjnej nie niższej niż IVa, dobrze zatrzymujących wilgoć oraz żyznych. Pod uprawę czosnku najlepiej nadają się czarne ziemie, czarnoziemy, mady średnie oraz lessy, niekorzystne są natomiast gleby ilaste, bardzo ciężkie, podmokłe oraz piaszczyste, łatwo przesuszające się, silnie zachwaszczone i kamieniste [Robak 2020].

Allium sativum wymaga bardzo starannego przygotowania stanowiska pod uprawę. Prawdłowo uprawiona gleba powinna być wolna od kamieni, brył, resztek roślinnych oraz mieć wierzchnią warstwę spulchnioną do głębokości ok. 5 cm. Niekorzystne jest jednak zbyt częste jej spulchnianie – powoduje to nadmierne przesuszanie, pogorszenie struktury lub przyspieszoną mineralizację próchnicy. Zabiegów nie wykonuje się w warunkach długotrwałej suszy lub nadmiernej wilgotności gleby, ponieważ może dojść do jej zbrzylenia. Pod czosnek jesienny orkę wykonuje się z miesięcznym wyprzedzeniem, na głębokość 25-30 cm, a następnie po niej przeprowadza się bronowanie. Pod uprawę odmian wiosennych orkę zimową wykonuje się w okresie jesiennym, z jednoczesnym przeoraniem nawozów potasowych i fosforowych [Robak 2020]. Czosnek pospolity można uprawiać na płaskich lub szerokich zagonach z widocznymi bruzdami, przydatnymi do nawadniania roślin w okresach niewystarczającej ilości opadów. W Polsce najpopularniejszym sposobem uprawy jest system pasowo-rzędowy na płask, który umożliwia swobodny przejazd maszyn i ciągników podczas pielęgnacji i zbiorów [Doruchowski 2011].

Do uprawy czosnku wykorzystuje się tylko zdrowe i zaprawione ząbki, które wysadza się późną jesienią lub wczesną wiosną, na głębokość 4-8 cm, w rozstawie 7-15 cm (w zależności od wielkości ząbków danej odmiany). Czosnek ozimy musi mieć czas na ukorzenie się przed nadejściem mrozów, dlatego najlepszym terminem sadzenia jest październik lub początek listopada. Natomiast czosnek jary najlepiej wysadzać jak najwcześniej na wiosnę - marzec, kwiecień [Doruchowski 2011, Senderski 2015, Robak 2020].

Czosnek pospolity jest warzywem o średnich wymaganiach pokarmowych. Ze względu na swój płytki i słabo rozwinięty system korzeniowy ma ograniczoną zdolność pobierania składników pokarmowych z gleby. Skutkuje to koniecznością wzbogacania gleby w większe ilości poszczególnych składników mineralnych niż wynoszą rzeczywiste potrzeby pokarmowe rośliny (tab. 3). Skuteczność nawożenia oraz zaopatrzenia rośliny w składniki pokarmowe zależy od optymalnego odczynu gleby, który dla czosnku wynosi – pH 6-7,5. [Robak 2020].

Tab. 3. Optymalne zawartości składników pokarmowych dla czosnku [Robak 2020]

Składniki pokarmowe	Zawartość w mg/dm³ gleby
Wapń (Ca)	1000-1200
Potas (K)	150-170
Azot azotanowy (N-NO ₃)	90-100
Fosfor (P)	60-70
Magnez (Mg)	50-60

Nawożąc czosnek możemy stosować zarówno nawozy organiczne - kompost, biohumus, nawozy zielone, obornik, ale również nawozy mineralne. Należy jednak pamiętać, że roślina ta tylko częściowo toleruje chlorki, dlatego powinno się wybierać nawozy ubogie w nie lub w ogóle ich nie zawierające. Jeśli konieczne jest zastosowanie nawozów z dużą zawartością chlorków, należy zastosować je przedsięwzięcie, wtedy zostaną wymyte do głębszych warstw gleby i nie będą dostępne dla korzeni w okresie wegetacji.

Allium sativum korzystnie reaguje na nawożenie nawozami organicznymi, ale należy je stosować w dawkach nie większych niż 30-35 t/ha. Obornik, słabo rozłożony kompost lub inny nawóz naturalny powinno stosować się jesienią, w okresie od 30 listopada do 1 marca nie powinny być wykorzystywane do nawożenia. Kompost lub obornik można zastąpić zarówno nawozami zielonymi jak i rozdrobnioną słomą po zbiorze zbóż. Wyka, łubin, peluszką, ich mieszanki oraz gorczyca i facelia są zalecane na nawozy zielone. Nawozy organiczne i naturalne wzbogacają glebę w materię organiczną, składniki pokarmowe, ale też poprawiają jej strukturę i zwiększają pojemność sorpcyjną [Robak 2020].

Nawożenie azotem w uprawie czosnku ozimego należy przeprowadzić wczesną wiosną, po ukazaniu się pierwszych liści, kiedy jest duże zapotrzebowanie rośliny na ten składnik, ponieważ jest on łatwo wypłukiwany przez opady jesienno-zimowe. Natomiast w przypadku czosnku jarego azot stosuje się dopiero około połowy maja, gdy szczyt osiągnie wysokość ok. 10 cm. W trakcie wegetacji należy obserwować rośliny w celu wykrycia niedoboru lub nadmiaru składników pokarmowych. Niedobór azotu wykazują rośliny o jasnozielonej barwie liści, natomiast nadmiar - o intensywnie zielonej barwie i pomarszczonych liściach. Niekorzystny wpływ na czosnek poprzez przedłużenie wegetacji oraz obniżenie jakości cebul, które stają się wrażliwe na choroby i źle się przechowują ma nadmiar oraz opóźnione podkarmianie azotem. Niedobór fosforu powoduje słabszy rozwój roślin. W przypadku braku boru liście wyginają się, a następnie pojawiają się chlorotyczne plamy, niekiedy może dojść również do fioletowienia całych liści. Niedobór boru objawia się też poprzez zamieranie wierzchołków liści oraz pojawieniem się zmian na ząbkach, które stają się mokre i miękkie, a na przekroju poprzecznym widoczne są białawe, skorkowaciałe smugi [Doruchowski 2011].

Nawadnianie uzupełnia braki wody w glebie podczas okresu suszy, a tym samym poprawia warunki wzrostu czosnku. Największe zapotrzebowanie na wodę przypada na czas tworzenia się i rozwoju główek, czyli w maju i czerwcu. Na plantacjach czosnku optymalna wielkość opadów w okresie wzrostu wynosi od 25 mm – na glebach ciężkich, do 50 mm – na glebach piaszczystych, na tydzień. Należy pamiętać, że zarówno nadmierne przesuszenie jak i podlewanie jest niekorzystne dla roślin, ponieważ powoduje albo gnicie główek albo ich ograniczony wzrost. Nawadniane rośliny są dużo bardziej atrakcyjne dla szkodników, m.in. mszyce i wciornastki chętnie i liczniej przebywają na takich roślinach, ale związane jest to też z większą ilością owadów pożytecznych zwabianych do szkodników [Robak 2020].

2.6. Zbiór i przechowywanie czosnku

Moment zbioru jest niezwykle ważny, ponieważ wpływa na jakość cebul i ich zdolność do przechowywania. Termin zbioru czosnku zależy od typu uprawianej rośliny. Czosnek ozimy zbiera się, gdy 50% roślin ma załamany szczypiar, dzieje się tak zazwyczaj w lipcu. Natomiast czosnek jary - miesiąc później tj. w sierpniu, kiedy liście zaczynają zasychać [Doruchowski 2011, Senderski 2015]. Zbyt wczesny lub późny termin zbioru może powodować pogorszenie się jakości handlowej oraz przydatności do przechowywania cebul. Na plantacjach o małej powierzchni czosnek zbiera się ręcznie, podkopując go widłami amerykańskimi, a następnie układając na polu w rzędach, aby osłonić główki liśćmi kolejnych roślin w celu częściowego dosuszenia podczas słonecznej pogody. Z powodu niekorzystnych warunków pogodowych można dosuszać go pod wiatami lub w przewiewnych pomieszczeniach. Czosnek, który uprawia się na plantacjach o dużej powierzchni zbiera się jedno lub dwufazowo. Zbiór jednofazowy polega na maszynowym obcięciu liści przed wykopaniem główek, które przewozi się do pomieszczeń celem sztucznego dosuszenia. Zbiór dwufazowy polega na kopaniu i składowaniu roślin w wałach z czterech rosnących obok siebie rzędów (częściowe dosuszenie) – w fazie pierwszej. W fazie drugiej czosnek jest zbierany z pola i przenoszony do przechowalni w celu dalszego dosuszenia roślin. Po całkowitym zaschnięciu szczypiaru przycina się go na długość ok. 2-4 cm, natomiast korzenie odcina się przy piętce, uważając by jej nie uszkodzić [Orłowski 2000, Doruchowski 2011].

Czosnek pospolity jest warzywem przeznaczonym do przechowywania, dlatego należy pamiętać o tym, aby zapewnić mu w tym czasie odpowiednie warunki. Rośliny, które przeznacza się do przechowywania powinny być zdrowe, czyste, bez uszkodzeń mechanicznych, widocznych objawów chorobowych oraz zewnętrznych oznak wyrośnięcia [Świetlikowska 2008]. Optymalne warunki do przechowywania czosnku - temperatura 0-1⁰C oraz wilgotność powietrza od 60 do 70%, pozwalają na przechowanie roślin do połowy kwietnia. Wyższa temperatura i wilgotność powietrza powoduje, że roślina się zagrzewa oraz wyrasta z niej szczypiar i korzenie. Czosnek z upraw jesiennych, który gorzej znosi przechowywanie przeznacza się do spożycia jesienią lub wczesną zimą. Natomiast czosnek jary można przechowywać przez dłuższy okres czasu, a spożywać późną zimą oraz wczesną wiosną [Orłowski 2000, Doruchowski 2011].

2.7. Choroby czosnku

2.7.1. Choroby wirusowe i bakteryjne

Mozaika czosnku jest powodowana przez liczne wirusy tj.: wirus żółtej karłowatości cebuli (Onion yellow dwarf virus, OYDV), wirus żółtej pasiastości pora (Leek yellow stripe virus, LYSV), zwykły utajony wirus czosnku (Garlic common latent virus, GarCLV) oraz utajony wirus szalotki (Shallot latent virus, SLV). Choroby wirusowe przenoszone są głównie z materiałem rozmnożeniowym. W okresie wegetacyjnym ich wektorami są głównie mszyce m.in. *Myzus (Sciamyzus) ascalonicus* – mszyca wielożerna czy *Myzus persicae* – mszyca brzoskwiowa, ale również szpeciel – *Aceria tulipae*. Najczęściej wykrywane na czosnku są wirusy rodzaju *Allexivirus*, dla których jest on jedynym gospodarzem, ale również wirusy rodzaju *Potyvirus* oraz *Carlavirus*. Wirus żółtej pasiastości pora (Leek yellow stripe virus, LYSV) i wirus żółtej karłowatości cebuli (Onion yellow dwarf virus, OYDV) z rodzaju *Potyvirus* oraz utajony wirus szalotki (Shallot latent virus, SLV) i zwykły utajony wirus czosnku (Garlic common latent virus, GarCLV) należący do rodzaju *Carlavirus* są patogenami, które najczęściej porażają rośliny czosnku pospolitego [Bereda i Paduch-Cichal 2016b]. Do rodzaju *Allexivirus* należą: wirus D czosnku (Garlic virus D, GarV-D), wirus X czosnku (Garlic virus X, GarV-X) oraz wirus B czosnku (Garlic virus B, GarV-B), które w polskich uprawach czosnku występują ze znaczną częstotliwością. Natomiast wirus A czosnku (Garlic virus A, GarV-A), wirus C czosnku (Garlic virus C, Gar-C), wirus E czosnku (Garlic virus E, GarV-E), nitkowaty wirus czosnku czy wirus X szalotki (Shallot virus X, ShVX) występują dużo rzadziej [Chodorska i in. 2013, Bereda i Paduch-Cichal 2016a]. Objawy mozaiki mogą pojawiać się już na początku okresu wegetacji, w postaci żółtych pasków u podstawy pierwszych liści. Z czasem choroba rozprzestrzenia się na całej powierzchni liścia, w ostateczności doprowadzając do całkowitego żółknięcia roślin. Często liście ulegają deformacji. Porażone rośliny charakteryzuje zahamowany wzrost oraz gorsze plonowanie [Mishra i in. 2014, Nawrocki 2014, Robak 2020].

Bakteriozę czosnku powodują głównie *Burkholderia cepacia* i *B. gladioli* pv. *allicola*. Choroby bakteryjne stanowią ostatnio poważne zagrożenie w uprawach czosnku. Ich nasileniu sprzyja obecność niektórych szkodników, zwłaszcza nicieni, które mogą przenosić bakterie patogeniczne. Bakterie wnikają do roślin najczęściej przez niezaschniętą szyjkę, wszelkie uszkodzenia mechaniczne powstające zarówno podczas prac pielęgnacyjnych, w czasie zbioru zwłaszcza przy niekorzystnej pogodzie. Duże znaczenie przy przenoszeniu patogenów mają również owady, będące wektorami choroby. Do zakażenia roślin dochodzi w okresie wegetacji, najczęściej na przełomie lipca i sierpnia, lecz objawy chorobowe pojawiają się zwykle dopiero w trakcie przechowywania. Na czosnku w okolicy szyjki pojawia się miękka zgnilizna, ale można zaobserwować też wodnistość i gnicie pojedynczych ząbków, które z czasem zasychają oraz śluzowatą zgniliznę z żółtym zabarwieniem wewnętrznych ząbków czosnku [Doruchowski 2011, Knafel 2012, Robak 2020].

2.7.2. Choroby powodowane przez grzyby i organizmy grzybopodobne

Fuzaryjna zgnilizna czosnku jest powodowana przez *Gibberella* spp. (anamorfa *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* (Hanzawa) W.C. Snyder & H.N. Hansen). Jest to jedna z najgroźniejszych chorób czosnku, której sprawcą jest głównie *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*, ale zmiany chorobowe mogą być powodowane również przez inne grzyby rodzaju *Fusarium*: *F. culmorum*, *F. solani* czy *F. proliferatum*. Występuje najczęściej na roślinach uprawianych w monokulturze, na terenach podmokłych. Formy przetrwalnikowe patogena zimują na resztkach porażonych roślin w glebie lub na zakażonej cebuli w przechowalni. Optymalną temperaturą dla rozwoju grzyba jest 22 – 23°C. Pierwsze objawy mogą pojawiać się już we wczesnej fazie wzrostu. U starszych roślin można zaobserwować żółknięcie, a następnie zamieranie szczypioru. Niekiedy objawy mogą pojawić się dopiero w okresie przechowywania, pojawia się postępujące gnicie cebul. Chorobie bardzo często może towarzyszyć zmiana zabarwienia - różowienie korzeni czosnku [Nawrocki 2014, Rogowska i Sobolewski 2018, Robak 2020].

Biała zgnilizna czosnku jest najgroźniejszą chorobą czosnku pospolitego [Mazur 1990a, Mazur 1996a, Clarkson i in. 2002, Koike i in. 2007, Mahdizadehnaraghi i in. 2007, Bakonyi i in. 2011, Nawrocki i Pogodzińska 2016]. Sprawca choroby, grzyb *Stromatinia cepivora* (syn. *Sclerotium cepivorum*) (Berk.) Whetzel, wytwarza formy przetrwalne grzybni, bardzo drobne, czarne skleroty, które mogą przetrwać w glebie przez okres co najmniej ośmiu lat i być źródłem infekcji w kolejnym sezonie wegetacyjnym [Ulacio-Osorio i in. 2006, Davis i in. 2007, Bakonyi i in. 2011, Nawrocki i Pogodzińska 2016]. Rośliny czosnku mogą zostać zainfekowane na każdym etapie wzrostu. Warunkami sprzyjającymi rozwojowi choroby są wilgotna gleba, temperatura w zakresie 13-18°C oraz obecność lotnych związków siarki uwalnianych przez roślinę [Lourenço i in. 2018]. Pierwsze objawy można zaobserwować już pod koniec czerwca, porażone rośliny mają zahamowany wzrost, ich liście stają się jaśniejsze, a niekiedy cała roślina więdnie. Po wykopaniu rośliny z podłoża, na porażonej główce czosnku widać białą, watowatą grzybnię z licznymi bardzo małymi sklerocjami [Bakonyi i in. 2011, Rogowska i Sobolewski 2018, Robak 2020]. Patogen może również powodować gnicie cebul już w trakcie uprawy na polu oraz w okresie przechowywania, w warunkach odpowiedniej temperatury i wilgotności [Lourenço i in. 2018, Hidayah i in. 2021].

Alternarioza cebuli, powodowana przez *Alternaria porri* (Ellis) Cif. i *A. alternata* (Fr.) Keissl., może stanowić duże zagrożenie dla upraw czosnku, gdyż patogeny rodzaju *Alternaria*, a zwłaszcza polifagiczny *A. alternate* mogą mieć źródło z różnych upraw warzyw. Patogeny te powodują zamieranie liści, zazwyczaj uszkodzone po wcześniejszym ich porażeniu przez sprawcę mączniaka rzekomego czy infekcję korzeni przez *Fusarium* spp. Objawem są brązowofioletowe plamy, które z czasem zmieniają zabarwienie na brunatnoczarne. W sprzyjających dla patogenów warunkach pogodowych, podczas dłuższych okresów ciepłych i wilgotnych dni, na plamach pojawia się aksamitny nalot grzybni i zarodników. Silnie zaatakowane rośliny zamierają [Mishra i in. 2014, Robak i Wiech 2005].

Sprawcami zgnilizny szyjki czosnku są grzyby rodzaju *Botryotinia* (anamorfy *Botrytis aclada* Fresen. i *B.alli* Munn), a także stałym zagrożeniem dla upraw czosnku jest polifag *Botrytis cinerea*, powodujący szarą pleśń [Mazur 1992b, Mazur 1996b]. Zgnilizna szyjki czosnku jest to pospolicie występująca na plantacjach choroba, jednak objawy choroby są

zauważane dopiero w okresie przechowywania cebul. Jej szybkiemu rozwojowi sprzyja wysoka wilgotność i opady deszczu przed zbiorem roślin oraz przedłużenie okresu wegetacji do września. Pierwsze objawy mogą być widoczne w okresie wschodu roślin – zamieranie tkanki wychodzących liści, a następnie wierzchołków liści już wyrosniętych. Później następuje utajona faza rozwoju choroby, dopiero w końcowym okresie wegetacji może dojść do najgroźniejszej infekcji, poprzez uszkodzenia mechaniczne łusek lub wierzchołka szyjki. W górnej części szyjki tkanka ulega ciemnieniu i gniciu. Na jej powierzchni może pojawić się obfity, szary nalot z czarnymi drobnymi sklerocjami. W trakcie przechowywania choroba szybko się rozprzestrzenia, powodując masowe gnicie główek czosnku pospolitego. Chorobie tej może towarzyszyć bakteryjne gnicie główek czosnku [Mishra i in. 2014, Nawrocki 2014, Robak 2020].

Rzadziej na liściach czosnku można zaobserwować objawy rdzy powodowanej przez grzyba *Puccinia alli* (DC.) F. Rudolphi, które prowadzą do żółknięcia i obumierania liści [Mazur i Szczeponek 2002, Schwartz i Mohan 2008, Nawrocki i Pogodzińska 2016]. Na zainfekowanych liściach, podobnie jak na porach, pojawiają się białe plamy, wewnątrz których później można zauważyć pomarańczowe brodawki, uredinia będące skupiskami zarodników letnich. Po kolejnych kilku tygodniach obok uredinii tworzą się prawie czarne skupiska zarodników przetrwalnikowych teliospor, zwane teliami [Doruchowski 2011]. Urediniospory są przenoszone przez wiatr i mogą rozprzestrzeniać się na znaczne odległości. Rdza czosnku może doprowadzić do zamierania i znacznej utraty liści, a następnie do zmniejszenia rozmiaru i jakości cebul czosnku [Negash i Shifa 2018].

Zielona zgnilizna czosnku, której sprawcami są grzyby rodzaju *Penicillium* (przede wszystkim *Penicillium verrucosum* var. *cyclopium* (Westling) Samson, Stolk & Hadlok), najczęściej pojawia się w okresie przechowywania główek i może doprowadzić do znacznych strat. Rozwojowi choroby sprzyja wysoka wilgotność powietrza i umiarkowana temperatura. Infekcja uszkodzonych cebul następuje w okresie wegetacji. Początkowe objawy, w postaci wodnistych plam pojawiają się na ząbkach, które z czasem mięknią, a na ich powierzchni tworzy się charakterystyczny, pylący zielonkawy nalot trzonków i zarodników konidialnych. W trakcie rozwoju choroby tkanka porażonych ząbków przekształca się w brązową, zbutwiałą masę – rozwija się tzw. sucha zgnilizna [Mazur 2003, Nawrocki 2014].

Plamistość cebul czosnku powodowana przez grzyba *Alternaria embellisia* Woudenb. & Crous pojawia się rzadko, a jej przebieg jest podobny do peniciliozy. Objawy można zaobserwować podczas zbioru lub w trakcie przechowywania w postaci szarawych, powiększających się plam na powierzchni główek. Z czasem plamy pokrywają się aksamitnym, ciemnym nalotem grzybni i zarodników. Tkanka porażonych ząbków zapada się i gnije [Mishra i in. 2014, Nawrocki 2014].

2.7.3. Szkodniki czosnku

Jednym z najgroźniejszych szkodników roślin cebulowych jest niszczyk zjadliwy - *Ditylenchus dipsaci* Kühn. Jego obecność sprzyja rozwojowi chorób głównie pochodzenia bakteryjnego. Występowanie tego nicienia ma charakter placowy, a spotkać go można na terenie całego kraju. Nicienie rozpoczynają swoją aktywność w glebie w temperaturze 4^oC. Optymalne warunki dla rozwoju *Ditylenchus dipsaci* mieszczą się w zakresie 13-18^oC.

Niecienie z gleby wnikają do części podziemnych roślin głównie poprzez piętękę główki czosnku, gdzie następnie żerują. Proces ten prowadzi do rozkładu tkanek oraz sprzyja infekcji przez inne patogeny wtórnie atakujące rośliny. Wraz z rozwojem czosnku oraz postępującym rozkładem nicienie migrują do innych części roślin, tj. liście, pędy kwiatostanowe i nasiona. Źródłem porażenia mogą być: gleba, resztki roślinne oraz nasiona. Czosnek porażony przez *Ditylenchus dipsaci* odznacza się zahamowanym wzrostem oraz żółknięciem i zasychaniem liści. Pędy i liście roślin nie ulegają deformacjom oraz nabrzmieniom, ale niekiedy można zaobserwować ich więdnienie. Główki czosnku pękają, ich system korzeniowy zanika, a ząbki się rozpadają. Przy słabym porażeniu przez nicienie objawy można zaobserwować dopiero w trakcie przechowywania. *Ditylenchus dipsaci* jest bardzo szkodliwym organizmem zaliczanym do grupy regulowanych agrofagów niekwwarantannowym [Chałańska i Oleszczak 2019].

Innym groźnym szkodnikiem roślin cebulowych jest wciornastek tytoniowiec - *Thrips tabaci* ssp. *communis* Lind. Szkody wyrządzane są przez larwy oraz osobniki dorosłe odżywiające się sokiem komórkowym. W miejscu żerowania pojawiają się drobne, białosrebrzyste plamki, a na nich małe, czarne punkciki - odchody owadów. Czasami na roślinie mogą pojawiać się skorkowacenia. Na roślinach silnie uszkodzonych występują liczne, białe cętki, które z czasem bieleją oraz zasychają [Rogowska i Sobolewski 2018, Robak 2020].

Muchówka błotniszka czosnkówka - *Suillia lurida* Meig. jest groźnym szkodnikiem późnych odmian czosnku. Pojawia się, gdy roślina jest w fazie 2-3 liści. Larwy błotniszki żerują pojedynczo wewnątrz środkowego liścia drażąc korytarze w kierunku główki czosnku. Liść, który uległ uszkodzeniu więdnie, żółknie, a następnie skręca się i zasycha. Na przekroju podłużnym widoczna jest biaława larwa oraz wygryziony korytarz. Larwy po zniszczeniu jednego liścia przenoszą się na kolejne liście zewnętrzne i je niszczą. Uszkodzone rośliny czosnku mogą wytworzyć nowe, drobniejsze liście, ale nie wytworzą ząbków [Rogowska i Sobolewski 2018, Robak 2020].

Śmietka cebulanka - *Delia antiqua* Meig. powoduje największe szkody w maju i czerwcu. Wyrządzane są one przez żerujące larwy pokolenia wiosennego. Samice śmietki, które nalatują wiosną na młode rośliny składają jaja na ziemi w pobliżu roślin. Larwy, które się z nich wylęgają żerują na korzeniach oraz w cebuli w okolicach szyjki korzeniowej. W uszkodzone miejsca mogą wnikać wtórne patogeny powodujące gnicie tkanek. Wskutek żerowania muchówki rośliny początkowo więdną, ich liście żółkną oraz zasychają, a rośliny można łatwo wyciągnąć z podłoża. Larwy drugiego pokolenia pojawiające się od końca lipca do początku września powodują tylko znikome szkody roślin [Rogowska i Sobolewski 2018, Robak 2020].

2.8. Ochrona czosnku przed chorobami i szkodnikami

Naważniejszym elementem metody agrotechnicznej jest lustracja plantacji. Najwięcej chorób występuje w rejonach upraw monokulturowych, które nie przestrzegają zasad prawidłowego zmianowania. Bardzo ważna jest również odpowiednia lokalizacja plantacji, z uwzględnieniem konieczności zachowania izolacji przestrzennej od potencjalnego źródła patogenów, czyli nie sadzenia czosnku w bliskim sąsiedztwie innych upraw roślin cebulowych. Bardzo istotne znaczenie ma prawidłowe zmianowanie. Taki wybór stanowiska oraz przedplonu, aby przeciwdziałać przenoszeniu agrofagów z jednej uprawy na drugą, stanowi

podstawę ochrony roślin przed szkodnikami, chwastami i chorobami. Prawidłowe zmianowanie jest to uprawa czosnku na tym samym stanowisku (nie po innych roślinach cebulowych) nie częściej niż co 4 lata. Monokultura sprzyja nagromadzeniu się, zwłaszcza w glebie, groźnych agrofagów. Również istotne znaczenie ma prawidłowe nawożenie roślin. Właściwe zaopatrzenie czosnku w niezbędne składniki pokarmowe jest podstawą do utrzymywania roślin w dobrej kondycji, ograniczając ich podatność na zagrożenia ze strony agrofagów. Nawożenie nawozami organicznymi lub zielonymi sprzyja ograniczeniu występowania wielu chorób pochodzenia glebowego m.in. powodowanych przez grzyby rodzaju *Fusarium* [Robak 2020].

Niestety nadal na plantacjach czosnku bardzo często pojawiają się choroby pochodzenia wirusowego, często plantatorzy nie zdają sobie sprawy z zagrożenia ze strony chorobotwórczych wirusów. Niespecyficzne objawy lub objawy maskowane przez inne symptomy np. chorób fizjologicznych, utrudniają prawidłową diagnostykę sprawcy lub sprawców choroby. Do ograniczenia rozprzestrzeniania się patogenów, zwłaszcza wirusowych należy wykorzystać hodowlę i selekcję odpornościową w stosunku do określonych gatunków agrofagów. Bardzo istotne jest używanie kwalifikowanego materiału rozmnożeniowego, wykluczając to źródło groźnych agrofagów [Pruszyński i in. 2008, Robak 2020].

Metoda biologiczna polega na wykorzystaniu różnego rodzaju organizmów pożytecznych lub substancji naturalnych. Wykorzystuje się tu głównie organizmy antagonistyczne, które w wyniku antybiozy, konkurencji oraz pasożytnictwa przyczyniają się do obniżenia liczebności lub mogą eliminować gatunki patogeniczne ze środowiska [Jemiołkowska i Hetman 2016]. Wśród pożytecznych mikroorganizmów dominują bakterie należące do rodzajów *Bacillus*, *Pseudomonas* oraz grzyby rodzajów *Trichoderma*, *Beauveria*, *Coniothyrium*, *Metharhizium* oraz organizm grzybopodobny *Pythium* [Martyniuk 2012]. Najczęściej wykorzystywanymi mikroorganizmami w biologicznej ochronie roślin są grzyby rodzaju *Trichoderma*. Grzyby te są saprotrofami, które bytują w glebie na korzeniach roślin. Wykazują one silny antagonizm, który opiera się na nadpasożytnictwie, konkurencji i antybiozie, wobec *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum* spp., *Rhizopus* spp. czy *Diaporthe* spp. Kolejnym pożytecznym mikroorganizmem stosowanym często w biologicznej ochronie roślin jest lęgniowiec *Pythium oligandrum*, który zasiedla strefę korzeni roślin. Eliminuje on grzyby patogeniczne poprzez konkurencję i pasożytnictwo, ale zarazem pobudza system odpornościowy roślin. *Pythium oligandrum* przyczynia się do skutecznej ochrony przed takimi chorobami jak: szara pleśń, fuzarioza, zgnilizna twardzikowa, fytoftoroza, ryzoktonioza oraz mączniak prawdziwy i rzekomy [Jemiołkowska i Hetman 2016]. W biologicznej ochronie roślin wykorzystuje się też substancje pochodzenia roślinnego oraz zwierzęcego tj. olejki, saponiny, kwasy organiczne, chitozan, regulatory wzrostu roślin czy semiozwiązki - feromony, atraktanty i repelenty [Tomalak 2010, Martyniuk 2012]. Dużą skutecznością w ochronie roślin odznacza się ekstrakt z grejpfruta zawarty w preparacie Biosept Active (dawniej Biosept 33 SL). Liczne badania potwierdzają jego efektywność w zwalczaniu mączniaków prawdziwych, szarej pleśni, alternariozy oraz rdzy. Stosowanie biologicznej metody ochrony roślin związane jest z bezpieczeństwem preparatów biologicznych i biotechnicznych dla środowiska oraz z narastającym problemem odporności patogenów na fungicydy. Celem tej metody jest obniżenie liczebności wystąpienia patogenu lub szkodnika poniżej progu szkodliwości oraz osiągnięcie równowagi biologicznej w zbiorowisku mikroorganizmów, które bytują na roślinach [Jemiołkowska i Hetman 2016].

Natomiast metoda chemiczna, która jest częścią integrowanej ochrony roślin, polega na racjonalnym stosowaniu konwencjonalnych - chemicznych środków ochrony roślin w zwalczaniu agrofagów. Obecnie lista dopuszczonych do stosowania fungicydów jest bardzo ograniczona. Zgodnie z Europejskim Zielonym Ładem, który jest obecnie wprowadzany, ilość środków chemicznych stosowanych do ochrony roślin powinna być zredukowana o 50% na terenie całej Unii Europejskiej do roku 2030. Dyrektywa „od pola do stołu” zakłada ograniczenia w stosowaniu syntetycznych środków ochrony roślin, tak aby maksymalnie ograniczyć pozostałości środków ochrony roślin i ich pochodnych w produktach roślinnych. Stosowanie pestycydów w integrowanej ochronie roślin należy prowadzić w myśl zasady „tak dużo, jak to jest niezbędne, ale tak mało, jak to jest możliwe”. Każdy środek ochrony roślin należy wykorzystywać zgodnie z zaleceniami podanymi w etykiecie oraz w sposób niezagrożający zdrowiu człowieka, zwierząt oraz środowisku [Robak 2020].

3. Badania własne

3.1. Cel badań

Celem badań było określenie zagrożenia dla zdrowotności czosnku ze strony mikoz w okresie wegetacji i przechowywania, ocena skuteczności wybranych substancji biologicznych i biotechnicznych zastosowanych do ochrony czosnku pospolitego przed patogenami oraz ich wpływu na jakość biologiczną surowca roślinnego.

3.2. Hipotezy badawcze

1. Czosnek może być porażany przez wiele patogenów grzybowych, których znaczenie zależy od stanowiska i warunków pogodowych.
2. Zastosowane substancje biologiczne i biotechniczne poprawiają zaopatrzenie w składniki pokarmowe oraz wpływają korzystnie na kondycję zdrowotną roślin.
3. Wykorzystane środki wpływają na zdrowotność roślin w trakcie wegetacji zmniejszając porażenie przez patogeny odglebowe i infekujące liście i łodygi oraz cebule w okresie przechowywania.
4. Badane substancje wpływają na ograniczenie rozwoju wybranych patogenów na cebulach w okresie przechowywania.
5. Testowane środki wpływają na jakość cebul czosnku.

3.3. Materiał i metody

Badania prowadzone były w latach 2017-2019 na Wydziale Biotechnologii i Ogrodnictwa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie w następujących jednostkach: szklarnie wydziałowe, laboratorium Katedry Botaniki, Fizjologii i Ochrony Roślin, Stacja Doświadczalna Katedry Ogrodnictwa w Mydlnikach oraz laboratorium Katedry Ogrodnictwa.

3.3.1. Doświadczenia polowe

3.3.1.1. Lustracja plantacji zlokalizowanych wokół Krakowa

W okresie największego zagrożenia infekcjami patogenów grzybowych oraz pojawu objawów chorobowych przeprowadzono lustracje wybranych plantacji czosnku w miejscowościach, gdzie koncentruje się uprawa czosnku, zlokalizowanych w pobliżu Krakowa (ryc. 1), na terenie województwa małopolskiego. W trakcie lustracji prowadzono obserwacje roślin, wstępnie określano zdrowotność plantacji oraz szacowano nasilenie infekcji, częstotliwość pojawu poszczególnych typów objawów chorobowych. Następnie pobierano reprezentatywne rośliny z symptomami chorobowymi i w laboratorium przeprowadzono izolację czynników chorobotwórczych celem określenia sprawców zmian chorobowych, zgodnie z procedurą opisaną w punkcie 3.3.2.1.



Ryc. 1. Plantacja czosnku zlokalizowana w pobliżu Krakowa (oryg. A. Pogodzińska)

3.3.1.2. Układ doświadczenia polowego i stosowane zabiegi

Materiał badawczy stanowiły trzy odmiany ozime czosnku pospolitego *Allium sativum* L.: Arkus, Harnaś i Garpek oraz jedna odmiana jara – Jarus. Odmiany Arkus, Harnaś, Jarus pochodziły z Krakowskiej Hodowli i Nasiennictwa Ogrodniczego Polan sp. z.o.o w Krakowie, natomiast chińska odmiana Garpek z Centrum Ogrodniczego Polger sp. z.o.o w Zofipolu, gmina Igołomia-Wawrzeńczyce.

Harnaś to najwcześniejsza odmiana strzałkująca, o wysokim plonie (ryc. 2). Tworzy duże główki o masie 60-70g, o szarym zabarwieniu łuski. Ząbki duże, w liczbie 8-13 sztuk, o ściśle przylegającej łusce, zabarwione fioletowo. Odmiana polecana szczególnie do bezpośredniego spożycia oraz przemysłu przetwórczego i farmakologicznego [Katalog odmian warzyw i kwiatów].



Ryc. 2. Czosnek odmiany Harnaś [Katalog odmian warzyw i kwiatów]

Arkus to odmiana średnio wczesna, strzałkująca, osiągająca dojrzałość zbiorczą około 7 dni później niż odmiana Harnaś (ryc. 3). Tworzy dość duże główki o masie 50-60g o barwie białofioletowej do szarej, z licznymi żyłkami. Ząbki duże, od 4-7 w główce, barwy fioletowobrazowej. Polecany do bezpośredniego spożycia, przemysłu przetwórczego oraz farmakologicznego [Katalog odmian warzyw i kwiatów].



Ryc. 3. Czosnek odmiany Arkus [Katalog odmian warzyw i kwiatów]

Garpek to wczesna, chińska odmiana czosnku purpurowego (ryc. 4). Główki są duże, wyrównane o wysokiej jakości. Łuska o zabarwieniu białym z fioletowymi paskami. Ząbki od 7 do 15 sztuk w główce, o różowobrazowym zabarwieniu. Polecany do bezpośredniego spożycia, przemysłu farmakologicznego oraz przetwórczego [<https://www.thompson-morgan.com/p/garlic-garpek-springautumn-planting/t65261TM> (20.11.2022)].



Ryc. 4. Czosnek odmiany Garpek [<https://planasa.com/variety/garlic-garpek/> (20.11.2022)]

Jarus to odmiana średnio wczesna charakteryzująca się długą przydatnością do spożycia (ryc. 5). Główki małe, o masie 20-40g, okryte białokremową łuską. Ząbki drobne, od 7 do 12 sztuk, o białobeżowym zabarwieniu. Jarus polecany jest do bezpośredniego spożycia oraz przemysłu przetwórczego i farmakologicznego [Katalog odmian warzyw i kwiatów].



Ryc. 5. Czosnek odmiany Jarus [Katalog odmian warzyw i kwiatów]

Doświadczenia polowe przeprowadzono w Stacji Doświadczalnej Katedry Ogrodnictwa w Mydlnikach (ryc. 6). Zakładano je metodą losowanych bloków w układzie dwuczynnikowym w trzech powtórzeniach. Uwzględniono 8 kombinacji (tab. 4.). Każde poletko miało powierzchnię 3 m², rośliny czosnku wysadzano były w rozstawie 15 x 30 cm. Kontrolę względną stanowiły rośliny zaprawiane i opryskiwane zgodnie z zaleceniami programu ochrony czosnku w uprawie integrowanej. Kontrolą bezwzględną były rośliny niezaprawiane i nieopryskiwane.



Ryc. 6. Doświadczenie polowe założone na terenie Stacji Doświadczalnej Katedry Ogrodnictwa w Mydlnikach (oryg. A. Pogodzińska)

Przed każdym wysadzeniem czosnku został on zaprawiony poszczególnymi preparatami, w roztworach zalecanych zgodnie z etykietą środka, ząbki moczo no przez okres ok. 30 minut. W każdym roku badań, w trakcie sezonu wegetacyjnego wykonano 6 zabiegów ochronnych. Termin pierwszego zabiegu wyznaczano na podstawie występowania pierwszych symptomów chorobowych. Kolejne zabiegi prowadzono, co ok. 14 dni, uwzględniając aktualne warunki pogodowe. Częstotliwość zabiegów w trakcie suszy była mniejsza.

Tab. 4. Preparaty wykorzystane do badań w latach 2017-2019

Obiekt	Badane preparaty	Substancja aktywna	Stężenie środka (%)
1	Alginure®	ekstrakt z <i>Ascophyllum nodosum</i> – laminaryna, fosfoniany potasu	0,4
2	Polyversum WP	<i>Pythium oligandrum</i>	0,05
3	Kontrola względna - Topsin M 500 SC	tiofanat metylowy	0,15
4	Rizocore®	<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Bacillus megaterium</i>	0,08
5	Biosept Active	ekstrakt z mięszu i nasion grejpfruta, d-limonen	0,1
6	RhizoVital 42®	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,05
7	Wetcit™	olejek pomarańczowy, d-limonen	0,4
8	Kontrola bezwzględna	brak zaprawiania i opryskiwania roślin	

W badaniach wykorzystano preparaty pochodzenia biologicznego takie jak Polyversum WP, Rizocore®, RhizoVital 42®, środki biotechniczne Alginure®, Biosept Active i Wetcit™ oraz standardowy fungicyd Topsin M 500 SC.

Polyversum WP to preparat biologiczny, który zawiera oospory organizmu grzybopodobnego - *Pythium oligandrum* (10^6 oospor w 1 gramie środka), przeznaczony jest do ochrony strefy korzeniowej i nadziemnej przed chorobami grzybowymi. Jego działanie polega na antybiozie, konkurencji oraz nadpasożytnictwie. Organizm ten zasiedla strefę korzeniową eliminując poprzez konkurencyjne działanie niektóre grzyby chorobotwórcze. *Pythium oligandrum* rozkłada strzępki grzybów patogenicznych poprzez rozkład enzymatyczny, jednocześnie stymulując mechanizmy odpornościowe chronionej rośliny, poprzez wprowadzenie do nich fitohormonów oraz fosforu i cukrów. Stymulacja ta rozpoczyna się podczas bezpośredniego kontaktu grzybni i młodej tkanki roślin. Konkurencja o niższą ekologiczną oraz składniki odżywcze jest jednym z pomniejszych mechanizmów używanych przez *P. oligandrum* w celu eliminacji innych mikroorganizmów [Etykieta środka ochrony roślin Polyversum WP, załącznik nr 1 do zezwolenia MRiRW nr R - 154/2017d z dnia 21.04.2017 r. zmieniającej zezwolenie MRiRW nr R - 181/2012 z dnia 20.12.2012 r. - <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/etykiety-srodkow-ochrony-roslin> (20.11.2022), Gerbore i in. 2013, Jemiołkowska i Hetman 2016].

Preparat Rizocore® zawiera grzyby mikoryzowe *Glomus* spp. (5%), *Trichoderma harzianum* (szczep NAT11 11^{10} JTK/g) oraz *Bacillus megaterium* (10^4 JTK/g), które korzystnie wpływają na wzrost i rozwój roślin, szczególnie strefy systemu korzeniowego. Mikroorganizmy wchodzące w skład środka rozwijają się intensywnie wokół systemu korzeniowego, co skutkuje ograniczeniem miejsca na rozwój niektórych patogenów, np. *Pythium*, *Botrytis*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Sclerotinia*, *Cylindrocladium*. Ich właściwości antagonistyczne opierają się również na nadpasożytnictwie i antybiozie. [<https://biocont.pl/produkt/rizocore/> (20.11.2022), Wojtkowiak-Gębarowska 2006, Jemiołkowska i Hetman 2016, Ghazanfar i in. 2018].

RhizoVital 42® to preparat zawierający bakterie *Bacillus amyloliquefaciens* FZB 42 ($>2,5 \times 10^{10}$ JTK/ml), które kolonizują się wokół strefy korzeniowej rośliny oraz wydzielają związki, które umożliwiają efektywniejsze pobieranie składników odżywczych z podłoża. Ograniczają tym samym rozwój niektórych patogenów odglebowych rodzaju *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Sclerotinia* czy *Cylindrocladium* [<http://biocont.pl/produkty/rhizovital-42/> (12.11.2022), Grata 2012, Hamdache i in. 2018, Cruz-Martin i in. 2021].

Preparat Alginure® to środek wyprodukowany na bazie ekstraktu z *Ascophyllum nodosum*. Zawiera mono-, oligo- i polisacharydy (molekuły cukrowe o krótkich i długich łańcuchach węglowych), ponadto: alginaty, laminaryny, mannitol, tłuszcze, proteiny, potas, fosfor (fosforyny i fosforany), niewielką ilość azotu oraz pierwiastków śladowych. Dodatkowo środek zawiera fosfoniany potasu (substancja z grupy fosfonianów) - 342 g/l (24,6%). Zawarte w preparacie roślinne aminokwasy i ekstrakt z brunatnic korzystnie wpływają na podwyższenie odporności roślin na różne choroby grzybowe oraz bakteryjne [<http://biocont.pl/produkty/alginure/> (12.11.2022), Alam i in. 2013, Mila i in. 2013, Shukla i in. 2019].

Biosept Active to środek powstały na bazie ekstraktu z miąższu i nasion grejpfruta (33%). Preparat ten poprawia rozwój, jakość, wygląd oraz ukorzenie roślin, indukuje ich odporność. Wykazuje silne właściwości grzybobójcze i bakteriobójcze poprzez hamowanie kiełkowania zarodników czy wzrost strzępek infekcyjnych. Działanie to związane jest z obecnością wielu związków biologicznie czynnych, zawartych w miąższu i zewnętrznej warstwie skórki, tj. d-limonen, endogenne flawonoidy i glikozydy, terpeny, kumaryny czy furanokumaryny. Ekstrakt z grejpfruta może również wpływać pozytywnie na skład mikrobiologiczny gleby [<https://biosept.pl/> (20.11.2022), Patkowska 2006, Jemiołkowska i Hetman 2016].

Wetcit™ jest nowoczesnym adiuwantem poprawiającym działania insektycydów, fungicydów, herbicydów, regulatorów wzrostu oraz nawozów. Może być stosowany we wszystkich uprawach również jako oddzielny środek, podobnie jak Prev-Am lub Limocide, który wpływa na ograniczenie rozwoju niektórych chorób m.in. szarej pleśni czy mączniaków prawdziwych. Preparat zawiera 8,15% alkoholu etoksylogowanego oraz 5-10 % olejku pomarańczowego (związki terpenowe pochodzenia roślinnego m.in. d-limonen), który poprawia przyjmowanie mikroelementów przez roślinę. Ponadto olejek pomarańczowy może skutecznie ograniczać rozwój różnych patogenów [<https://www.oroagri.eu/pl/faq/wetcit-faq/#1534617395347-913f23e9-fbf0> (20.11.2022), Viuda-Martos i in. 2008, Sedeek i in. 2021].

Topsin M 500 SC to fungicyd, którego substancją czynną jest tiofanat metylowy (związek z grupy benzimidazoli) - 500 g w 1 litrze środka (41,91%). Preparat w postaci stężonej zawiesiny do rozcieńczania wodą działa układowo. Wykorzystywany do stosowania zapobiegawczego, interwencyjnego i wyniszczającego w ochronie roślin rolniczych, sadowniczych, warzywnych i ozdobnych [Etykieta środka ochrony roślin Topsin M 500 SC, załącznik nr 1 do zezwolenia MRiRW nr R - 493/2017d z dnia 10.10.2017 r. zmieniającej zezwolenie MRiRW nr R - 74/2012 z dnia 18.05.2012 r. - <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/etykiety-srodkow-ochrony-roslin> (20.11.2022)].

3.3.1.3. Analiza warunków pogodowych

W trakcie prowadzenia doświadczeń polowych gromadzono dane meteorologiczne dotyczące miejsca uprawy w Stacji Doświadczalnej Katedry Ogrodnictwa w Mydlnikach. Dane dotyczą okresów wegetacji roślin czosnku z pominięciem miesięcy zimowych. Informacje zebrane w trakcie trwania doświadczenia uzupełniono o wieloletnie dane meteorologiczne z lat 2009-2019. Źródłem pochodzenia danych jest Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy. Dane IMiGW – Państwowego Instytutu Badawczego zostały przetworzone – [<https://meteomodel.pl/> (20.11.2022)].

3.3.1.4. Analiza zdrowotności liści czosnku w okresie wzrostu roślin

W celu ustalenia metodyki prowadzenia analizy zdrowotności roślin wzorowano się na zaleceniach EPPO [<https://www.gov.pl/web/rolnictwo/wytyczne-dotyczace-prowadzenia-badan-skuteczności-i-fitotoksyczności-srodkow-ochrony-roślin1> (20.11.2022)] dotyczących oceny skuteczności środków ochrony roślin. Terminy obserwacji wyznaczano po wykonaniu zabiegów. Pierwsza analiza została wykonana w momencie wystąpienia objawów porażenia na liściach czosnku. W odstępach dwutygodniowych, w trakcie wzrostu roślin każdorazowo oceniano wszystkie rośliny na poletku posługując się następującą skalą:

- 0 - brak objawów,
- 1 - porażenie słabe (powierzchnia plam do 5 % rośliny),
- 2 – porażenie średnie (powierzchnia plam 6 – 25 % rośliny),
- 3 – porażenie silne (powierzchnia plam 26 – 50 % rośliny),
- 4 – porażenie bardzo silne (ponad 51 % powierzchni rośliny).

Z uzyskanych danych został wyliczony indeks porażenia dla każdego powtórzenia z kombinacji. Indeks porażenia wyrażony w procentach wyliczono wg wzoru:

$$Ip = \frac{\sum(a * b) * 100}{N * n}$$

gdzie:

- Ip – indeks porażenia
- a – ilość roślin porażona w danym stopniu skali
- b – stopień skali
- N – ogólna ilość analizowanych roślin
- n – największy stopień skali

3.3.1.5. Analiza zdrowotności cebul czosnku po zbiorze

Po zbiorze określono nasilenie występowania objawów chorobowych na piętках wszystkich roślin czosnku z każdego poletka. Ocena została przeprowadzona według następującej skali:

- 0 - piętka cebuli bez objawów chorobowych,
- 1 - pokrycie piętki cebuli zgnilizną na powierzchni 1-25%,
- 2 - pokrycie piętki cebuli zgnilizną na powierzchni 26-50%,

- 3 - pokrycie piętki cebuli zgnilizną na powierzchni 51- 75%,
- 4 - objawy chorobowe na ponad 75% powierzchni piętki cebuli.

Z uzyskanych danych został wyliczony indeks porażenia dla każdego powtórzenia z kombinacji. Indeks porażenia wyrażony w procentach wyliczono wg wzoru:

$$Ip = \frac{\Sigma(a * b) * 100}{N * n}$$

gdzie:

Ip – indeks porażenia

a – ilość roślin porażona w danym stopniu skali

b – stopień skali

N – ogólna ilość analizowanych roślin

n – największy stopień skali

Następnie wykonano pomiary biometryczne główek czosnku – zmierzono ich masę oraz określono ilość ząbków w główce.

3.3.2. Doświadczenia laboratoryjne

3.3.2.1. Izolacja i identyfikacja najważniejszych patogenów grzybowych

Ząbki czosnku z lokalnych pól oraz własnych doświadczeń polowych wybrane do analizy mykologicznej zostały obrane z łusek, a następnie pobrano fragmenty roślinne, długości i szerokości około 5 mm, z wyraźnymi objawami zmian chorobowych, które zostały przepłukane w sterylnej wodzie destylowanej. W zależności od spodziewanego organizmu dobierano odpowiednią metodę powierzchniowego oczyszczania materiału roślinnego. W przypadku wolno rosnących grzybów stosowano odkażanie płomieniowe, czyli krótkotrwałe przeciągnięcie fragmentu roślinnego nad płomieniem palnika. W pozostałych przypadkach fragmenty roślinne odkażano w 70% alkoholu etylowym przez 40 s., opłukano w wodzie destylowanej i osuszano w sterylnej bibule. Fragmenty roślin zostały wyłożone po 3 sztuki na zestaloną pożywkę glukozowo-ziemniaczaną (PDA) lub maltozową (MEA) w szalkach Petriego o średnicy 0,9 cm. Po okresie inkubacji każdą kolonię odszczepiono na skos z pożywką glukozowo-ziemniaczaną. Rozwinięte na skosach izolaty grzybów zostały porównane pod względem makro- i mikroskopowym oraz została wybrana reprezentacja danego zbiorowiska. Po wybraniu reprezentatywnych izolatów uzyskano z nich kultury jednozarodnikowe. Kolonie te zostały wyszczepione na odpowiednio dobrane pożywki selektywne i zidentyfikowane w oparciu o dostępne opracowania i klucze mykologiczne oraz arkusze Description of Pathogenic Fungi and Bacteria, wydawane przez International Mycological Institute Egham pod Londynem [Booth 1966, Booth 1971, Biłaj 1977, Gerlach i Nirenberg 1982, Ramirez 1982, Nelson i in. 1983, Zamorski 1984, Rotem 1994, Marcinkowska 2003, Naqvi 2004, Elad i in. 2007, Visagie i in. 2014, Refai i in. 2015]. Nazewnictwo grzybów uaktualniono zgodnie z propozycjami portalów internetowych Index Fungorum oraz Cybernome [<https://www.indexfungorum.org/names/names.asp> (20.11.2022)].

Charakteryzując wyodrębnione izolaty z chorych ząbków czosnku dokonano podziału zbiorowiska kolonii. Jako kryterium przyjęto procentowy udział gatunku w całości zbiorowiska:

- dominanty - gatunki o największej frekwencji >5% w całości zbiorowiska,
- influenty – gatunki o średniej frekwencji 1-5% w całości zbiorowiska,
- akcesoryczne – gatunki o najmniejszej frekwencji < 1% w całości zbiorowiska [Mazur 1996b].

Dla określenia stałości występowania poszczególnych gatunków Mycota wyliczono współczynnik stałości C według wzoru podanego w pracy Machowicz-Stefaniak [1986].

$$C[\%] = \frac{n_a}{N} * 100$$

gdzie:

n_a - suma prób, w których gatunek wystąpił

N - suma wszystkich prób.

Przyjęto procentową skalę wartości współczynnika:

C_4 - gatunek absolutnie stały; 76- 100% prób,

C_3 - gatunek stały; 51-75% prób,

C_2 - gatunek towarzyszący; 26-50% prób,

C_1 - gatunek przypadkowy; 0-25% prób.

3.3.2.2. Badanie wpływu niektórych substancji biotechnicznych i chemicznych na wzrost liniowy wybranych grzybów w warunkach *in vitro*

W celu zbadania wpływu preparatów: Biosept Active 33 SL, WetcitTM oraz Topsin M 500 SC na wzrost liniowy grzybni *Alternaria alternata*, *A. embellisia*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium avenaceum*, *F. oxysporum*, *Penicillium expansum* oraz *Stromatinia cepivora* zastosowano metodę zatrutych podłoży metodą Kowalika i Krechniaka [1961].

Uzyskane pomiary wykorzystano do obliczenia średnich z pomiarów średnicy grzybni, a następnie obliczono indeks tempa wzrostu linowego danego mikroorganizmu wydanych według wzoru: [Borecki 1984]:

$$T = \frac{A}{D} + \frac{b_1}{d_1} + \dots + \frac{b_x}{d_x}$$

gdzie:

A - średnia pomiarów średnicy kolonii

D - czas trwania doświadczenia (dni)

$b_1 \dots b_x$ - przyrost średnicy kolonii od ostatniego pomiaru

$d_1 \dots d_x$ - ilość dni od ostatniego pomiaru

Procent zahamowania wzrostu grzybni na pożywce z preparatem w stosunku do wzrostu na pożywce kontrolnej był miarą aktywności preparatu, obliczono go według wzoru Abbota [Borecki 1984]:

$$I [\%] = \left[\frac{C - T}{C} \right] \times 100$$

gdzie:

I - procent zahamowania wzrostu liniowego grzybni

C - średnica kolonii grzyba w kombinacji kontrolnej (mm/dobę)

T - średnica kolonii grzyba w kombinacji zawierającej określone stężenie preparat w pożywce (mm/dobę)

3.3.2.3. Badania nad patogennością wybranych izolatów dla czosnku pospolitego

Do badań nad patogennością wybrano gatunki grzybów wyizolowane najliczniej z chorych roślin czosnku pospolitego uzyskanego z plantacji lokalnych oraz własnych doświadczeń polowych. Były to: *Alternaria alterata*, *Alternaria embellisia*, *Botrytis alli*, *Botrytis cinerea*, *Botryotinia globosa*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium incarnatum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium hirsutum*, *Penicillium verrucosum*, *Stromatinia cepivora*. Doświadczenie przeprowadzono w laboratorium Katedry Botaniki, Fizjologii i Ochrony Roślin. Założono je w trzech powtórzeniach dla każdego wytypowanego izolatu. Wyniki porównano z kontrolą. Obrane i zdezynfekowane ząbki czosnku ułożono w kuwetach wypełnionych perlitem. Tak przygotowane ząbki uszkodzono skalpelem na głębokość 1 mm, a następnie w to miejsce nanoszono w formie krążków o średnicy 5 mm pożywki przerośnięte grzybnią odpowiedniego izolatu 14-dniowych kultur. Kuwety pozostawiono w temperaturze pokojowej, podłoże w kuwetach regularnie zwilżano i dokonywano wizualnej oceny zdrowotności ząbków. Miarą oceny patogenności była wielkość powierzchni nekrozy powodowanej przez badane gatunki mierzonej po różnym okresie inkubacji (7 i 14 dni) w zależności od izolatu. Wyniki z pomiarów poddano obliczeniom statystycznym. Obecność w tkance roślinnej czosnku introdukowanego patogena w danej kombinacji potwierdzono reizolacją z chorych tkanek czosnku po zakończeniu doświadczenia (wypełnienie postulatów Kocha).

3.3.2.4. Test na kiełkowanie zarodników wybranych fitopatogenów w obecności wybranych czynników biotechnicznych

Roztworami wodnymi testowanych substancji biotechnicznych spłukiwano zarodniki z dwutygodniowych kultur wybranych patogenów. Do doświadczenia wybrano *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* oraz preparaty Alginure®, Biosept Active i Wetcit™. Uzyskaną zawiesinę rozcieńczono wodą tak, aby jej gęstość wynosiła 50 konidiów w polu widzenia mikroskopu przy powiększeniu 320x. Krople umieszczono na szkiełkach podstawkowych. Szkiełka inkubowano w wilgotnych kamerach przez 24 h w temp. 25°C. Po tym czasie oceniono zdolność kiełkowania zarodników konidialnych posługując się skalą podaną przez Burgiela [1980]. Doświadczenie wykonano w 5 powtórzeniach, przyjmując jedną kroplę za jedno powtórzenie. Kontrolę stanowiła zawiesina zarodników sporządzona w wodzie.

3.3.2.5. Metody analityczne

Z każdego poletka pobrano 30 ząbków czosnku, które obrano i miksowano, a uzyskany homogenat przeznaczono do dalszych analiz. Części wskaźnikowe czosnku (ząbki) pobierano w celu oznaczenia w nich zawartości suchej masy, cukrów rozpuszczalnych oraz kwasu L-askorbinowego. Ponadto oznaczono również zawartość makro- i mikroelementów, związków fenolowych oraz ustalono właściwości antyoksydacyjne. Analizy zostały przeprowadzone na ząbkach czosnku po zbiorze. Szczegółowe metodyki przeprowadzonych analiz poszczególnych składników opisano poniżej.

3.3.2.5.1. Oznaczenie suchej masy

Do oznaczenia suchej masy w materiale roślinnym wykorzystano metodę suszarkową wg Pijanowskiego [Krełowska-Kułas 1993]. Przygotowany wcześniej homogenat naważono na wadze laboratoryjne Sartorium A120S w naczynkach wagowych. Przygotowane próbki umieszczono w suszarce i suszono do momentu uzyskania stałej wagi w temperaturze 70°C. Następnie naczynka pozostawiono do ostygnięcia. Procentową zawartość suchej masy w próbce obliczono według wzoru:

$$s. m. = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} * 100\%$$

gdzie:

M_0 – masa pustego naczynka

M_1 – masa naczynka z pozostałością materiału po wysuszeniu

M_2 – masa naczynka z ważną rośliną

3.3.2.5.2. Oznaczenie cukrów rozpuszczalnych

Zawartość cukrów rozpuszczalnych oznaczano według metody antronowej [Yemm i Willis 1954]. Metoda ta polega na reakcji stężonego kwasu siarkowego z cukrami rozpuszczalnymi w wodzie, w wyniku czego powstają pochodne furanu tworzące w połączeniu z antronem charakterystyczne niebieskozielone zabarwienie. Materiał roślinny naważono w ilości 1 g na szkiełko zegarowe, następnie naważkę przeniesiono ilościowo do kolbki stożkowej. Ekstrakty roślinne sporządzono przy użyciu 80% alkoholu etylowego. Kolbki ustawiano na wrzącej łaźni parowej i ogrzewano pod chłodnicą zwrotną przez pół godziny od momentu rozpoczęcia wrzenia alkoholu z naważką. Następnie zawartość kolb Erlenmeyera przesączano do kolb o pojemności 500 cm³, po wystygnięciu dopełniano je alkoholem do pełnej pojemności (kreski), roztwór dokładnie wymieszano. Ekstrakt roślinny (2cm³) przeniesiono do kolbek o pojemności 100 cm³, dopełniono do całkowitej pojemności wodą dejonizowaną i dokładnie wymieszano. Do analizy pobrano do próbówki 2 cm³ roztworu wodnego. Równolegle przygotowano wodne roztwory wzorca o różnej zawartości glukozy (0,00, 0,01, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08 mg w 100 cm³) potrzebne do utworzenia krzywej wzorcowej, do analizy pobrano 2 cm³ roztworów. Próbki umieszczono w zimnej wodzie. Do każdej próbówki dodano 4 cm³

0,2% roztworu antronu w 96% kwasie siarkowym VI, roztwory wymieszano bagietką. Probówki ogrzewano we wrzącej łaźni wodnej, a następnie studzono w zimnej wodzie, każdorazowo przez 10 minut. Absorbancję roztworów zmierzono na spektrofotometrze Helios Beta przy długości fali 625 nm. Ogólną zawartość cukrów rozpuszczalnych w próbkach odczytano z krzywej wzorcowej oraz przeliczono na mg 100g⁻¹św.m.

3.3.2.5.3. Oznaczenie kwasu L-askorbinowego

Do określenia zawartości kwasu L-askorbinowego w ząbkach czosnku wykorzystano metodę Tillmansa [Pijanowski i in. 1973/76, Krelowska-Kułas 1993]. Do zlewek naważono 25 g materiału roślinnego. Przygotowany materiał roślinny wymieszano z 1% kwasem szczawiowym w ilości 100 cm³, następnie próbki umieszczono w zacienionym pomieszczeniu na pół godziny. Po tym czasie ekstrakt przesączono przez sączki jakościowe średnie. Ekstrakt przelano do zlewek i miareczkowano 2,6-dichloroindofenolem. Zawartość witaminy C wyrażono w mg 100g⁻¹św.m.

3.3.2.5.4. Oznaczanie składu mineralnego

Do oznaczenia zawartości pierwiastków tj. potas, wapń, magnez, mangan, sód, żelazo i cynk wykorzystano metodę spektroskopii atomowej ASA na aparacie Spectr AA20 [Pinta 1977], polegająca na absorpcji promieniowania o charakterystycznej długości fali przez wolne atomy pierwiastka w stanie pary. Absorpcja jest proporcjonalna do stężenia pierwiastków w próbce [Żernicki i in. 2010]. Przygotowany materiał roślinny naważono po 1 g do tygli, które umieszczono w piecu. Materiał spalono do uzyskania popiołu przez 5 dni stopniowo podnosząc temperaturę do 500⁰C, rozpoczynając od 100⁰C. Następnie spalone próbki zalano 1 cm³ kwasu azotowego rozcieńczonego w stosunku 1:2 z wodą oraz odparowano na płycie grzejnej do sucha, po czym ponownie spalano je w piecu przez 12 godzin. Do tak zmineralizowanych próbek dodano 1 cm³ kwasu solnego rozcieńczonego w stosunku 1:1 z wodą i po ponownym umieszczeniu na płycie grzejnej odparowano do sucha. Następnie do wystudzonych próbek dodano kwas azotowy rozcieńczony w stosunku 1:2 i podgrzano na płycie do uzyskania tzw. białych dymów. Probki przeniesiono ilościowo z tygli do kolbek o pojemności 25 cm³ przy użyciu wody dejonizowanej. Do oznaczenia pierwiastków wykonano rozcieńczenia 1:25 dla potasu i magnezu oraz 1:500 dla wapnia lub pobrano roztwór stężony do oznaczenia mikroelementów.

Fosfor został oznaczony metodą kolorymetryczną z wykorzystaniem mieszaniny roztworów metawanadanu amonu i molibdenianu amonu w stosunku 1:1. Transmisję próbek oznaczano na spektrofotometrze Helios Beta przy długości fali 460 nm. Uzyskane wyniki przeliczono na mg 100g⁻¹św.m.

3.3.2.5.5. Ustalenie właściwości antyoksydacyjnych

Właściwości antyoksydacyjne ustalano przy wykorzystaniu metody Brenda-Williamsa, która polega na użyciu związku DPPH, będącym stabilnym rodnikiem azowym. Roztwory tego związku mają kolor purpurowy z maksimum absorpcji przy długości fali 515 nm. W reakcji

z utleniaczami zmienia się zatem barwa roztworu. Postęp reakcji jest monitorowany spektrofotometrycznie przez pomiar absorbancji w λ_{max} . Ilość rodnika DPPH, która nie przereagowała wylicza się ze wzoru:

$$\frac{(DPPH)_{rem}}{(DPPH)_{To}} * 100 = DPPH_{rem}\%$$

gdzie:

$(DPPH)_{rem}$ – ilość nieprzereagowanego DPPH,

$(DPPH)_{To}$ – początkowa ilość DPPH.

Ilość pozostałego DPPH, który nie uległ reakcji jest proporcjonalna do przeciwutleniacza oraz stężenia powodującego spadek początkowego stężenia rodnika o 50%, jest określana jako parametr EC_{50} . Czas wymagany do zajścia tego procesu jest wyznaczany z krzywej kinetyki reakcji i określany jako T_{EC50} . Aby wyznaczyć aktywność antyoksydacyjną określa się sprawność przeciwrodnikową AE (ang. antiradical efficiency).

$$AE = \frac{1}{EC50} * TEC50$$

gdzie:

AE – sprawność przeciwrodnikowa,

EC_{50} – stężenie DPPH powodujące spadek początkowego stężenia rodnika o 50%,

T_{EC50} – czas, po którym stężenie DPPH zmniejszy się o 50% [Brand-Williams i in. 1995, Grajka 2007, Szychowski i in. 2018].

3.3.2.5.6. Oznaczanie związków fenolowych

Do oznaczenia całkowitej zawartości polifenoli wykorzystano metodę Folin-Ciocalteu. Związki fenolowe obecne w próbce ulegają utlenieniu, natomiast sole kwasów fosfomolibdenowego i fosfowolframowego, będącymi składnikami odczynnika Folina ulegają redukcji w środowisku zasadowym – powstający produkt reakcji ma barwę niebieską. Metoda ta wykorzystuje zdolność polifenoli do barwnej reakcji z odczynnikiem Folina, a absorbancja mierzona przy długości fali λ wynoszącej 756 nm jest proporcjonalna do całkowitej zawartości związków fenolowych w badanej próbce. Całkowitą zawartość polifenoli w przeliczeniu na kwas galusowy (krzywa wzorcowa) w materiale roślinnym oznaczono metodą spektrofotometrii UV - VIS. Krzywa wzorcowa opierała się na trzykrotnym powtórzeniu każdego punktu stężenia. Z otrzymanych wyników wykreślono krzywą $y = a \cdot x + b$ dla każdej wyliczono parametry oraz granicę oznaczalności (LOD) i wykrywalności (LOQ).

$$LOD = 3,3 \cdot \frac{Sb}{a} LOQ = 3 \cdot LOQ \text{ [Pieszko i Zaremba 2013, Szychowski i in. 2018].}$$

3.3.3. Doświadczenia szklarniowe

3.3.3.1. Doświadczenie wazonowe nad wpływem zastosowanych preparatów na rozwój młodych roślin czosnku pospolitego

Doświadczenie prowadzono w szklarni Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa. Przygotowano inokulum patogena w pożywce ziemnej. Pożywkę ziemną stanowiła mieszanina: ziemia ogrodnicza (660 g), suchy piasek (331g), mączki kukurydzianej (9g) i wody destylowanej (200 ml). Następnie pożywkę autoklawowano przez 30 min. Autoklawowanie powtórzono po upływie 12 godz. Po 14 dniach pożywkę zakażono wybranymi grzybami i inkubowano przez 21 dni. Podłoże, które stanowiła mieszanina substratu torfowego z piaskiem w proporcjach 1:3, dezynfekowano termicznie trzy tygodnie wcześniej. Dokładnie wymieszano podłoże z pożywką ziemną zakażoną odpowiednią kulturą grzyba. Doświadczenie wykonano w trzech powtórzeniach wykorzystując izolaty: *Alternaria alternata*, *Alternaria embellisia*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium verrucosum*, *Stromatinia cepivora*. Ząbki czosnku zaprawione testowanymi preparatami: Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ wysadzono w ilości 2 sztuk na doniczkę. Po 7, 14 i 21 dniach po siewie liczone wschody w doniczkach i oceniano stan zdrowotny roślin. Posługiwano się przy tym skalą:

- 0 – brak objawów chorobowych,
- 1 – porażenie 1-15% powierzchni liści czosnku,
- 2 – porażenie 16-25% powierzchni liści czosnku,
- 3 – porażenie 26-50% powierzchni liści czosnku,
- 4 – porażenie ponad 51% powierzchni liści czosnku.

Kontrolę względną stanowiły ząbki niezaprawione wysadzone do podłoża zakażonego patogenem. Kontrolę bezwzględną stanowiły ząbki niezaprawiane wysadzone do sterylnego podłoża.

Z uzyskanych danych został wyliczony indeks porażenia dla każdego powtórzenia z kombinacji. Indeks porażenia wyrażony w procentach wyliczono wg wzoru:

$$Ip = \frac{\sum(a * b) * 100}{N * n}$$

gdzie:

Ip – indeks porażenia

a – ilość roślin porażonych w danym stopniu skali

b – stopień skali

N – ogólna ilość analizowanych roślin

n – największy stopień skali

Na podstawie indeksu porażenia roślin obliczono skuteczność preparatów w ograniczaniu rozwoju choroby, stosując wzór Abbotta [Borecki 1984].

3.3.4. Analiza statystyczna

Wyniki opracowano statystycznie przy użyciu programu statystycznego Statistica v. 13.3. Na podstawie wyników uzyskanych z poszczególnych analiz obliczono średnie oraz błędy standardowe dla badanych obiektów. Dla wykazania istotności różnic między średnimi dla poszczególnych obiektów zastosowano test Duncana, w układzie dwuczynnikowym, gdzie pierwszym czynnikiem była odmiana, a drugim zastosowany preparat. Dla wykazania istotności różnic między średnimi uzyskanymi w teście patogeniczności zastosowano test Duncana, w układzie jednoczynnikowym, czynnikiem był gatunek patogena. Dla wszystkich testów przyjęto poziom istotności $\alpha=0,05$.

4. Wyniki badań

4.1. Wyniki doświadczeń polowych

4.1.1. Analiza warunków meteorologicznych w trakcie trwania doświadczeń polowych

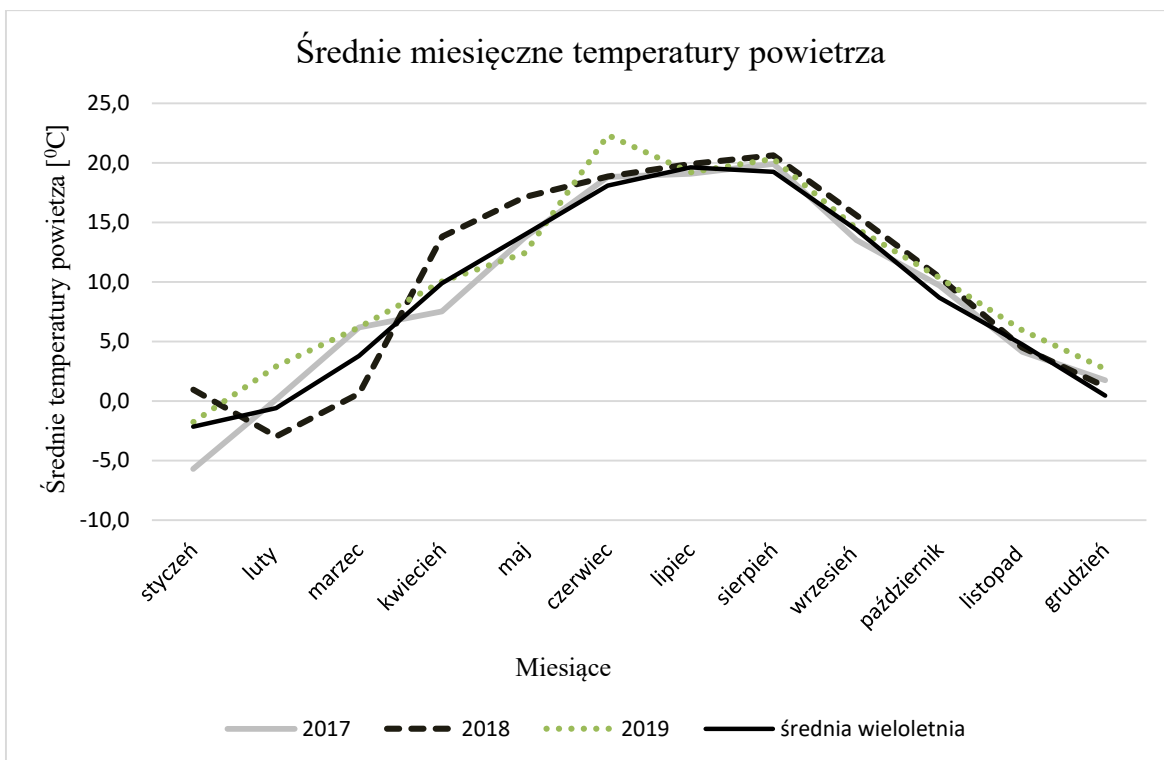
Teren Stacji Doświadczalnej Katedry Ogrodnictwa w Mydlnikach znajduje się w terenie położonym na wysokości 230-270 m n.p.m. Dane meteorologiczne z lat, w których przeprowadzono badania otrzymano ze stacji synoptycznej Kraków-Balice położonej na terenie Międzynarodowego Portu Lotniczego, około 2 km od Stacji Doświadczalnej Katedry Ogrodnictwa w Mydlnikach. Informacje dotyczące średniej miesięcznej temperatury, średniej sumy opadów oraz średniej miesięcznej wilgotności względnej powietrza przedstawiono w postaci wykresów na rycinach 7-9.

Okres, w którym przeprowadzono badania odznaczał się roczną sumą opadów zbliżoną do średniej wieloletniej. Jednak ich rozkład w poszczególnych miesiącach znacznie odbiegał od normy, zwłaszcza wiosną i latem. Warunki pogodowe w okresie zimy w trakcie trwania doświadczenia nie przyczyniły się do wymarzenia roślin czosnku pospolitego. Wszystkie ząbki wysadzone jesienią dobrze przetrzymały, a odmiana jara nie była narażona na przemarzenie.

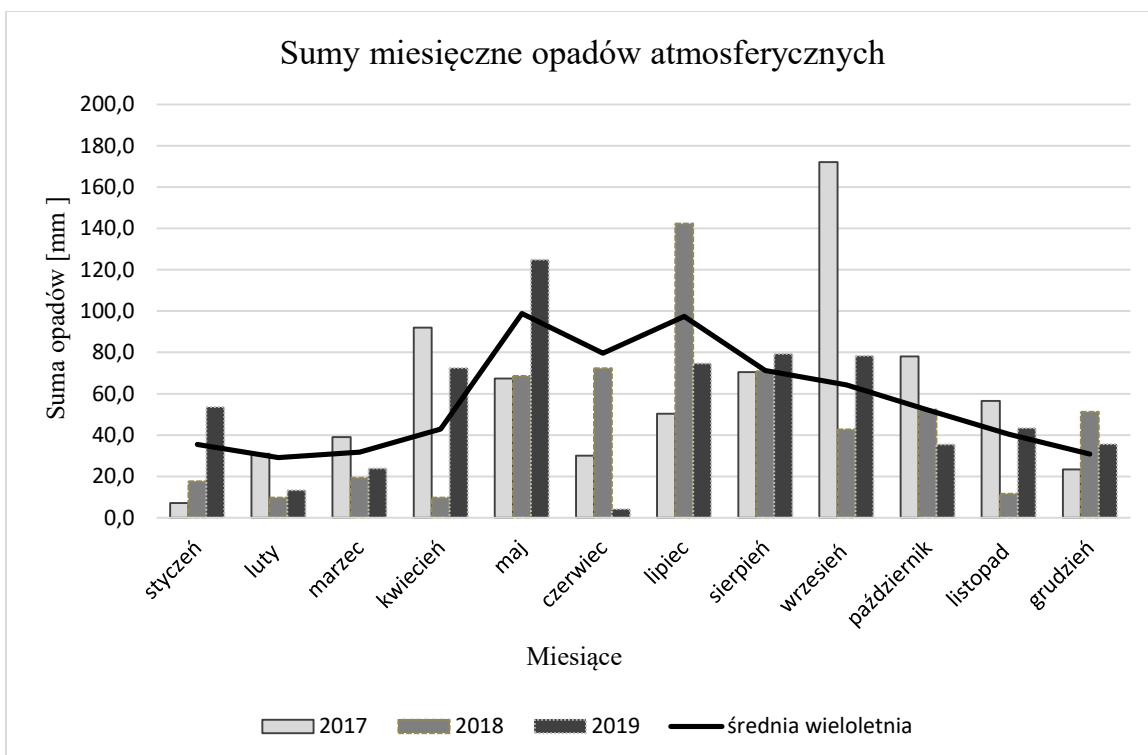
W 2017 roku sumy miesięczne opadów w marcu, kwietniu, wrześniu i październiku przekraczały średnią wieloletnią, natomiast w styczniu, maju, czerwcu, lipcu i grudniu były niższe. Średnie miesięczne temperatury w okresie marca przekraczały średnią wieloletnią, zaś w kwietniu były niższe. Średnie miesięczne w pozostałych miesiącach nie odbiegały od średniej wieloletniej. Średnia miesięczna wilgotność względna powietrza w kwietniu, maju i wrześniu przekraczała średnią wieloletnią. Natomiast w styczniu, czerwcu, lipcu, sierpniu i grudniu była niższa.

W roku 2018 sumy miesięczne opadów w lipcu i grudniu przekraczały średnią wieloletnią, a w styczniu, lutym, marcu, kwietniu, maju, czerwcu, wrześniu i listopadzie były niższe. Średnia miesięczna temperatura w lutym i marcu była niższa niż średnia wieloletnia, natomiast w styczniu, kwietniu, maju, czerwcu i sierpniu przekraczała średnią wieloletnią. Średnia miesięczna wilgotność względna powietrza w okresie stycznia, kwietnia, maja, czerwca, września oraz października była poniżej średniej wieloletniej, zaś w grudniu ją przekraczała.

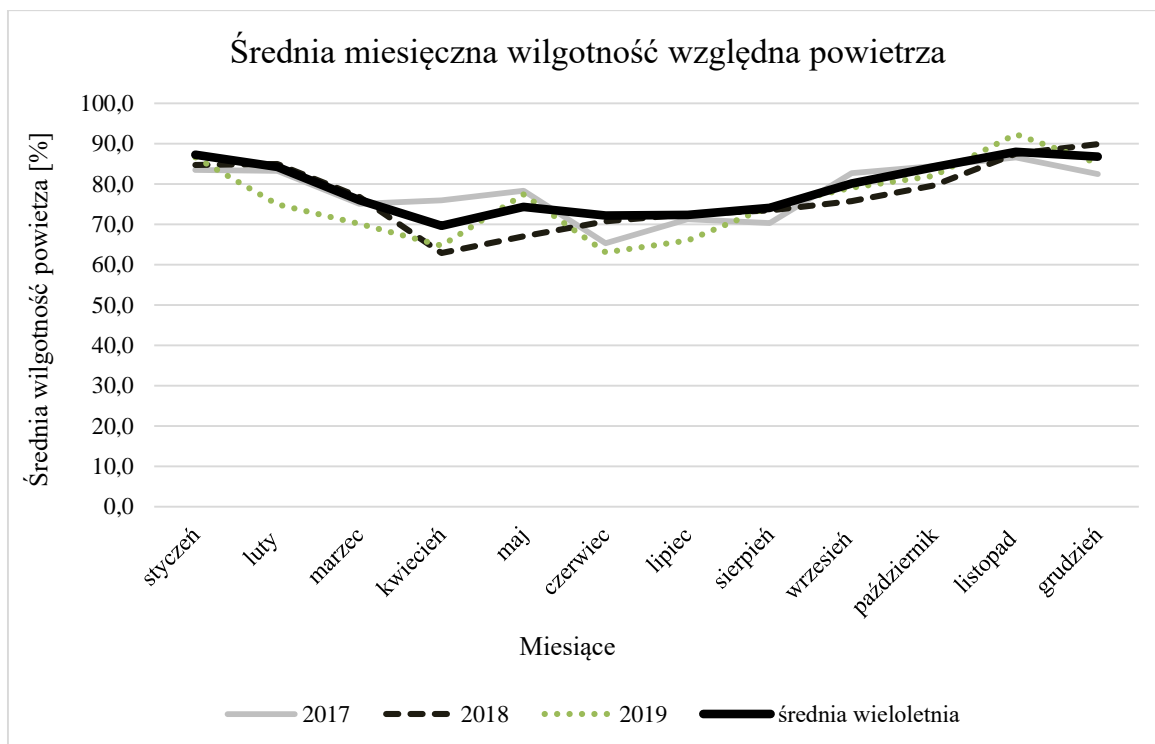
W 2019 roku sumy miesięczne opadów w styczniu, kwietniu, maju, sierpniu i wrześniu były wyższe, natomiast w lutym, marcu, czerwcu, lipcu i październiku poniżej średniej wieloletniej. Średnia miesięczna temperatura od stycznia do kwietnia, w czerwcu oraz od października do grudnia przekraczała średnią wieloletnią, a w maju była niższa. Średnia miesięczna wilgotność względna powietrza w maju i listopadzie przekraczała średnią wieloletnią. Natomiast w okresie od stycznia do kwietnia oraz w czerwcu i lipcu była niższa.



Ryc. 7. Średnie miesięczne temperatury powietrza (stacja synoptyczna Kraków-Balice)



Ryc. 8. Sumy miesięczne opadów atmosferycznych (stacja synoptyczna Kraków-Balice)



Ryc. 9. Średnia miesięczna wilgotność względna powietrza (stacja synoptyczna Kraków-Balice)

4.1.2. Ocena wpływu zastosowanych preparatów na zdrowotność liści czosnku pospolitego w okresie wzrostu roślin

W tabeli 5 przedstawiono indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez *Puccinia porri* – sprawcę rdzy, uzyskane w 2017 roku, który mieścił się w przedziale od 28,52 do 66,67%. Analizując wpływ zastosowanych w doświadczeniu preparatów na zdrowotność liści czosnku odmian Arkus, Garpek, Harnaś oraz Jarus można stwierdzić, że żaden z testowanych preparatów nie wpływał istotnie na poprawę stanu zdrowotnego roślin wyrażonego indeksem porażenia liści w stosunku do kontroli.

Tab. 5. Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez *Puccinia porri* uzyskane w 2017 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	66,67 a ^x	32,59 a	37,41 a	52,96 a	47,41 a
Polyversum WP	64,26 a	28,52 a	31,67 a	57,22 a	45,42 a
Topsin M 500 SC	43,52 a	31,85 a	30,18 a	54,81 a	40,09 a
Rizocore®	60,92 a	31,30 a	30,56 a	53,70 a	44,12 a
Biosept Active	57,78 a	31,85 a	35,92 a	45,56 a	42,78 a
RhizoVital 42®	58,15 a	30,37 a	32,96 a	47,22 a	42,18 a
Wetcit™	50,55 a	34,45 a	33,70 a	50,29 a	42,25 a
Kontrola	57,04 a	35,00 a	32,04 a	54,63 a	44,68 a
Średnie wartości	57,36 a	31,99 a	33,06 a	52,05 a	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Analizując zdrowotność liści czosnku pospolitego w 2018 roku można zauważyć, że indeksy porażenia roślin przez *Puccinia porri* wahały się od 0 do 74,26% (tab. 6). W przypadku czosnku odmiany Arkus nie stwierdzono istotnego wpływu testowanych preparatów na wartość indeksów porażenia roślin w porównaniu do kontroli. Indeksy porażenia mieściły się w przedziale od 0,56 do 7,22%. Również na roślinach odmian Garpek, Harnaś i Jarus nie zaobserwowano istotnego wpływu zastosowanych w doświadczeniu preparatów na zdrowotność liści w stosunku do roślin kontrolnych. Indeksy porażenia dla odmiany Garpek wahał się od 29,44 do 62,78 %, dla odmiany Harnaś - od 0 do 23,33%, a dla odmiany Jarus od 60,56 do 74,26%.

Tab. 6. Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez *Puccinia porri* uzyskane w 2018 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	4,44 a ^x	35,56 cd	23,33 a-d	61,30 efg	31,16 bcd
Polyversum WP	2,22 a	22,78 a-d	4,44 a	70,19 g	30,07 bcd
Topsin M 500 SC	5,00 a	32,22 bcd	3,33 a	67,22 g	25,14 bcd
Rizocore®	2,78 a	29,44 bcd	2,78 a	74,26 g	22,66 a-d
Biosept Active	7,22 a	40,56 de	4,44 a	62,96 fg	23,29 a-d
RhizoVital 42®	4,44 a	62,78 fg	15,56 abc	62,96 efg	26,48 bcd
Wetcit™	5,56 a	62,22 fg	0,00 a	60,56 efg	26,81 bcd
Kontrola	0,56 a	42,22 def	11,11 ab	64,07 fg	29,35 bcd
Średnie wartości	4,03 a	40,97 de	8,13 a	65,44 fg	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Tabela 7 przedstawia indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez *Puccinia porri* wyliczone w 2019 roku, które wahały się od 2,22 do 50,00%. Rozważając wpływ zastosowanych w doświadczeniu substancji na zdrowotność liści czosnku można stwierdzić brak istotnego oddziaływania testowanych preparatów wyrażonego indeksem porażenia w porównaniu do roślin kontrolnych.

Tab. 7. Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez *Puccinia porri* uzyskane w 2019 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	36,11 a ^x	49,44 a	15,56 a	22,78 a	30,97 a
Polyversum WP	36,30 a	48,06 a	8,33 a	27,59 a	30,07 a
Topsin M 500 SC	24,81 a	36,67 a	13,33 a	25,74 a	25,14 a
Rizocore®	20,56 a	37,50 a	4,44 a	28,15 a	22,66 a
Biosept Active	19,26 a	41,67 a	8,33 a	23,89 a	23,29 a
RhizoVital 42®	34,44 a	36,11 a	6,11 a	29,26 a	26,48 a
Wetcit™	25,00 a	50,00 a	2,22 a	30,00 a	26,81 a
Kontrola	32,41 a	46,11 a	11,11 a	27,78 a	29,35 a
Średnie wartości	28,61 a	43,19 a	8,68 a	26,90 a	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez *Alternaria* spp. uzyskane w 2017 roku mieścił się w przedziale od 1,11 do 53,70% (tab. 8). Analiza przeprowadzona na czosnku odmiany Arkus wykazała istotnie korzystny wpływ Topsin M 500 SC na zdrowotność liści w porównaniu do kontroli. Natomiast Alginure® i Polyversum WP niekorzystnie wpłynęły na zdrowotność liści, istotnie zwiększały indeks porażenia liści przez *Alternaria* spp. w stosunku do roślin kontrolnych. Pozostałe testowane preparaty nie odznaczały się znaczącym wpływem na zdrowotność liści czosnku. W przypadku odmian Garpek, Harnaś oraz Jarus nie zauważono istotnego oddziaływania zastosowanych w doświadczeniu preparatów na indeks porażenia liści przez *Alternaria* spp. w porównaniu do kontroli.

Tab. 8. Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez *Alternaria* spp. uzyskane w 2017 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	51,85 j ^x	5,19 abc	13,33 a-e	11,85 a-e	20,56 c-h
Polyversum WP	53,70 j	1,11 a	6,67 a-d	20,37 c-h	20,46 c-h
Topsin M 500 SC	17,41 a-f	7,96 a-e	5,19 abc	18,52 b-g	12,27 a-e
Rizocore®	43,52 ij	6,30 abc	7,04 a-d	22,96 d-h	19,95 c-h
Biosept Active	32,59 f-i	3,52 ab	12,96 a-e	13,89 a-e	15,74 a-e
RhizoVital 42®	35,00 hi	2,96 ab	10,00 a-e	17,22 a-f	16,30 a-e
Wetcit™	24,44 e-h	15,37 a-e	9,81 a-e	16,30 a-e	16,48 a-e
Kontrola	33,52 ghi	8,89 a-e	6,11 abc	20,74 c-h	17,31 a-f
Średnie wartości	36,50 hi	6,41 abc	8,89 a-e	17,73 a-f	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

W tabeli 9 przedstawiono indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez *Alternaria* spp. uzyskane w 2018 roku, które wahały się od 16,67 do 65,00%. Analizy przeprowadzone na czosnku odmian Arkus, Garpek, Harnaś oraz Jarus wykazują brak istotnego wpływu wszystkich testowanych preparatów na zdrowotność liści roślin w porównaniu do kontroli.

Tab. 9. Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez *Alternaria* spp. uzyskane w 2018 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	16,85 a ^x	43,33 a-e	30,56 a-d	42,41 a-e	33,29 a-d
Polyversum WP	16,67 a	37,41 a-e	20,93 ab	55,56 cde	32,64 a-d
Topsin M 500 SC	17,04 a	42,78 a-e	19,26 ab	47,22 a-e	31,57 a-d
Rizocore®	20,37 ab	36,67 a-e	21,48 ab	62,96 a-e	35,37 a-e
Biosept Active	25,37 abc	46,67 a-e	23,70 abc	43,52 a-e	34,81 a-e
RhizoVital 42®	27,41 abc	61,67 de	29,44 a-d	45,19 a-e	40,93 a-e
Wetcit™	20,56 ab	65,00 e	17,59 ab	45,19 a-e	37,08 a-e
Kontrola	16,85 a	48,15 a-e	23,89 abc	51,85 b-e	35,19 a-e
Średnie wartości	20,14 ab	47,71 a-e	23,36 abc	49,24 a-e	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez *Alternaria* spp. uzyskane w 2019 roku mieściły się w przedziale od 13,52 do 40,19% (tab. 10). Rozważając wpływ zastosowanych w doświadczeniu substancji można zaobserwować brak ich istotnego wpływu na zdrowotność liści czosnku wszystkich testowanych odmian w porównaniu do kontroli.

Tab. 10. Indeksy porażenia liści czosnku pospolitego przez *Alternaria* spp. uzyskane w 2019 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	32,59 a ^x	23,52 a	28,52 a	13,52 a	24,54 a
Polyversum WP	26,11 a	31,48 a	24,63 a	17,22 a	24,86 a
Topsin M 500 SC	18,52 a	23,15 a	28,70 a	15,37 a	21,44 a
Rizocore®	22,22 a	26,85 a	21,48 a	17,78 a	22,08 a
Biosept Active	23,15 a	28,52 a	23,15 a	19,44 a	23,56 a
RhizoVital 42®	33,89 a	30,37 a	24,44 a	25,19 a	28,47 a
Wetcit™	23,89 a	40,19 a	22,59 a	15,19 a	25,46 a
Kontrola	33,89 a	30,74 a	29,81 a	19,44 a	28,47 a
Średnie wartości	26,78 a	29,35 a	25,42 a	17,89 a	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

4.1.3. Ocena wpływu zastosowanych preparatów na zdrowotność czosnku pospolitego po zbiorze roślin

Indeksy porażenia piętek i podstaw cebul (ząbków) czosnku pospolitego uzyskany w 2017 roku wahały się od 18,33 do 50,56% (tab. 11). Analiza zdrowotności przeprowadzona na czosnku odmiany Arkus, na którym zastosowano Alginure® wykazała jego istotnie korzystny wpływ w stosunku do kontroli. Pozostałe testowane preparaty nie odznaczały się znaczącym oddziaływaniem na zmniejszenie wartości indeksów porażenia piętek i ząbków czosnku w porównaniu do roślin kontrolnych. Rozważając wpływ wszystkich zastosowanych w doświadczeniu preparatów na zdrowotność cebul czosnku odmian Garpek, Harnaś i Jarus nie zaobserwowano istotnego wpływu na wartości indeksu porażenia w porównaniu do kontroli.

Tab. 11. Indeksy porażenia piętek i cebul czosnku pospolitego uzyskane w 2017 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	28,89 abc ^x	27,78 ab	32,22 a-d	41,11 b-e	32,50 a-d
Polyversum WP	42,78 b-e	27,78 ab	33,33 a-e	42,22 b-e	36,53 b-e
Topsin M 500 SC	47,78 de	26,67 ab	36,67 b-e	36,11 b-e	36,81 b-e
Rizocore®	46,11 cde	18,33 a	35,00 a-e	40,56 b-e	35,00 a-e
Biosept Active	41,11 b-e	27,78 ab	33,33 a-e	34,44 a-e	34,17 a-e
RhizoVital 42®	43,89 b-e	27,22 ab	36,11 b-e	36,11 b-e	35,83 a-e
Wetcit™	41,67 b-e	27,78 ab	32,78 b-e	33,33 a-e	33,89 a-e
Kontrola	50,56 e	37,22 b-e	40,56 b-e	31,67 a-d	40,00 b-e
Średnie wartości	42,85 a-e	27,57 ab	35,00 a-e	36,94 b-e	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

W tabeli 12 przedstawiono wartości indeksów porażenia piątek i podstaw cebul czosnku pospolitego wyliczone w 2018 roku, które mieściły się w przedziale od 16,11 do 58,89%. Rozważając wpływ substancji aktywnych i mikroorganizmów zawartych w wybranych do doświadczenia preparatach na zdrowotność cebul czosnku odmian Arkus, Garpek, Harnaś oraz Jarus można zaobserwować brak ich istotnego wpływu na wartości indeksu porażenia piątek i cebul w stosunku do roślin kontrolnych.

Tab. 12. Indeksy porażenia piątek i cebul czosnku pospolitego uzyskane w 2018 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Algisure®	20,00 abc ^x	45,56 d-j	24,44 a-f	21,11 a-d	27,78 a-f
Polyversum WP	25,56 a-f	46,67 e-j	26,67 a-f	22,78 a-e	30,42 a-f
Topsin M 500 SC	22,22 a-e	53,89 g-j	37,22 a-j	26,67 a-f	35,00 a-i
Rizocore®	32,78 a-h	51,11 g-j	42,22 b-j	19,44 abc	36,39 a-j
Biosept Active	43,89 c-j	48,89 f-j	39,44 a-j	16,11 a	37,08 a-j
RhizoVital 42®	33,89 a-i	56,11 hij	40,00 a-j	18,89 ab	37,22 a-j
Wetcit™	23,89 a-e	57,78 ij	40,00 a-j	20,56 abc	35,56 a-i
Kontrola	31,67 a-g	58,89 j	36,67 a-j	22,78 a-e	37,50 a-j
Średnie wartości	29,24 a-g	52,36 g-j	35,83 a-i	21,04 a-d	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Tabela 13 przedstawia indeksy porażenia piątek i cebul czosnku pospolitego uzyskane w 2019 roku, które wahały się od 16,11 do 36,11%. Analizy przeprowadzone na odmianach Arkus i Garpek wykazały brak istotnie korzystnego oddziaływania wszystkich testowanych preparatów na zdrowotność piątek i cebul w stosunku do kontroli. Stwierdzono, że mikroorganizmy zawarte w Rizocore® istotnie polepszały zdrowotność piątek i cebul czosnku odmiany Harnaś w porównaniu do roślin kontrolnych. Pozostałe zastosowane preparaty nie odznaczały się istotnym wpływem na wartości indeksu porażenia piątek i cebul w stosunku do kontroli. W przypadku roślin odmiany Jarus nie zaobserwowano znaczącego oddziaływania testowanych preparatów na zdrowotność piątek i cebul czosnku w porównaniu do roślin kontrolnych.

Tab. 13. Indeksy porażenia piątek i cebul czosnku pospolitego uzyskane w 2019 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Algisure®	16,67 a ^x	36,11 d	24,44 a-d	22,78 a-d	25,00 a-d
Polyversum WP	26,11 a-d	30,56 a-d	26,67 a-d	23,89 a-d	26,81 a-d
Topsin M 500 SC	18,89 ab	27,22 a-d	26,67 a-d	25,00 a-d	24,44 a-d
Rizocore®	22,22 a-d	23,89 a-d	17,78 ab	27,22 a-d	22,78 a-d
Biosept Active	28,89 a-d	32,22 bcd	23,89 a-d	23,89 a-d	27,22 a-d
RhizoVital 42®	16,11 a	26,67 a-d	22,78 a-d	18,33 ab	20,97 abc
Wetcit™	27,22 ad	23,89 a-d	28,33 a-d	23,89 a-d	25,83 a-d
Kontrola	20,00 abc	26,11 a-d	33,89 cd	19,44 ab	24,86 a-d
Średnie wartości	22,01 abc	28,33 a-d	25,56 a-d	23,06 a-d	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

4.2. Wyniki doświadczeń laboratoryjnych

4.2.1. Mikroorganizmy wyizolowane z chorych cebul czosnku pospolitego z plantacji zlokalizowanych wokół Krakowa

Z roślin czosnku pospolitego zebranych w trakcie przeprowadzania lustracji plantacji zlokalizowanych w okolicy Krakowa, tj. w rejonach miejscowości: Czechy, Słomniki oraz Proszowice wyizolowano łącznie 300 kolonii mikroorganizmów należących do 10 gatunków w obrębie 5 rodzajów (tab. 14). Najliczniej wystąpiły gatunki: *Penicillium expansum* stanowiąc 24% udziału w całości zbiorowiska, *Fusarium oxysporum* z niemal 23% udziałem oraz *Stromatinia cepivora* z około 20% udziałem. Do grupy dominantów zaklasyfikowano także *Penicillium verrucosum*, *Alternaria embellisia*, *Fusarium solani*, oraz *Penicillium hirsutum*, których jednostkowy udział wyniósł od 5,33 do 10,00% całości zbiorowiska. Pozostałe wyizolowane Mycota zaszeregowano do grupy influentów o sumarycznym udziale 5,7% ogółu mikroorganizmów.

Tab. 14. Mikroorganizmy wyizolowane z chorych cebul czosnku pospolitego *Allium sativum* L. z lokalnych plantacji w sąsiedztwie Krakowa

Gatunek	Liczebność kolonii [szt.]	Udział [%]
dominanty > 5%		
<i>Penicillium expansum</i> Link	72	24,00
<i>Fusarium oxysporum</i> Schldtl.	67	22,33
<i>Stromatinia cepivora</i> Berk.	59	19,67
<i>Penicillium verrucosum</i> Dierckx	30	10,00
<i>Alternaria embellisia</i> E.G. Simmons	22	7,33
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc	17	5,67
<i>Penicillium hirsutum</i> Dierckx (Mart.) Sacc.	16	5,33
influenty 1-5%		
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl	9	3,00
<i>Botrytis cinerea</i> Pers.	5	1,67
<i>Botrytis alli</i> Munn	3	1,00
Ogółem	300	100,00

4.2.2. Mikroorganizmy wyizolowane z chorych cebul czosnku pospolitego

W trakcie badań polowych przeprowadzonych w latach 2017-2019 na terenie Stacji Doświadczalnej Katedry Ogrodnictwa w Mydlnikach wyizolowano łącznie 4320 kolonii Mycota należących do 27 gatunków w obrębie 10 rodzajów (tab. 15). Najwięcej wyizolowanych kolonii stanowiły Mycota rodzaju *Penicillium*, *Fusarium* oraz *Cladosporium* o sumarycznym udziale 66,54% ogółu mikroorganizmów. Spośród grzybów strzępkowych najliczniej występowały gatunki *Penicillium*, jak: *P. expansum*, *P. hirsutum*, *P. chrysogenum* oraz *P. verrucosum* o łącznym udziale ponad 32% całości zbiorowiska. Podobnie dużą liczebnością odznaczały się gatunki *Fusarium*, jak: *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium avenaceum* i *Fusarium culmorum*, których udział w ogółu wszystkich izolatów

wynosił niemal 30%. Liczne kolonie, stanowiące 5% całości zbiorowiska przypisano *Cladosporium allii-cepae*.

Znaczny udział w zbiorowości, ponad 32% odnotowano dla grupy influentów, wśród nich: *Alternaria alternata*, *A. embellisia*, *Fusarium incarnatum*, *F. proliferatum*, *F. chlamydosporum*, *Botrytis cinerea*, *B. alli*, *Penicillium aurantiogriseum*, *P. cyclopium* f. *cyclopium*, *Cylindrocarpon didymum*, *Botryotinia globosa* oraz *Cladosporium herbarum*.

Do grupy gatunków akcesorycznych, stanowiących jednostkowy udział poniżej 1% w zbiorowisku przypisano: *Penicillium brevicompactum*, *Aspergillus niger*, *Helicobasidium purpureum*, *Stromatinia cepivora*, *Epicoccum nigrum*.

Tab. 15. Mikroorganizmy wyizolowane z chorych cebul czosnku pospolitego *Allium sativum* L. – Stacja Doświadczalna w Mydlnikach

Gatunek	Liczebność kolonii [szt.]	Udział [%]	Liczebność kolonii [szt.]		
			2017	2018	2019
dominanty > 5%					
<i>Penicillium expansum</i> Link	518	11,99	217	148	153
<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl.	459	10,63	191	131	137
<i>Penicillium hirsutum</i> Dierckx	333	7,71	98	94	141
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc	326	7,55	75	130	121
<i>Penicillium chrysogenum</i> Thom	273	6,32	103	101	69
<i>Penicillium verrucosum</i> Dierckx	272	6,30	99	86	87
<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	249	5,76	91	87	71
<i>Fusarium culmorum</i> (Wm.G. Sm.) Sacc.	228	5,28	86	73	69
<i>Cladosporium allii-cepae</i> (Ranoj.) M.B. Ellis	216	5,00	73	76	67
influenty 1-5%					
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl	170	3,94	39	57	74
<i>Alternaria embellisia</i> E.G. Simmons	162	3,75	47	50	65
<i>Fusarium incarnatum</i> Berk. & Ravenel	155	3,59	43	59	53
<i>Botrytis cinerea</i> Pers	141	3,26	33	59	49
<i>Fusarium proliferatum</i> (Matsush.) Nirenberg ex Gerlach & Nirenberg	139	3,22	56	45	38
<i>Penicillium aurantiogriseum</i> Dierckx	136	3,15	47	40	49
<i>Botrytis alli</i> Munn	110	2,55	12	39	59
<i>Cylindrocarpon didymum</i> (Harting) Wollenw.	99	2,29	39	-	60
<i>Botryotinia globosa</i> A. Raabe	97	2,25	19	33	45
<i>Penicillium cyclopium</i> f. <i>cyclopium</i> Westling	78	1,81	25	53	-

<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link	69	1,60	41	28	-
<i>Fusarium chlamydosporum</i> Wollenw. & Reinking	44	1,02	-	44	-
akcesoryczne < 1%					
<i>Penicillium brevicompactum</i> Dierckx	13	0,30	-	7	6
<i>Aspergillus niger</i> Tiegh.	13	0,30	-	-	13
<i>Helicobasidium purpureum</i> L. Graves	10	0,23	6	-	4
<i>Stromatinia cepivora</i> Berk.	7	0,16	-	-	7
<i>Epicoccum nigrum</i> Link	3	0,07	-	-	3
Razem	4320	100,0	1440	1440	1440

Analizy prób pobranych z roślin czosnku pospolitego (120 prób), wykazały brak gatunków absolutnie stałych i stałych. Wartość współczynnika C₂, świadczącego o występowaniu gatunków towarzyszących przypisano *Penicillium expansum* oraz *Fusarium oxysporum*. Pozostałe gatunki Mycota sklasyfikowano jako przypadkowe (tab. 16).

Tab. 16. Współczynnik stałości występowania Mycota wyizolowanych z chorych cebul czosnku pospolitego *Allium sativum* L. – Stacja Doświadczalna w Mydlnikach

Gatunek	Współczynnik stałości C	
	Wartość [%]	Symbol
<i>Penicillium expansum</i> Link	35,97	C ₂
<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl.	31,88	C ₂
<i>Penicillium hirsutum</i> Dierckx	23,13	C ₁
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc	22,64	C ₁
<i>Penicillium chrysogenum</i> Thom	18,96	C ₁
<i>Penicillium verrucosum</i> Dierckx	18,89	C ₁
<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	17,29	C ₁
<i>Fusarium avenaceum</i> (Wm.G. Sm.) Sacc.	15,83	C ₁
<i>Cladosporium allii-cepae</i> (Ranoj.) M.B. Ellis	15,00	C ₁
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl	11,81	C ₁
<i>Alternaria embellisia</i> E.G. Simmons	11,25	C ₁
<i>Fusarium incarnatum</i> Berk. & Ravenel	10,76	C ₁
<i>Botrytis cinerea</i> Pers	9,79	C ₁
<i>Fusarium proliferatum</i> (Matsush.) Nirenberg ex Gerlach & Nirenberg	9,65	C ₁
<i>Penicillium aurantiogriseum</i> Dierckx	9,44	C ₁
<i>Botrytis alli</i> Munn	7,64	C ₁
<i>Cylindrocarpon didymum</i> (Harting) Wollenw.	6,88	C ₁
<i>Botryotinia globosa</i> A. Raabe	6,74	C ₁
<i>Penicillium cyclopium</i> f. <i>cyclopium</i> Westling	5,42	C ₁
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link	4,79	C ₁
<i>Fusarium chlamydosporum</i> Wollenw. & Reinking	3,06	C ₁

<i>Penicillium brevicompactum</i> Dierckx	0,90	C ₁
<i>Aspergillus niger</i> Tiegh.	0,90	C ₁
<i>Helicobasidium purpureum</i> L. Graves	0,69	C ₁
<i>Stromatinia cepivora</i> Berk.	0,49	C ₁
<i>Epicoccum nigrum</i> Link	0,21	C ₁

4.2.3. Ocena pomiarów biometrycznych główek czosnku pospolitego

Masa główek czosnku pospolitego zebranego w 2017 roku wahała się od 12,00 do 54,50 g (tab. 17). U odmian Arkus i Garpek stwierdzono, że rośliny, na których zastosowano substancje aktywne oraz mikroorganizmy zawarte w wykorzystanych w doświadczeniu preparatach nie wykazały istotnej różnicy w masie główek w porównaniu do kontroli. Mikroorganizmy zawarte w preparacie Rizocore® i RhizoVital 42® zwiększały istotnie masę główek czosnku odmiany Harnaś. Pozostałe preparaty zastosowane w doświadczeniu nie wykazały istotnego wpływu na masę cebul czosnku, na których je zastosowano w porównaniu do kontroli. Masa główek czosnku jarego odmiany Jarus wynosiła od 12,00 do 17,17 g. Stwierdzono, że rośliny, na których zastosowano wybrane mikroorganizmy, substancje biotechniczne oraz chemiczne nie wykazały istotnych statystycznie różnic masy cebul w stosunku do roślin kontrolnych.

Tab. 17. Masa główek czosnku pospolitego uzyskana w 2017 roku [g]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	31,33 b ^x	49,17 d-g	48,33 d-g	14,00 a	35,71 bc
Polyversum WP	35,50 bc	51,17 fg	49,83 d-g	13,17 a	37,42 bc
Topsin M 500 SC	46,00 d-g	53,50 g	49,33 d-g	13,17 a	40,50 b-e
Rizocore®	40,33 b-e	52,83 g	50,67 efg	12,00 a	38,96 bcd
Biosept Active	45,50 d-g	47,83 d-g	50,00 d-g	15,50 a	39,71 bcd
RhizoVital 42®	42,00 c-f	54,50 g	53,33 g	12,83 a	40,67 b-d
Wetcit™	48,33 d-g	44,50 c-g	48,67 d-g	17,17 a	39,67 bcd
Kontrola	40,00 bcd	45,50 d-g	39,83 bcd	16,00 a	35,33 bc
Średnie wartości	41,13 b-e	49,88 d-g	48,75 d-g	14,23 a	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Masa główek czosnku pospolitego zebranego w 2018 roku wahała się od 14,71 do 59,69 g (tab. 18). Stwierdzono, że cebule czosnku ozimego Arkus, na których zastosowano testowane preparaty nie odznaczały się istotną różnicą pomiędzy masą główek nimi potraktowanymi a kontrolą. Wartości te mieściły się w przedziale od 37,93 do 59,69 g. W przypadku roślin odmiany Garpek, na których zastosowano Rizocore® charakteryzowały się one istotnie wyższą masą cebul niż obiekty kontrolne. Pozostałe preparaty nie wykazały znaczącej różnicy w masie główek tej odmiany, na których je zastosowano a kontrolą. Wszystkie testowane preparaty nie wpłynęły istotnie korzystnie na masę cebul czosnku odmiany Harnaś w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Stwierdzono, że główki czosnku odmiany Jarus miały w 2018 najniższą masę, porównując do odmian ozimych, oraz nie wykazano istotnego wpływu zastosowanych w doświadczeniu preparatów na masę cebul w odniesieniu do kontroli.

Tab. 18. Masa główek czosnku pospolitego uzyskana w 2018 roku [g]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	59,69 j ^x	36,53 d-g	20,33 abc	17,02 a	33,39 b-g
Polyversum WP	54,93 j	37,62 e-h	20,69 a-d	16,11 a	32,34 b-g
Topsin M 500 SC	53,56 ij	36,02 c-g	23,51 a-f	15,51 a	32,15 b-g
Rizocore®	52,60 hij	45,71 g-j	16,71 a	15,04 a	32,52 b-g
Biosept Active	37,93 e-i	34,40 b-g	18,91 ab	16,13 a	26,84 a-f
RhizoVital 42®	38,84 f-i	24,87 a-f	16,89 a	14,71 a	23,83 a-f
Wetcit™	49,93 g-j	22,60 a-e	22,62 a-e	15,13 a	27,57 a-f
Kontrola	48,73 g-j	28,78 a-f	20,27 abc	17,76 a	28,88 a-f
Średnie wartości	49,53 g-j	33,32 b-g	19,99 abc	15,93 a	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Masa główek czosnku pospolitego zebranego w 2019 roku wahała się od 9,84 do 63,31 g (tab. 19). Rozważając wpływ wybranych preparatów, zastosowanych w doświadczeniu, na czosnek odmian Arkus i Harnaś stwierdzono brak ich znaczącego oddziaływania na masę cebul w porównaniu do kontroli. W przypadku roślin odmiany Garpek zaobserwowano istotnie wyższą masę główek, na których zastosowano Rizocore® w stosunku do roślin kontrolnych. Pozostałe preparaty nie wykazały istotnego wpływu na masę główek czosnku. Parametr ten mieścił się w przedziale od 41,18 do 49,84 g. Najniższą masę charakteryzowały się cebule czosnku odmiany Jarus, ale nie stwierdzono na tej odmianie istotnej statystycznie różnicy między preparatami zastosowanymi w doświadczeniu a kontrolą.

Tab. 19. Masa główek czosnku pospolitego zebranego w 2019 roku [g]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	53,27 c-g ^x	46,33 b-f	41,22 bc	17,62 a	39,61 bc
Polyversum WP	54,71 c-g	40,62 bc	47,42 b-f	18,62 a	40,34 bc
Topsin M 500 SC	63,31 g	45,02 b-e	41,18 bc	14,89 a	41,10 bc
Rizocore®	59,73 fg	43,78 b-e	35,24 b	18,40 a	39,29 bc
Biosept Active	56,11 d-g	41,60 bcd	47,11 b-f	13,22 a	39,51 bc
RhizoVital 42®	45,89 b-f	46,07 b-f	45,20 b-e	9,84 a	36,75 a
Wetcit™	57,16 efg	34,80 b	49,84 c-g	12,91 a	38,68 bc
Kontrola	50,13 c-g	54,38 c-g	43,47 b-e	11,47 a	39,86 bc
Średnie wartości	55,04 c-g	44,08 b-e	43,84 b-e	14,62 a	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Średnia liczba ząbków w główkach czosnku zebranych w 2017 roku wahała się od 3,44 w odmianie Garpek do 11,56 w odmianie Jarus (tab. 20). Średnie liczby ząbków w główce odmiany Arkus nie wykazują istotnego wpływu testowanych w doświadczeniu preparatów w porównaniu do kontroli. W przypadku roślin odmiany Garpek, na których zastosowano Rizocore® i Topsin M 500 SC zaobserwowano istotnie wyższą liczbę ząbków w główce czosnku niż w główkach w kontroli. Pozostałe preparaty nie wykazały znaczącego oddziaływania na liczbę ząbków w porównaniu do główek kontrolnych. W główkach czosnku

odmian Harnaś i Jarus nie stwierdzono istotnego wpływu zastosowanych w doświadczeniu preparatów w porównaniu do kontroli, na liczbę ząbków w główce.

Tab. 20. Średnia liczba ząbków w główce czosnku zebranego w 2017 roku [szt.]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	4,32 abc ^x	5,57 abc	5,20 abc	9,20 d	6,07 bc
Polyversum WP	3,98 ab	5,14 abc	5,51 abc	9,73 de	6,09 bc
Topsin M 500 SC	5,13 abc	6,53 c	5,00 abc	11,56 e	7,05 c
Rizocore®	4,53 abc	6,18 bc	5,11 abc	10,13 de	6,49 c
Biosept Active	4,67 abc	4,85 abc	5,20 abc	10,71 de	6,36 bc
RhizoVital 42®	5,10 abc	5,60 abc	5,35 abc	10,09 de	6,53 c
Wetcit™	5,64 abc	5,08 abc	5,09 abc	9,56 de	6,34 bc
Kontrola	3,75 a	3,44 a	4,64 abc	10,84 de	5,67 abc
Średnie wartości	4,64 abc	5,30 abc	5,14 abc	10,23 de	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Średnia liczba ząbków w główce czosnku pospolitego zebranego w 2018 roku wahała się między 6,03 – odmiana Arkus do 10,69 u odmiany Garpek (tab. 21). W przypadku czosnku pospolitego odmiany Arkus nie stwierdzono istotnych różnic statystycznych liczby ząbków w poszczególnych kombinacjach doświadczenia w porównaniu do kontroli. Zaobserwowano istotnie większą liczbę ząbków w cebulach czosnku odmiany Garpek potraktowanych Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore® oraz Biosept Active w porównaniu do kontroli. Preparaty RhizoVital 42® i Wetcit™ nie wpływały istotnie na liczbę ząbków w główce tej odmiany. W przypadku odmiany Harnaś średnia liczba ząbków w główkach, na których zastosowano testowane preparaty nie różniła się istotnie od kontroli. Średnia liczba ząbków w główce czosnku odmiany Jarus, na których zastosowano Topsin M 500 SC, Biosept Active i RhizoVital 42® charakteryzowała się istotnie statystycznie wyższymi wartościami w porównaniu do roślin kontrolnych. Pozostałe preparaty nie wykazały znaczącego oddziaływania na liczbę ząbków w roślinach tej odmiany w porównaniu do kontroli.

Tab. 21. Średnia liczba ząbków w główce czosnku zebranego w 2018 roku [szt.]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	6,13 a ^x	10,01 de	9,49 b-e	9,11 b-e	8,69 bcd
Polyversum WP	5,77 a	10,69 e	9,40 b-e	9,57 b-e	8,86 bcd
Topsin M 500 SC	5,76 a	9,91 de	10,25 de	9,91 de	8,95 b-e
Rizocore®	6,03 a	9,96 de	9,84 de	8,62 bcd	8,61 bcd
Biosept Active	5,57 a	10,20 de	9,17 b-e	9,98 de	8,73 bcd
RhizoVital 42®	6,17 a	9,04 b-e	9,52 b-e	9,65 cde	8,60 bcd
Wetcit™	6,12 a	9,07 b-e	10,35 e	9,32 b-e	8,71 bcd
Kontrola	6,33 a	8,11 bc	9,75 de	7,97 b	8,04 bc
Średnie wartości	5,99 a	9,62 cde	9,72 de	9,26 b-e	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Najwyższą liczbę ząbków w główce czosnku uzyskanej w 2019 roku stwierdzono w przypadku odmiany Harnaś, przy zastosowaniu Alginure® - 11,11 (tab. 22). Natomiast najniższą wartość wykazano dla odmiany Arkus, w kombinacji Rizocore® - 7,24. U czosnku odmian Arkus, Garpek oraz Harnaś nie stwierdzono istotnej różnicy w średniej liczbie ząbków pomiędzy kombinacjami z preparatami zastosowanymi w doświadczeniu a kontrolą. Odmiana Jarus charakteryzowała się istotnie zwiększoną liczbą ząbków w główce, w roślinach potraktowanych preparatami Alginure®, Polyversum WP, Rizocore®, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ w porównaniu do roślin kontrolnych.

Tab. 22. Średnia liczba ząbków w główce czosnku zebranego w 2019 roku [szt.]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	7,42 a ^x	7,87 ab	11,11 h	9,76 d-g	9,04 bcd
Polyversum WP	7,40 a	7,34 a	10,86 gh	9,83 d-g	8,86 bcd
Topsin M 500 SC	7,29 a	8,16 ab	10,72 fgh	8,18 ab	8,59 bcd
Rizocore®	7,61 a	7,84 ab	9,67 def	10,09 e-h	8,80 bcd
Biosept Active	7,53 a	7,62 a	10,68 fgh	8,88 bcd	8,68 bcd
RhizoVital 42®	7,24 a	7,63 a	10,74 fgh	9,32 cde	8,73 bcd
Wetcit™	8,30 abc	7,72 a	10,45 fgh	9,90 d-g	9,09 cd
Kontrola	7,28 a	7,33 a	10,68 fgh	7,93 ab	8,30 abc
Średnie wartości	7,51 a	7,69 a	10,61 fgh	9,24 cde	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

4.2.4. Badanie wpływu wybranych substancji biotechnicznych i chemicznych na wzrost liniowy testowanych grzybów w warunkach *in vitro*

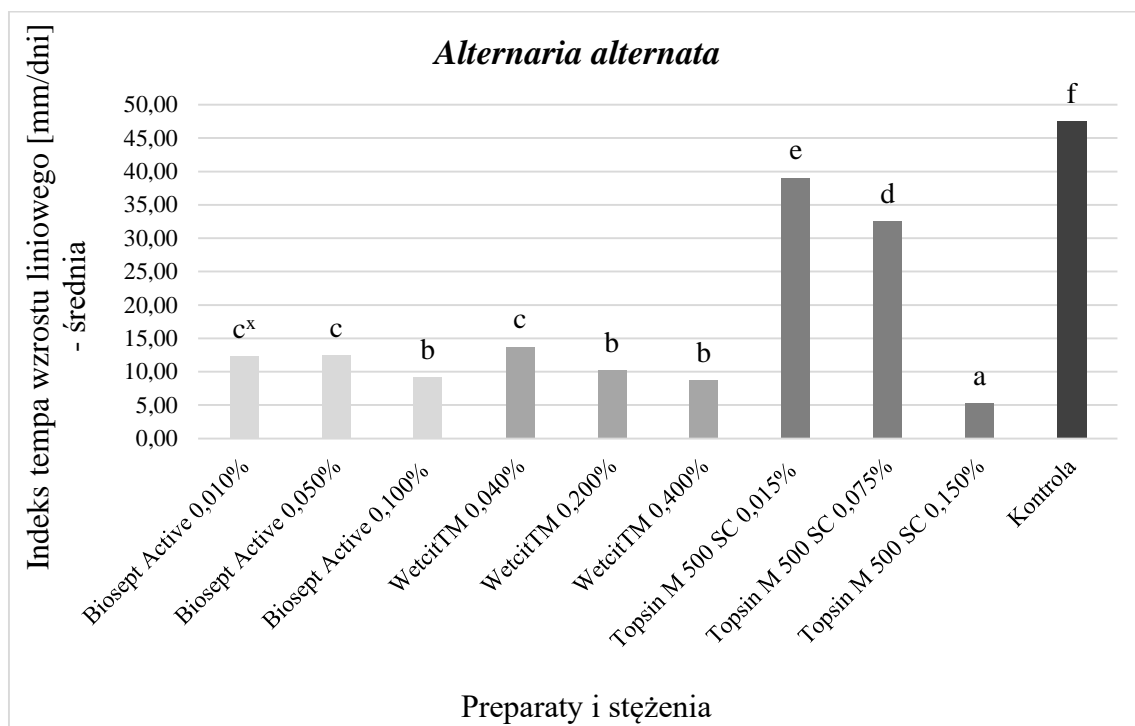
Analizy preparatów pochodzenia biotechnicznego i standardowego preparatu chemicznego przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych wykazały, że ich działanie fungistatyczne było zróżnicowane i w dużym stopniu zależy od rodzaju testowanego preparatu, jego stężenia oraz od gatunku badanego grzyba. Jako miarę oceny wpływu testowanych preparatów zastosowano indeks tempa wzrostu liniowego grzybni badanych *Mycota*.

Wszystkie zastosowane w doświadczeniu preparaty istotnie hamowały wzrost liniowy grzybni *Alternaria alternata* w stosunku do kontroli (ryc. 10, ryc. 11). Zaobserwowano wyraźne różnice we wzroście kolonii badanego patogenu na szalkach z testowanymi preparatami w stosunku do szalek kontrolnych.

Rozważając wpływ badanych preparatów na wzrost grzybni *Alternaria alternata* można stwierdzić, że najwyższą skuteczność w zahamowaniu wzrostu liniowego grzybni wykazał standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC w stężeniu 0,150%. Parametr ten wynosił 88,70%.

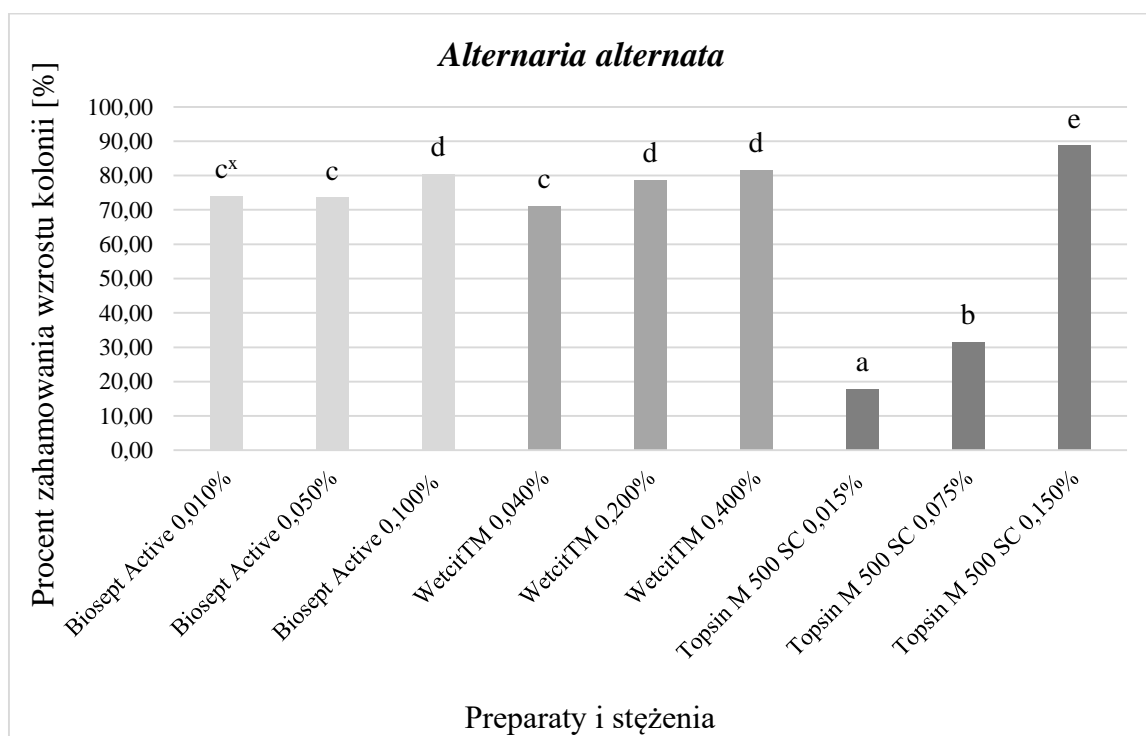
Niższą skutecznością działania charakteryzowały się preparaty biotechniczne Biosept Active w stężeniu 0,100% i Wetcit™ w stężeniach 0,400% oraz 0,200%. Procent zahamowania wzrostu grzybni *Alternaria alternata* wynosił odpowiednio 80,44%, 81,64% oraz 78,60%. W pozostałych stężeniach preparaty te również istotnie hamowały wzrost liniowy kolonii tego patogena.

Najsłabsze, ale istotne statystycznie działanie fungistatyczne zaobserwowano w kombinacji ze standardowym preparatem chemicznym Topsin M 500 SC w stężeniu 0,015%. Procent zahamowania wzrostu grzybnia *Alternaria alternata* wyniósł 17,79%.



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Ryc. 10. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego *Alternaria alternata*

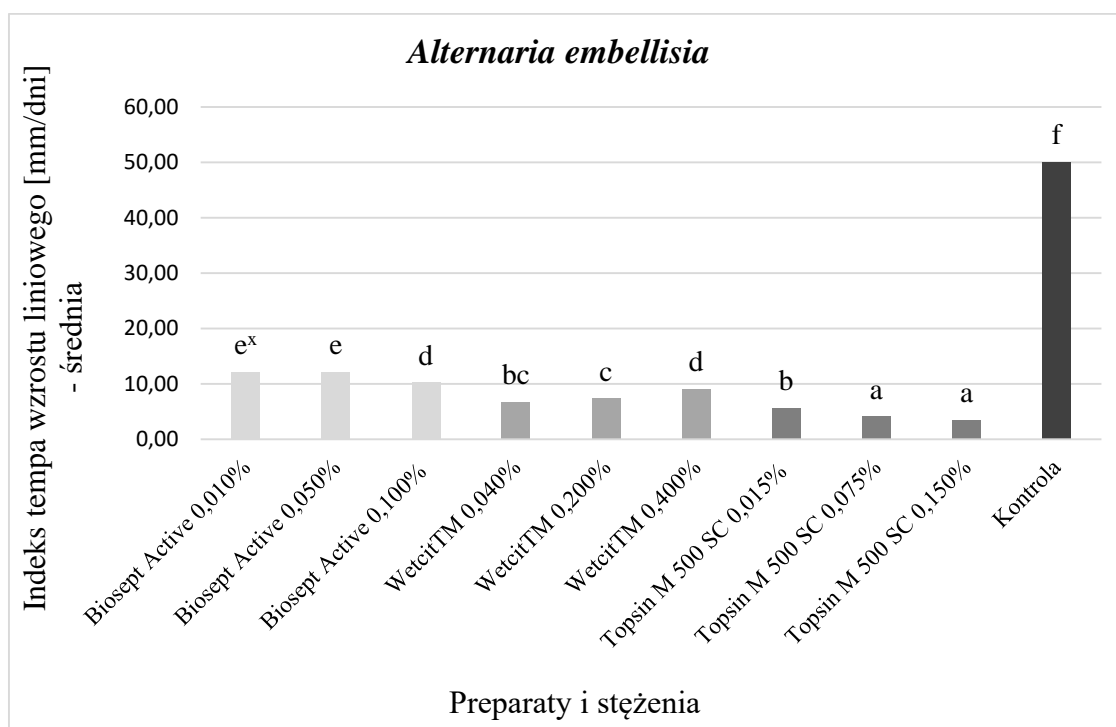


x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Ryc. 11. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do *Alternaria alternata* w warunkach *in vitro*

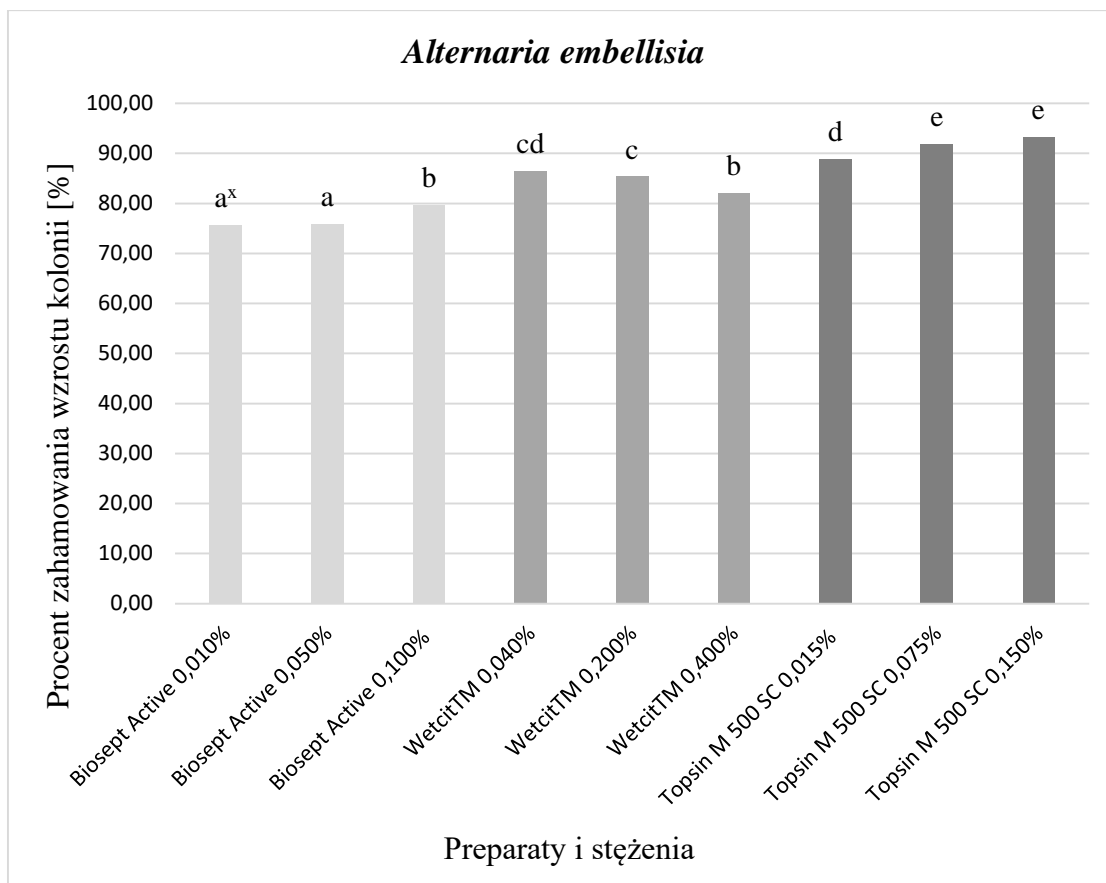
Wszystkie zastosowane w doświadczeniu preparaty istotnie statystycznie hamowały wzrost liniowy grzybni *Alternaria embellisia* w stosunku do kontroli (ryc. 12, ryc. 13). Zauważono znaczące różnice we wzroście kolonii patogena na szalkach z testowanymi preparatami w stosunku do szalek kontrolnych.

Analizując wpływ badanych preparatów na wzrost grzybni *Alternaria embellisia* można stwierdzić, że najwyższą skuteczność w ograniczaniu wzrostu liniowego kolonii patogena wykazał standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC w dwóch najwyższych stężeniach – 0,075% i 0,150%. Procent zahamowania wzrostu grzybni *Alternaria embellisia* był bardzo wysoki i wynosił odpowiednio 91,86% oraz 93,17%. Istotnie niższą skutecznością działania charakteryzował się Topsin M 500 SC w najniższym stężeniu 0,015% - 88,76% oraz Wetcit™ w stężeniu 0,400% - 86,46% i 0,200% - 85,32%. W najniższym stężeniu - 0,040% preparat ten również wykazał istotne działanie inhibicyjne względem tego Mycota. Procent zahamowania wzrostu liniowego grzybni wynosił 82,05%. Najniższą istotną statystycznie skutecznością działania odznaczał się preparat Biosept Active w dwóch najniższych stężeniach 0,010% i 0,050%. Procent zahamowania wzrostu liniowego grzybni wynosił odpowiednio 75,59% oraz 75,86%.



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

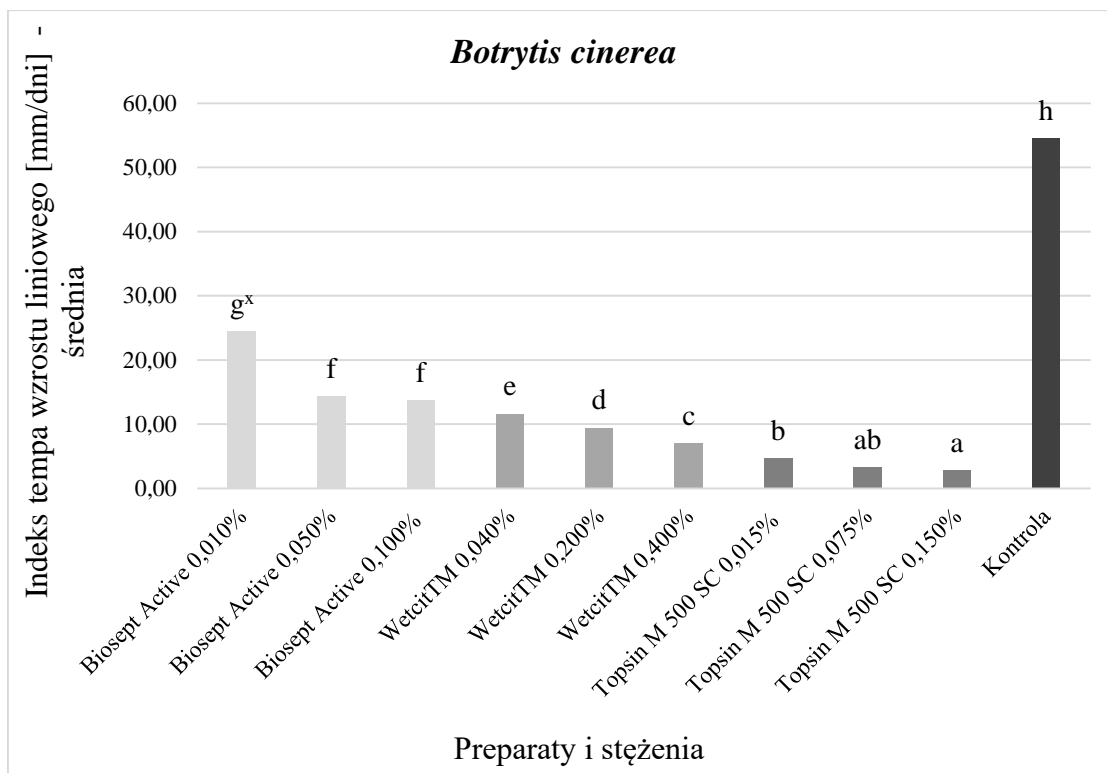
Ryc. 12. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego *Alternaria embellisia*



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

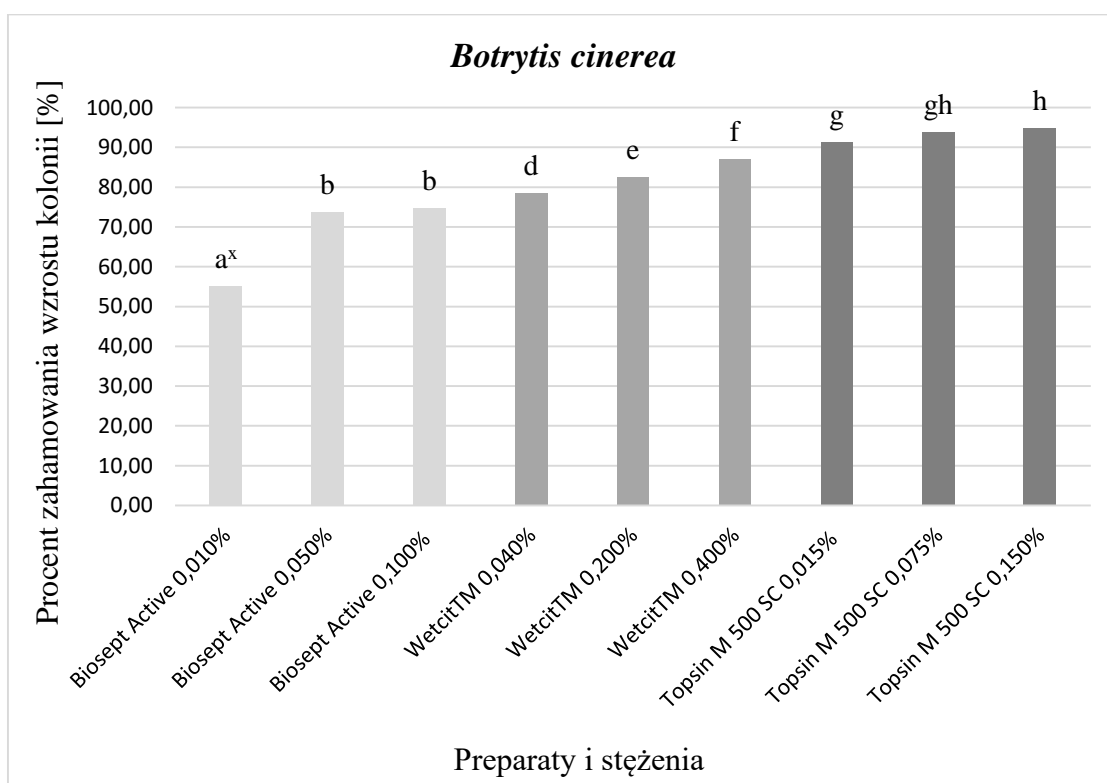
Ryc. 13. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do *Alternaria embellisia* w warunkach *in vitro*

Rozważając wpływ testowanych preparatów na wzrost liniowy grzybni *Botrytis cinerea* można stwierdzić, że każdy z nich wykazał istotne statystycznie działanie inhibicyjne w stosunku do kontroli (ryc. 14, ryc. 15). Zaobserwowano wyraźne różnice we wzroście kolonii badanego patogenu na szalkach z badanymi preparatami w stosunku do kontroli. Istotnie najwyższą skutecznością działania w hamowaniu wzrostu liniowego grzybni *Botrytis cinerea* wykazał się standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC we wszystkich trzech stężeniach. Procent zahamowania wzrostu liniowego grzybni wynosił od najniższego stężenia 91,44%, 93,89% i 94,81%. Preparat biotechniczny Wetcit™ we wszystkich stężeniach również istotnie ograniczał wzrost liniowy kolonii patogena. Biosept Active w stężeniu 0,010% wykazał najniższą skuteczność w hamowaniu wzrostu liniowego grzybni *Botrytis cinerea* - 55,14%.



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

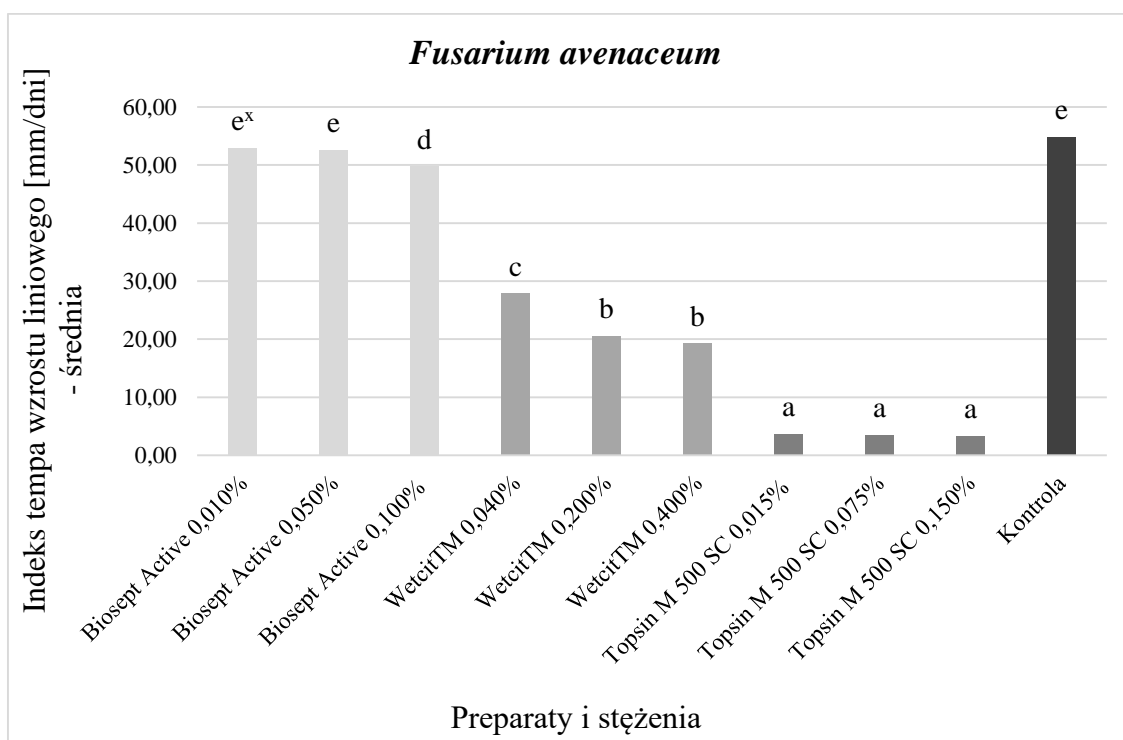
Ryc. 14. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego *Botrytis cinerea*



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

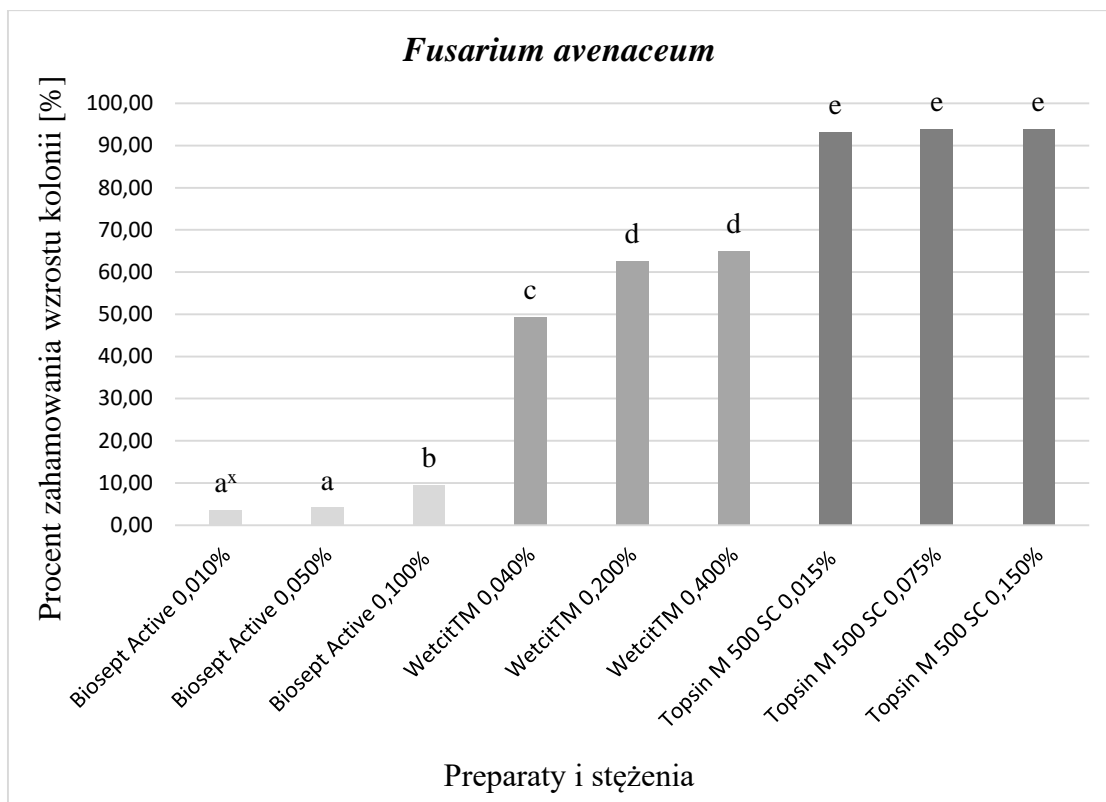
Ryc. 15. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do *Botrytis cinerea* w warunkach *in vitro*

Analizy preparatów pochodzenia biotechnicznego i standardowego preparatu chemicznego przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych wykazały, że w większości ich działanie istotnie hamowało wzrost liniowy grzybni *Fusarium avenaceum* w stosunku do kontroli (ryc. 16, ryc. 17). Zaobserwowano wyraźne różnice we wzroście kolonii badanego patogenu na większości szalek z testowanymi preparatami w stosunku do szalek kontrolnych. Stwierdzono, że istotnie najwyższą skuteczność w zahamowaniu wzrostu grzybni *Fusarium avenaceum* wykazał standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC we wszystkich trzech stężeniach. Procent zahamowania wzrostu kolonii patogena wynosił odpowiednio od najniższego stężenia 93,25%, 93,81% oraz 93,93%. Niższą skutecznością działania, ale również istotną statystycznie, odznaczał się preparat Wetcit™. W stężeniu 0,400% i 0,200% preparat ten ograniczał wzrost liniowy *Fusarium avenaceum* w istotnie wysokim stopniu, parametr ten odpowiednio wynosił 64,95% oraz 62,69%. W najniższym stężeniu Wetcit™ również znacząco hamował wzrost kolonii patogena - 49,33%. Najslabsze, ale istotne statystycznie działanie zaobserwowano w kombinacji z Biosept Active w stężeniu najwyższym 0,100%. Pozostałe stężenia nie wykazały istotnego działania inhibicyjnego w stosunku do kontroli.



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

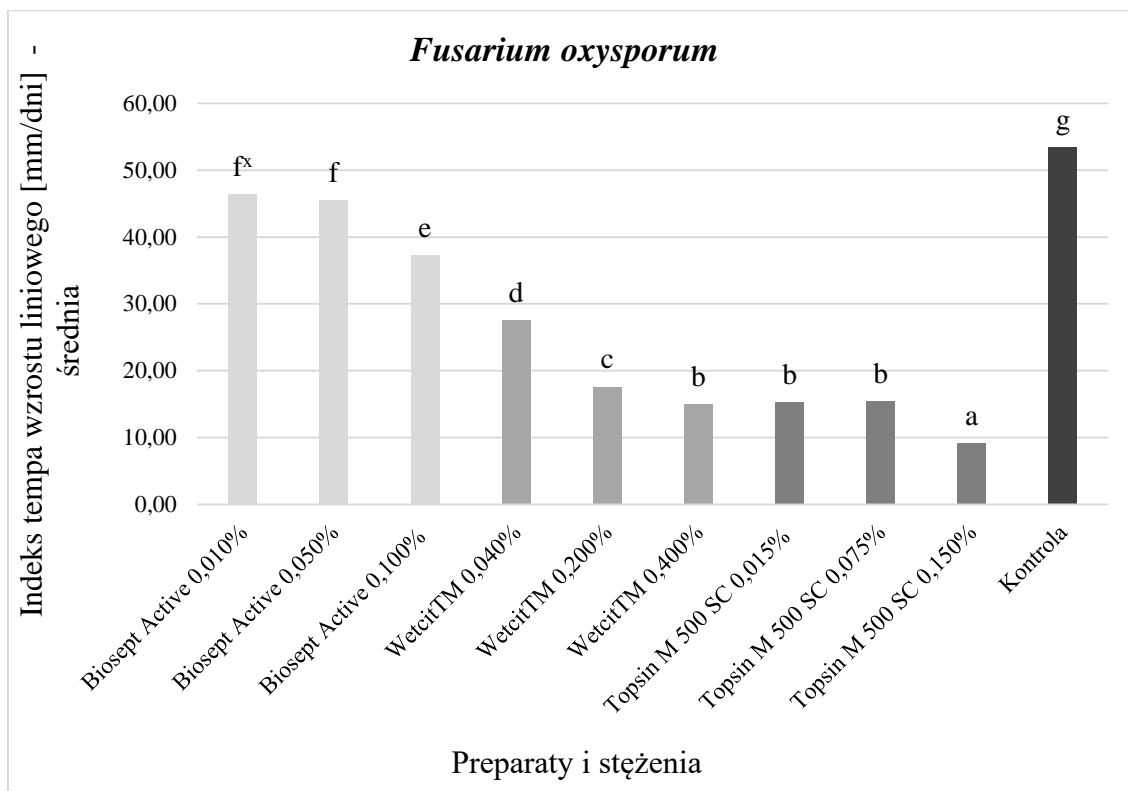
Ryc. 16. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego *Fusarium avenaceum*



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

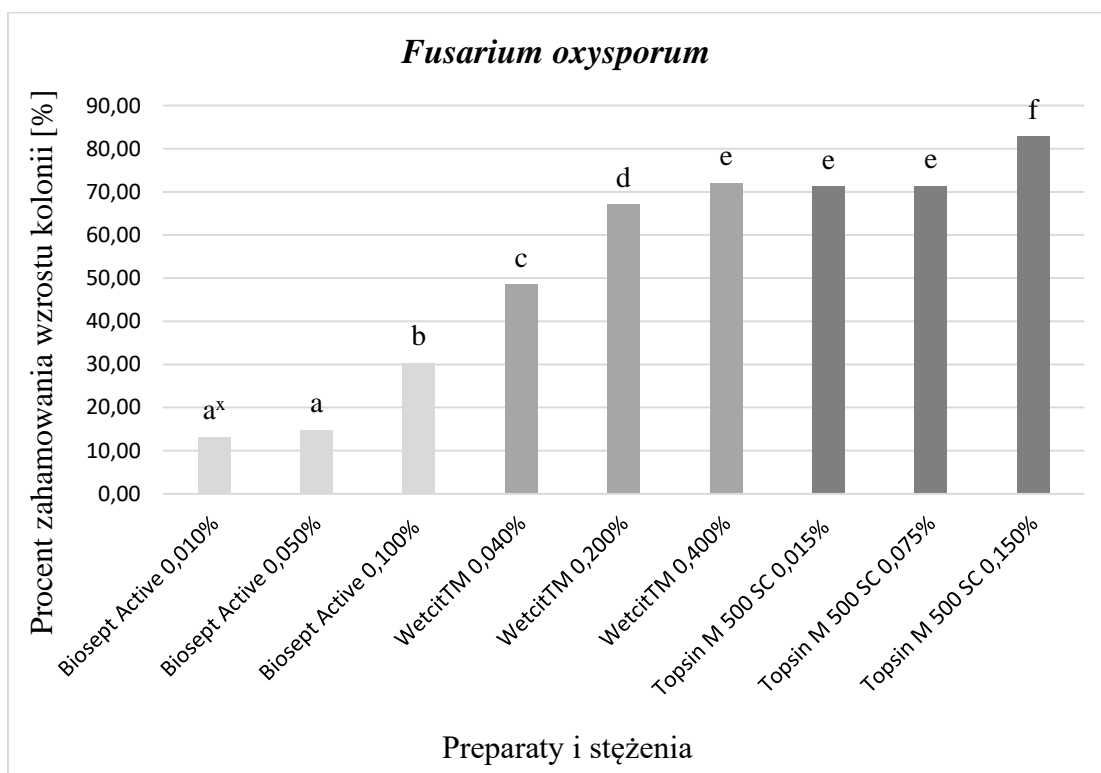
Ryc. 17. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do *Fusarium avenaceum* w warunkach *in vitro*

Wszystkie wybrane do doświadczenia preparaty istotnie, w porównaniu do kontroli hamowały wzrost liniowy grzybni *Fusarium oxysporum* (ryc. 18, ryc. 19). Zaobserwowano wyraźne różnice we wzroście kolonii patogena na szalkach kontrolnych w porównaniu do szalek z testowanymi preparatami. Rozważając wpływ zastosowanych w doświadczeniu preparatów na wzrost grzybni *Fusarium oxysporum* można stwierdzić, że najwyższą skutecznością w zahamowaniu wzrostu kolonii odznaczał się standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC w najwyższym stężeniu - 82,82%. Istotnie niższą skutecznością działania charakteryzował się standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC w stężeniu 0,075% i 0,015% oraz preparat biotechniczny Wetciit™ w najwyższym stężeniu 0,400%. Procent zahamowania wzrostu liniowego grzybni *Fusarium oxysporum* wynosił odpowiednio 71,27%, 71,15% i 71,95%. Preparat Wetciit™ w dwóch niższych stężeniach (0,200% i 0,040%) również wykazał istotne działanie inhibicyjne. Najsłabsze, ale statystycznie istotne działanie zaobserwowano w kombinacji z Biosept Active.



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

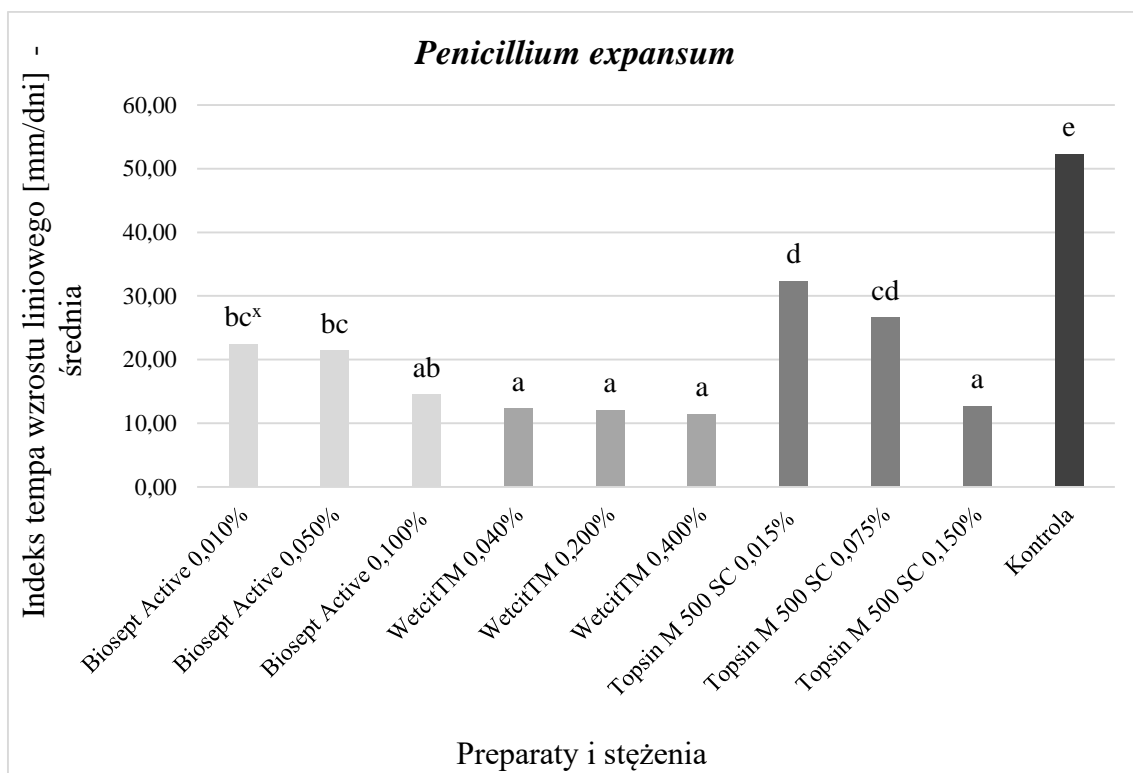
Ryc. 18. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego *Fusarium oxysporum*



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

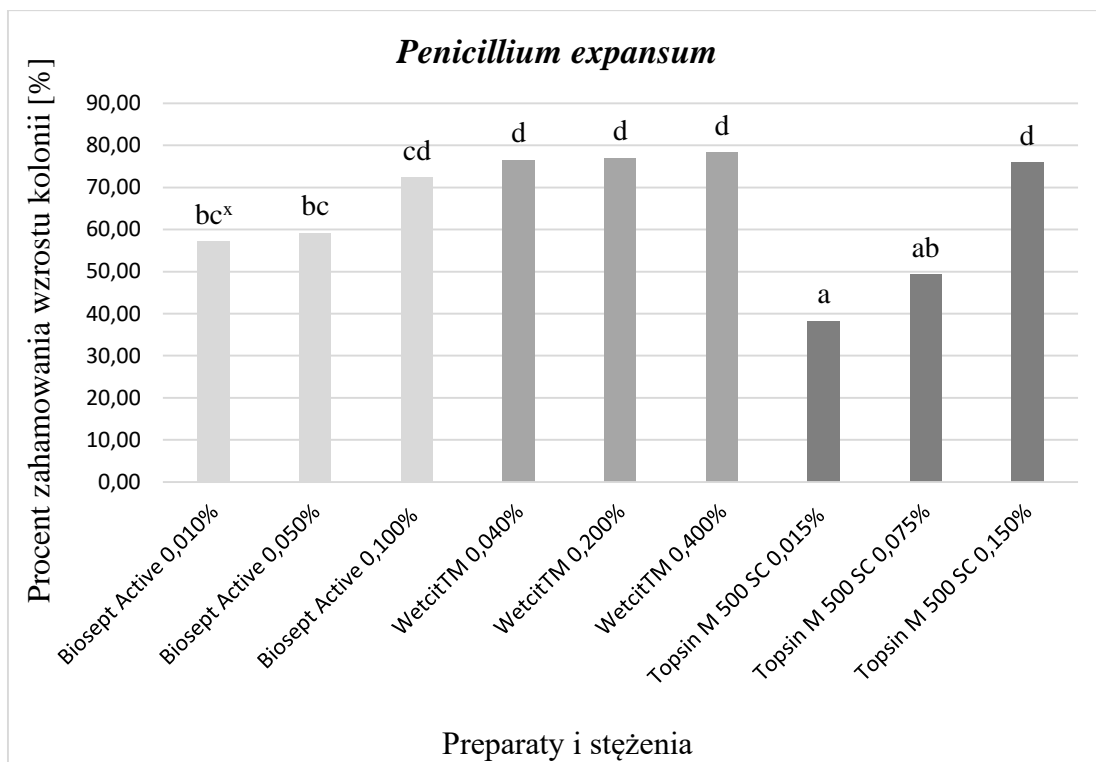
Ryc. 19. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do *Fusarium oxysporum* w warunkach *in vitro*

Analizy preparatów pochodzenia biotechnicznego i standardowego preparatu chemicznego przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych wykazały, że ich działanie istotnie hamowało wzrost liniowy grzybni *Penicillium expansum* w stosunku do kontroli (ryc. 20, ryc. 21). Zaobserwowano istotne różnice we wzroście kolonii badanego patogenu na szalkach z testowanymi preparatami w stosunku do szalek kontrolnych. Istotne działanie inhibicyjne wykazały wszystkie testowane preparaty. Procent zahamowania wzrostu grzybni *Penicillium expansum* mieścił się w przedziale od 38,17 do 78,26%.



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

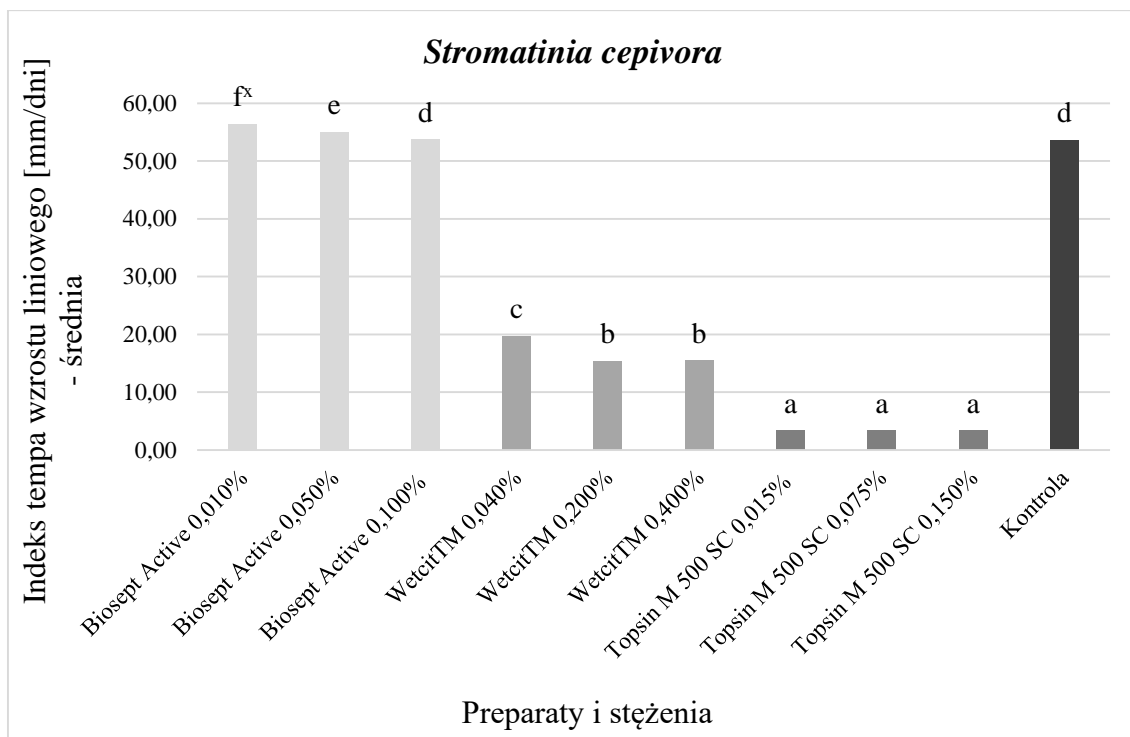
Ryc. 20. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego *Penicillium expansum*



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

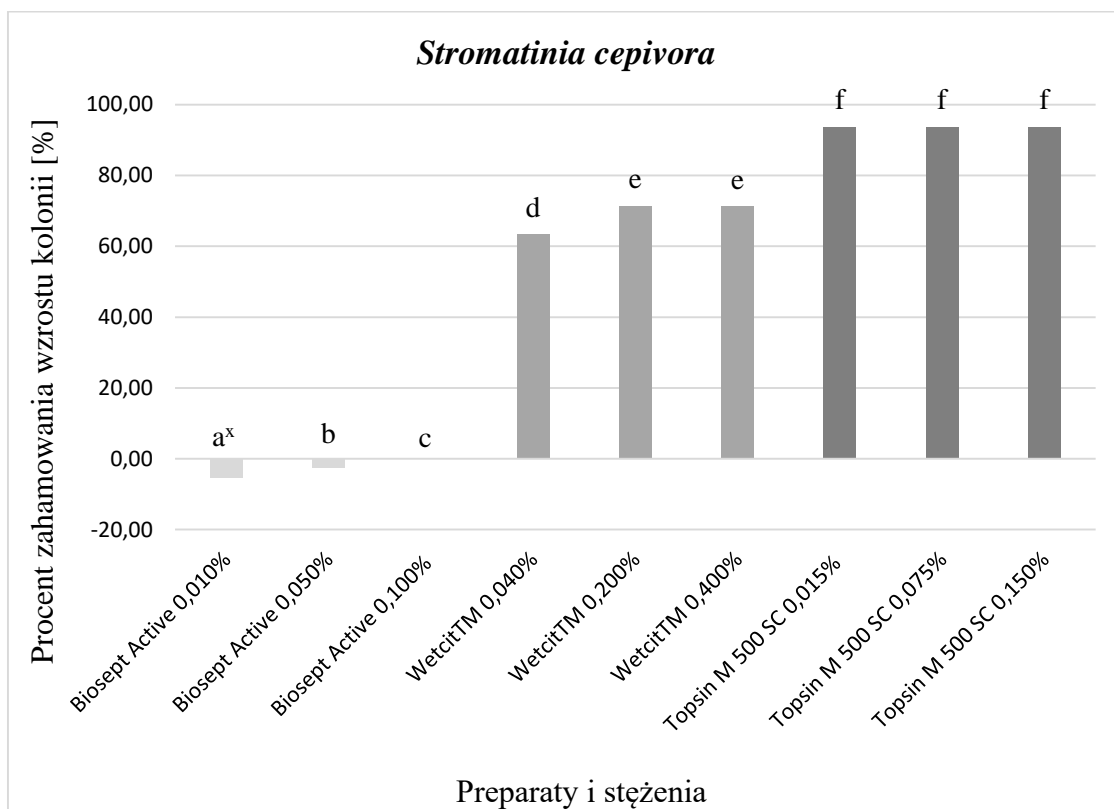
Ryc. 21. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do *Penicillium expansum* w warunkach *in vitro*

Analizy preparatów pochodzenia biotechnicznego i standardowego preparatu chemicznego przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych wykazały, że w większości ich działanie istotnie hamowało wzrost liniowy grzybni *Stromatinia cepivora* w stosunku do kontroli (ryc. 22, ryc. 23). Zaobserwowano różnice we wzroście kolonii badanego patogenu na większości szalek z badanymi preparatami w stosunku do szalek kontrolnych. Stwierdzono, że najwyższą skuteczność działania w zahamowaniu wzrostu liniowego kolonii patogena wykazał standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC we wszystkich trzech stężeniach. Procent zahamowania wzrostu grzybni *Stromatinia cepivora* był bardzo wysoki i wynosił 93,78% (w każdym stężeniu). Istotnie niższą skutecznością działania odznaczał się preparat Wetcit™. W stężeniu 0,200% i 0,400% ograniczał wzrost grzybni patogena na poziomie 71,44% oraz 71,21%. W najniższym stężeniu (0,040%) preparat ten również istotnie hamował wzrost grzybni *Stromatinia cepivora*. Preparat biotechniczny Biosept Active w najwyższym stężeniu nie ograniczał istotnie statystycznie wzrostu liniowego kolonii patogena. Natomiast w dwóch pozostałych stężeniach preparat ten stymulował wzrost grzybni *Stromatinia cepivora*. Procent zahamowania wzrostu grzybni wynosił odpowiednio od najwyższego stężenia -5,20% oraz -2,60%.



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Ryc. 22. Średnie indeksu tempa wzrostu liniowego *Stromatinia cepivora*



x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Ryc. 23. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do *Stromatinia cepivora* w warunkach *in vitro*

4.2.5. Badania nad patogennością wybranych izolatów dla czosnku pospolitego

W teście patogenności wykazano zależność pomiędzy podatnością odmian czosnku, a objawami chorobowymi widocznymi, jako nekroza tkanki roślinnej, po wprowadzeniu inokulum poszczególnych gatunków grzybów. Kryterium podatności była średnia długość nekrozy (w mm) przez niego powodowana, w czasie inkubacji podanym w dniach od infekcji (tab. 23). Patogenami, które najszybciej porażały i rozrastały się w tkankach czosnku odmiany Arkus były: *Penicillium hirsutum*, *Penicillium verrucosum*, *Fusarium solani*, *Alternaria alternata*, *Fusarium avenaceum*, *Penicillium expansum* oraz *Botrytis alli*. Średnie długości nekrozy po 7 dniach wynosiły odpowiednio: 13,44 mm, 9,72 mm, 7,11 mm, 6,78 mm, 6,00 mm, 5,67 mm oraz 5,67 mm i były istotnie statystycznie większe niż w obiektach kontrolnych. Mniejsze długości nekrozy stwierdzono na ząbkach czosnku inokulowanych pozostałymi grzybami, jednak wielkości te nie różniły się istotnie od kontroli. Podczas kolejnych pomiarów wykonanym po 14 dniach od inokulacji, istotnie największe długości nekrozy zanotowano na tkankach cebul czosnku zakażonych przez: *Penicillium hirsutum*, *Penicillium verrucosum*, *Fusarium solani*, *Penicillium expansum*, *Penicillium chrysogenum*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum*, *Alternaria alternata*, *Stromatinia cepivora*, *Fusarium incarnatum* oraz *Botrytis alli*. Parametr ten wynosił odpowiednio 23,11 mm, 21,39 mm, 17,11 mm, 14,22 mm, 13,67 mm, 13,28 mm, 12,89 mm, 10,89 mm, 10,00 mm, 9,61 mm oraz 9,00 mm. Nie stwierdzono natomiast istotnej różnicy pomiędzy średnią długością nekrozy na tkankach czosnku porażonych przez pozostałe patogeny a kontrolą.

Tab. 23. Podatność czosnku pospolitego odmiany Arkus na porażenie przez wybrane grzyby

Patogen	Średnia długość nekrozy [mm] po inkubacji [dni]	
	7 dni	14 dni
<i>Alternaria alternata</i>	6,78 def ^x	10,89 bc
<i>Alternaria embellisia</i>	1,44 ac	6,22 ab
<i>Botrytis alli</i>	5,67 b-e	9,00 bc
<i>Botrytis cinerea</i>	1,44 abc	6,78 ab
<i>Botrytinia globosa</i>	3,00 a-e	7,33 ab
<i>Fusarium avenaceum</i>	6,00 def	13,28 bc
<i>Fusarium culmorum</i>	3,11 a-e	12,89 bc
<i>Fusarium incarnatum</i>	2,67 a-d	9,61 bc
<i>Fusarium oxysporum</i>	3,89 a-e	7,17 ab
<i>Fusarium solani</i>	7,11 ef	17,11 cde
<i>Penicillium chrysogenum</i>	3,78 a-e	13,67 bc
<i>Penicillium expansum</i>	5,67 bdef	14,22 bcd
<i>Penicillium hirsutum</i>	13,44 g	23,11 e
<i>Penicillium verrucosum</i>	9,72 f	21,39 de
<i>Stromatinia cepivora</i>	3,11 a-e	10,00 bc
Kontrola	0,00 a	0,56 a
Średnie wartości	4,80	11,45

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Biorąc pod uwagę podatność czosnku pospolitego odmiany Garpek można stwierdzić, że w pomiarze wykonanym po 7 dniach istotnie największe nekrozy powodowane były przez: *Penicillium hirsutum*, *Penicillium verrucosum*, *Penicillium expansum*, *Alternaria alternata*, *Fusarium culmorum*, *Penicillium chrysogenum*, *Botrytis alli* oraz *Fusarium avenaceum*. Średnie długości nekrozy wynosiły odpowiednio: 13,89 mm, 9,14 mm, 7,00 mm, 6,44 mm, 6,44 mm, 6,22 mm, 5,72 mm oraz 5,61 mm. Mniejsze wielkości nekrozy zauważono na tkankach czosnku porażonych przez pozostałe grzyby, jednak ich długości nie różniły się istotnie w porównaniu do kontroli (tab. 24). Pomiary wykonane po 14 dniach wykazały brak istotnego wzrostu średniej długości nekrozy na tkankach czosnku inokulowanych przez *Alternaria alternata* i *Alternaria embellisia* w porównaniu do cebul kontrolnych. Pozostałe badane grzyby powodowały istotnie większe nekroz w stosunku do kontroli.

Tab. 24. Podatność czosnku pospolitego odmiany Garpek na porażenie przez wybrane grzyby

Patogen	Średnia długość nekrozy [mm] po inkubacji [dni]	
	7 dni	14 dni
<i>Alternaria alternata</i>	6,44 cde ^x	9,56 abc
<i>Alternaria embellisia</i>	1,44 a	8,61 ab
<i>Botrytis alli</i>	5,72 cd	10,78 bcd
<i>Botrytis cinerea</i>	3,67 a-d	12,33 bcd
<i>Botryotinia globosa</i>	4,39 a-d	14,25 b-e
<i>Fusarium avenaceum</i>	5,61 cd	13,97 b-e
<i>Fusarium culmorum</i>	6,44 cde	20,03 efg
<i>Fusarium incarnatum</i>	3,22 abc	13,42 b-e
<i>Fusarium oxysporum</i>	4,31 a-d	10,81 bcd
<i>Fusarium solani</i>	4,83 bcd	13,00 b-e
<i>Penicillium chrysogenum</i>	6,22 cde	17,33 def
<i>Penicillium expansum</i>	7,00 de	16,61 c-f
<i>Penicillium hirsutum</i>	13,89 f	24,08 g
<i>Penicillium verrucosum</i>	9,14 e	21,75 fg
<i>Stromatinia cepivora</i>	5,00 bcd	15,00 b-e
Kontrola	2,22 ab	3,89 a
Średnie wartości	5,60	14,09

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Na podstawie wyników zawartych w tabeli 25 można stwierdzić, że czosnek odmiany Harnaś najbardziej podatny był na porażenie przez: *Penicillium hirsutum*, *Penicillium verrucosum*, *Penicillium expansum*, *Alternaria alternata*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium solani*, *Fusarium culmorum* oraz *Botrytis alli*. Po 7 dniach średnie długości nekroz wynosiły odpowiednio 14,92 mm, 9,31 mm, 7,50 mm, 6,11 mm, 5,78 mm, 5,72 mm, 5,55 mm oraz 5,44 mm i były istotnie statystycznie większe, niż kontrola. Podczas pomiarów wykonanych po 14 dniach najniższe wielkości nekrozy, które nie były istotne statystycznie różne w porównaniu do kontroli, zanotowano na tkankach czosnku inokulowanych przez *Botrytis cinerea*, *Alternaria embellisia*, *Fusarium oxysporum*, *Botryotinia globosa* i *Botrytis alli*. Pozostałe grzyby powodowały powstanie istotnie większych nekroz niż w kontroli.

Tab. 25. Podatność czosnku pospolitego odmiany Harnaś na porażenie przez wybrane grzyby

Patogen	Średnia długość nekrozy [mm] po inkubacji [dni]	
	7 dni	14 dni
<i>Alternaria alternata</i>	6,11 ef ^x	10,22 bcde
<i>Alternaria embellisia</i>	0,94 a	7,28 abc
<i>Botrytis alli</i>	5,44 def	9,83 a-e
<i>Botrytis cinerea</i>	1,78 abc	6,61 ab
<i>Botryotinia globosa</i>	2,89 a-d	8,89 a-e
<i>Fusarium avenaceum</i>	5,78 def	13,72 def
<i>Fusarium culmorum</i>	5,55 a-d	12,11 b-f
<i>Fusarium incarnatum</i>	4,00 b-e	14,92 ef
<i>Fusarium oxysporum</i>	3,11 a-d	7,69 abc
<i>Fusarium solani</i>	5,72 def	15,06 ef
<i>Penicillium chrysogenum</i>	4,50 cde	12,94 c-f
<i>Penicillium expansum</i>	7,50 fg	16,64 f
<i>Penicillium hirsutum</i>	14,92 h	24,78 g
<i>Penicillium verrucosum</i>	9,31 g	22,94 g
<i>Stromatinia cepivora</i>	2,94 a-d	10,29 b-e
Kontrola	1,11 ab	4,44 a
Średnie wartości	5,10	12,40

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Patogenami, które najszybciej porażały tkanki czosnku pospolitego odmiany Jarus były: *Penicillium hirsutum*, *Penicillium verrucosum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium avenaceum*, *Botrytis alli*, *Alternaria alternata*, *Fusarium solani*, *Penicillium expansum* oraz *Penicillium chrysogenum* (tab. 26). Średnie długości nekrozy po 7 dniach wynosiły odpowiednio: 12,89 mm, 11,53 mm, 6,69 mm, 6,39 mm, 5,89 mm, 5,67 mm, 5,61 mm, 4,94 mm oraz 4,39 i były istotnie statystycznie większe niż w obiektach kontrolnych. Mniejsze długości nekrozy stwierdzono na ząbkach czosnku inokulowanych pozostałymi patogenami, jednak wielkości te nie różniły się istotnie w porównaniu do kontroli. Pomiary wykonane po 14 dniach wykazały brak istotnego wzrost długości nekrozy na tkankach czosnku porażonych przez: *Alternaria embellisia* i *Botryotinia globosa* w stosunku do cebul kontrolnych. Wielkości nekroz powstałych w wyniku inokulacji pozostałymi badanymi grzybami odznaczały się istotnie wyższymi wartościami w porównaniu do kontroli.

Tab. 26. Podatność czosnku pospolitego odmiany Jarus na porażenie przez wybrane grzyby

Patogen	Średnia długość nekrozy [mm] po inkubacji [dni]	
	7 dni	14 dni
<i>Alternaria alternata</i>	5,67 cde ^x	9,72 bc
<i>Alternaria embellisia</i>	1,89 ab	7,39 ab
<i>Botrytis alli</i>	5,89 de	10,44 bcd
<i>Botrytis cinerea</i>	2,56 abc	9,72 bc
<i>Botryotinia globosa</i>	3,00 a-d	8,03 ab

<i>Fusarium avenaceum</i>	6,39 e	16,11 e
<i>Fusarium culmorum</i>	6,69 e	16,72 e
<i>Fusarium incarnatum</i>	3,94 a-e	11,47 b-e
<i>Fusarium oxysporum</i>	4,06 a-e	9,61 bc
<i>Fusarium solani</i>	5,61 cde	14,83 cde
<i>Penicillium chrysogenum</i>	4,39 b-e	15,17 cde
<i>Penicillium expansum</i>	4,94 b-e	13,28 b-e
<i>Penicillium hirsutum</i>	12,89 f	23,36 f
<i>Penicillium verrucosum</i>	11,53 f	24,03 f
<i>Stromatinia cepivora</i>	3,82 a-e	12,38 b-e
Kontrola	1,11 a	3,89 a
Średnie wartości	5,27	12,88

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

4.2.6. Test na kiełkowanie zarodników wybranych fitopatogenów w obecności wybranych czynników biotechnicznych

Wszystkie zastosowane w doświadczeniu preparaty biotechniczne hamowały istotnie statystycznie w stosunku do kontroli kiełkowanie zarodników badanych fitopatogenów (tab. 27). Zaobserwowano, że najwyższą skuteczność w zahamowaniu kiełkowania zarodników *Alternaria alternata* wykazał Biosept Active. Procent skielkowanych zarodników tego patogena wynosił 12,60%. Istotnie niższymi skutecznościami działania odznaczały się preparaty WetcitTM i Alginure®. Parametr ten wynosił odpowiednio 20,40% oraz 22,40%.

Analizy wpływu testowanych preparatów na zahamowanie kiełkowania zarodników *Botrytis cinerea* wykazały, że istotnie najwyższą skutecznością w działaniu odznaczały się preparaty WetcitTM i Alginure® w porównaniu do kontroli. Procent skielkowanych zarodników fitopatogenu wynosił odpowiednio 2,40% i 9,60%. Biosept Active charakteryzował się istotnie niższą skutecznością w ograniczaniu kiełkowania zarodników *Botrytis cinerea* w stosunku do kontroli - parametr ten wynosił 18,20%.

Kiełkowania zarodników *Fusarium oxysporum* istotnie najsilniej w stosunku do kontroli hamował preparat Biosept Active. Procent skielkowanych zarodników wynosił 5,60%. WetcitTM i Alginure® również istotnie ograniczały kiełkowanie zarodników patogena. Poziom skielkowanych zarodników wynosił odpowiednio 36,60% oraz 40,80%.

Tab. 27. Wpływ badanych preparatów na kiełkowanie zarodników wybranych gatunków grzybów [%]

Kombinacja	Procent skielkowanych zarodników wybranych gatunków grzybów			Średnie
	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	
Alginure®	22,40 e ^x	9,60 abc	40,80 g	24,27 e
Biosept Active	12,60 bcd	18,20 cde	5,60 ab	12,13 bcd
Wetcit TM	20,40 de	2,40 a	36,60 g	19,80 cde
Kontrola	51,80 f	49,40 f	51,80 f	51,00 f
Średnie wartości	26,80 e	19,90 de	33,70 g	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

4.2.7. Metody analityczne

4.2.7.1. Oznaczanie suchej masy

Tabela 28 przedstawia procentową zawartość suchej masy w główkach czosnku pospolitego oznaczonej w 2017, która wahała się od 35,26 do 46,09 %. Zawartości suchej masy w roślinach czosnku odmiany Arkus, na których zastosowano wszystkie testowane preparaty wykazały istotnie wyższe wartości niż obiekty kontrolne. Sucha masa wahała się od 38,85 do 43,95%. W przypadku czosnku odmiany Garpek rośliny Polyversum WP charakteryzowały się istotnie niższą zawartością suchej masy niż w kontroli. Zaobserwowano istotnie korzystny wpływ preparatu Rizocore® na wartość suchej masy. Nie stwierdzono istotnego wpływu pozostałych testowanych preparatów w porównaniu do obiektów kontrolnych. Zaobserwowano istotnie niekorzystny wpływ Polyversum WP na wartość suchej masy w cebulach odmiany Harnaś. Kombinacje z pozostałymi preparatami nie wykazały istotnej różnicy w zawartości suchej masy w porównaniu do kontroli. Cebule czosnku odmiany Jarus charakteryzowały się istotnie niższą zawartością suchej masy w roślinach potraktowanych preparatami Alginure®, Rizocore®, RhizoVital 42® niż w kontroli. Wartości te wynosiły odpowiednio 42,55%, 43,31% oraz 44,10%. Stwierdzono istotnie korzystny wpływ Wetcit™ na zawartość suchej masy w porównaniu do kontroli.

Tab. 28. Zawartość suchej masy w główkach czosnku oznaczona w 2017 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	40,07 fg ^x	35,95 ab	42,36 jk	42,55 jkl	40,23 g
Polyversum WP	40,71 gh	35,26 a	41,89 ij	44,95 pr	40,70 gh
Topsin M 500 SC	39,18 e	36,32 bc	42,90 klm	44,78 opr	40,80 gh
Rizocore®	39,66 ef	37,43 d	43,25 lmn	43,31 lmn	40,91 h
Biosept Active	38,85 e	36,35 bc	42,02 ijk	45,53 rs	40,69 gh
RhizoVital 42®	41,21 hi	36,72 bcd	43,54 mn	44,10 nop	41,39 hi
Wetcit™	43,95 no	36,92 cd	42,54 jkl	46,09 s	42,38 jk
Kontrola	37,51 d	36,47 bc	42,78 klm	45,11 r	40,47 gh
Średnie wartości	40,14 fg	36,43 bc	42,66 kl	44,55 op	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Procentowa zawartość suchej masy w główkach czosnku pospolitego uzyskana w 2018 roku mieściła się w przedziale od 14,31 do 53,40% (tab. 29). Nie stwierdzono istotnego wpływu testowanych preparatów na zawartość suchej masy w główkach czosnku odmiany Arkus. Wartości wahały się od 32,96 do 35,38%. Rozpatrując wpływ wybranych środków na cebule odmiany Garpek nie zaobserwowano istotnej różnicy w zawartość suchej masy w porównaniu do obiektów kontrolnych. Cebule czosnku odmiany Harnaś, na których zastosowano preparaty RhizoVital 42® i Polyversum WP charakteryzowały się istotnie niższą zawartością suchej masy niż w kontroli. Wartości te wynosiły odpowiednio 14,31% i 24,65%. Pozostałe preparaty, którymi potraktowano rośliny nie wykazały istotnego wpływu na zawartość suchej masy. Stwierdzono istotnie niekorzystny wpływ działania preparatu Rizocore® na zawartość suchej

masy w główkach czosnku odmiany Jarus. Nie zaobserwowano u tej odmiany istotnego wpływu pozostałych preparatów na poziom suchej masy w porównaniu do kontroli.

Tab. 29. Zawartość suchej masy w główkach czosnku oznaczona w 2018 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	33,44 b-e ^x	34,20 b-e	33,26 b-e	45,86 efg	36,69 b-f
Polyversum WP	33,63 b-e	33,72 b-e	24,65 abc	44,33 efg	34,08 b-e
Topsin M 500 SC	35,38 b-f	34,29 b-e	38,42 c-f	53,40 g	40,37 def
Rizocore®	33,73 b-e	34,69 b-e	38,99 def	24,01 ab	32,86 b-e
Biosept Active	34,63 b-e	33,50 b-e	29,86 bcd	33,12 b-e	32,78 b-e
RhizoVital 42®	32,96 b-e	34,84 b-e	14,31 a	45,42 efg	31,88 b-e
Wetcit™	34,65 b-e	33,55 b-e	42,82 d-g	49,11 fg	40,03 def
Kontrola	34,51 b-e	34,12 b-e	42,04 d-g	43,77 d-g	38,61 c-f
Średnie wartości	34,12 b-e	34,11 b-e	33,04 b-e	42,38 d-g	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Zawartość suchej masy w główkach czosnku pospolitego oznaczona w 2019 roku wahała się od 18,35 do 58,61% (tab. 30). Nie stwierdzono istotnego wpływu wszystkich testowanych preparatów na poziom suchej masy w ząbkach odmiany Arkus w porównaniu do cebul kontrolnych. Zawartość ta mieściła się w przedziale od 30,42 do 38,42%.

Oceniając wpływ wszystkich zastosowanych w doświadczeniu preparatów na czosnek odmiany Garpek zaobserwowano, iż cebule z tych kombinacji, odznaczały się istotnie niższą zawartością suchej masy niż w kontroli. Nie zaobserwowano istotnej różnicy w zawartości suchej masy pomiędzy ząbkami odmiany Harnaś, na których zastosowano wybrane do doświadczenia preparaty, a cebulami kontrolnymi. Wartość wahała się od 26,07 do 39,10%. W przypadku odmiany Jarus stwierdzono istotnie korzystny wpływ: Alginure®, Biosept Active, Rizocore® i RhizoVital 42® na zawartość suchej masy w porównaniu do kontroli. Wartości te wynosiły odpowiednio 45,43%, 48,24%, 49,07% oraz 52,91%. Pozostałe preparaty nie wykazały istotnego wpływu na poziom suchej masy.

Tab. 30. Zawartość suchej masy w główkach czosnku oznaczona w 2019 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	36,42 a-f ^x	37,26 b-f	36,57 a-f	45,43 c-g	38,92 b-f
Polyversum WP	36,75 a-f	37,17 b-f	26,07 ab	29,83 a-d	32,45 a-d
Topsin M 500 SC	30,42 a-d	36,39 a-f	39,10 b-f	18,35 a	31,07 a-d
Rizocore®	36,42 a-f	28,45 abc	38,64 b-f	49,07 efg	38,15 b-f
Biosept Active	37,43 b-f	38,08 b-f	35,99 a-f	48,24 d-g	39,94 b-f
RhizoVital 42®	37,45 b-f	38,36 b-f	36,39 a-f	52,91 fg	41,28 b-g
Wetcit™	38,42 b-f	38,19 b-f	34,01 a-e	42,18 b-g	38,20 b-f
Kontrola	35,64 a-f	58,61 g	37,21 b-f	25,13 ab	39,15 b-f
Średnie wartości	36,12 a-f	39,06 b-f	35,50 a-f	38,89 b-f	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

4.2.7.2. Oznaczanie cukrów rozpuszczalnych

Zawartość cukrów rozpuszczalnych czosnku pospolitego oznaczonych w 2017 roku wahała się od 9,34 w odmianie Arkus (Wetcit™) do 17,98 mg 100g⁻¹św.m - odmiana Harnaś (RhizoVital 42®) (tab. 31). Każdy z testowanych preparatów, u wszystkich badanych odmian czosnku, wpływał istotnie na różnicę zawartości cukrów pomiędzy kombinacjami a kontrolą. W ząbkach odmiany Arkus, na których zastosowano Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Biosept Active oraz Wetcit™ charakteryzowały się istotnie mniejszą zawartość cukrów rozpuszczalnych niż w cebulach kontrolnych. Najmniejszą wartość stwierdzono w kombinacji, w której zastosowano Wetcit™ - 9,34 mg 100g⁻¹św.m. Pozostałe preparaty nie wykazały istotnego wpływu na badany parametr w porównaniu do kontroli. Najwyższą zawartość cukrów oznaczono w czosnku nie potraktowanym żadnym preparatem. W przypadku czosnku odmiany Garpek Wetcit™ istotnie zwiększył zawartość cukrów rozpuszczalnych – 14,28 mg 100g⁻¹św.m w porównaniu do kontroli. Czosnek tej odmiany potraktowany pozostałymi preparatami nie odznaczał się istotnie różną wartością cukrów niż w cebulach kontrolnych. Zawartość cukrów rozpuszczalnych w ząbkach czosnku odmiany Harnaś potraktowanych Rizocore® oraz RhizoVital 42® była istotnie wyższa w stosunku do kontroli. Parametr ten wynosił odpowiednio 17,67 mg 100g⁻¹św.m i 17,98 mg 100g⁻¹św.m. Natomiast ząbki czosnku tej odmiany, na których zastosowano Biosept Active charakteryzowały się istotnie niższą zawartością cukrów rozpuszczalnych niż w cebulach kontrolnych. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały znaczącego wpływu na badany parametr w stosunku do kontroli. W przypadku czosnku odmiany Jarus środki Polyversum WP i RhizoVital 42® w istotny sposób obniżały zawartość cukrów rozpuszczalnych w porównaniu do kontroli. Wartości te wynosiły odpowiednio 13,96 mg 100g⁻¹św.m oraz 14,06 mg 100g⁻¹św.m. Pozostałe zastosowane w doświadczeniu preparaty nie wpłynęły istotnie na zawartość cukrów w porównaniu do kontroli.

Tab. 31. Zawartość cukrów rozpuszczalnych w czosnku pospolitym oznaczona w 2017 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	10,42 ab ^x	13,27 efg	15,17 i-m	15,34 i-m	13,55 e-h
Polyversum WP	10,60 abc	11,96 cde	15,91 lm	13,96 f-i	13,11 efg
Topsin M 500 SC	10,19 ab	13,36 e-h	14,88 h-l	15,34 i-m	13,44 e-h
Rizocore®	11,55 bcd	13,20 efg	17,67 n	15,85 lm	14,57 g-l
Biosept Active	10,21 ab	13,25 efg	13,96 f-i	15,54 j-m	13,24 efg
RhizoVital 42®	11,15 bcd	13,48 e-h	17,98 n	14,06 f-j	14,17 f-k
Wetcit™	9,34 a	14,28 g-k	15,25 i-m	16,18 lm	13,76 e-i
Kontrola	12,12 de	12,60 def	15,64 klm	16,65 mn	14,25 g-k
Średnie wartości	10,70 abc	13,18 efg	15,81 lm	15,37 i-m	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Najwyższe zawartości cukrów rozpuszczalnych czosnku pospolitego w 2018 roku oznaczono w cebulach odmiany Harnaś i wahały się od 27,96 do 29,87 mg 100g⁻¹św.m, odpowiednio w kombinacjach gdzie zastosowano Rizocore®, Biosept Active, Topsin M 500

SC oraz w kontroli (tab. 32). Najniższą wartość stwierdzono w cebulach odmiany Garpek potraktowanych Polyversum WP - 11,91 mg 100g⁻¹św.m. W przypadku odmiany Arkus zawartość cukrów rozpuszczalnych w poszczególnych kombinacjach nie charakteryzowała się istotnie różną wartością w porównaniu do kontroli, wahała się pomiędzy 16,67 a 20,77 mg 100g⁻¹św.m. Zawartość cukrów rozpuszczalnych w czosnku odmiany Garpek wahała się od 11,91 do 14,19 mg 100g⁻¹św.m. Ząbki tej odmiany potraktowane testowanymi preparatami nie wykazały istotnego wpływu na wartości węglowodanów w porównaniu do cebul kontrolnych. W przypadku odmiany Harnaś rośliny potraktowane preparatami Alginure®, Polyversum WP oraz RhizoVital 42® charakteryzowały się istotnie niższą wartością węglowodanów niż w kontroli. Rośliny, na których zastosowano pozostałe preparaty odznaczały się brakiem istotnych różnic w zawartości cukrów rozpuszczalnych w porównaniu do kontroli. W cebulach czosnku odmiany Jarus w kombinacjach, gdzie testowano Topsin M 500 SC oraz Biosept Active uzyskano istotnie wyższe wartości cukrów, wynoszące odpowiednio 22,72 mg 100g⁻¹św.m i 24,20 mg 100g⁻¹św.m, niż w kontroli. Pozostałe zastosowane w doświadczeniu preparaty nie wykazały znaczącego wpływu na badany parametr w porównaniu do cebul kontrolnych.

Tab. 32. Zawartość cukrów rozpuszczalnych w czosnku pospolitym oznaczona w 2018 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	17,96 e-h ^x	14,19 a-d	19,68 e-i	20,18 f-i	18,00 e-h
Polyversum WP	17,16 d-g	11,91 a	20,46 f-i	18,41 e-h	16,99 c-g
Topsin M 500 SC	17,85 e-h	12,90 ab	29,05 l	22,72 ij	20,63 g-j
Rizocore®	18,68 e-h	13,43 a-d	27,96 l	19,70 e-i	19,94 e-i
Biosept Active	17,89 e-h	13,43 abc	29,87 l	24,20 jk	21,35 hij
RhizoVital 42®	16,67 c-f	13,41 a-d	21,63 hij	15,89 b-e	16,90 c-g
Wetcit™	20,77 g-j	13,89 a-d	26,71 kl	20,36 f-i	20,43 f-i
Kontrola	19,41 e-i	12,72 ab	28,72 l	16,94 c-g	19,45 e-i
Średnie wartości	18,30 e-h	13,24 a-d	25,51 j	19,80 e-i	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Najniższą zawartość cukrów rozpuszczalnych uzyskano w ząbkach odmiany Garpek u roślin potraktowanych Wetcit™ - 8,99 mg 100g⁻¹św.m, najwyższą zaś w odmianie Arkus, w kombinacji gdzie testowano Polyversum WP - 34,19 mg 100g⁻¹św.m (tab. 33). W cebulach odmiany Arkus stwierdzono istotnie najwyższe wartości węglowodanów w kombinacjach z Polyversum WP - 34,19 mg 100g⁻¹św.m, Alginure® - 33,19 19 mg 100g⁻¹św.m, Rizocore® - 32,29 mg 100g⁻¹św.m oraz Topsin M 500 SC - 31,69 mg 100g⁻¹św.m. Cebule czosnku, na których testowano pozostałe preparaty nie odznaczały się istotnie różną zawartością cukrów w porównaniu do kontroli. Odmiana Garpek charakteryzowała się istotnie niższą zawartością węglowodanów we wszystkich roślinach, które potraktowano testowanymi preparatami w porównaniu do kontroli. Wartości cukrów w tych obiektach wahały się od 8,99 do 14,51 mg 100g⁻¹św.m. W przypadku odmiany Harnaś uzyskane zawartości cukrów były istotnie wyższe w ząbkach, w kombinacjach z wszystkimi testowanymi preparatami, w porównaniu do kontroli. Wartości te wahały się od 18,70 mg 100g⁻¹św.m - Rizocore® do 25,71 mg 100g⁻¹św.m

- RhizoVital 42®. Jedynie preparat Wetcit™ nie wykazał istotnego wpływu na zawartość węglowodanów w porównaniu do kontroli. Czosnek odmiany Jarus odznaczał się istotnie wyższą zawartością węglowodanów u roślin potraktowanych preparatem Biosept Active - 23,32 mg 100g⁻¹św.m w porównaniu do kontroli. Rośliny, na których zastosowano pozostałe preparaty nie odznaczały się istotną różnicą zawartości cukrów rozpuszczalnych w porównaniu z cebulami kontrolnymi.

Tab. 33. Zawartość cukrów rozpuszczalnych w czosnku pospolitym oznaczona w 2019 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	33,19 mn ^x	11,15 abc	22,98 g	20,18 ef	21,88 fg
Polyversum WP	34,27 n	12,79 cd	22,51 g	19,91 ef	22,37 g
Topsin M 500 SC	31,69 lm	13,87 d	23,43 g	19,75 ef	22,19 g
Rizocore®	32,29 lmn	11,48 bc	18,70 e	20,04 ef	20,63 ef
Biosept Active	30,50 kl	10,00 ab	23,66 gh	23,32 g	21,87 fg
RhizoVital 42®	27,67 ij	14,51 d	25,71 hi	20,15 ef	22,01 fg
Wetcit™	27,78 ij	8,99 a	11,25 abc	21,92 fg	17,49 de
Kontrola	28,54 jk	18,45 e	9,57 ab	19,89 ef	19,11 ef
Średnie wartości	30,74 kl	12,66 cd	19,73 ef	20,65 ef	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

4.2.7.3. Oznaczanie kwasu L-askorbinowego

Zawartość kwasu L-askorbinowego w główkach czosnku pospolitego uzyskana w 2017 roku wahała się od 18,64 mg 100g⁻¹św.m - odmiana Jarus (Polyversum WP) do 25,39 mg 100g⁻¹św.m - odmiana Harnaś (Rizocore®) (tab. 34). Zawartość witaminy C w cebulach czosnku odmiany Arkus potraktowanymi preparatami Biosept Active, Polyversum WP, Topsin M 500 SC oraz RhizoVital 42® odznaczała się istotnie niższymi wartościami w porównaniu do kontroli. Wartości te wahały się od 19,91 mg 100g⁻¹św.m - Biosept Active do 21,89 mg 100g⁻¹św.m - RhizoVital 42®. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnych różnic w zawartości kwasu L-askorbinowego w stosunku do kontroli. W główkach czosnku odmiany Garpek nie stwierdzono różnicy w zawartości witaminy C pomiędzy roślinami potraktowanymi testowanymi preparatami a kontrolą. Wartość kwasu L-askorbinowego wahała się od 19,30 mg 100g⁻¹św.m - Polyversum WP do 22,98 mg 100g⁻¹św.m - RhizoVital 42®. W przypadku odmiany Harnaś istotnie najwyższą zawartość witaminy C uzyskano w ząbkach, na których zastosowano preparat Rizocore® - 25,39 mg 100g⁻¹św.m. Pozostałe testowane preparaty nie wpływały istotnie na wartość kwasu L-askorbinowego w porównaniu do kontroli. W czosnku odmiany Jarus nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy zawartością witaminy C w ząbkach potraktowanych zastosowanymi preparatami a kontrolą.

Tab. 34. Zawartość kwasu L-askorbinowego w czosnku pospolitym oznaczona w 2017 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	23,99 ijk ^x	23,85 h-k	20,73 a-g	18,97 abc	21,89 d-i
Polyversum WP	20,96 a-g	19,30 a-d	20,38 a-f	18,64 a	19,82 a-e
Topsin M 500 SC	21,43 c-i	21,68 d-i	19,80 a-e	19,73 a-e	20,66 a-f
Rizocore®	22,36 e-j	20,38 a-f	25,39 k	18,75 ab	21,72 d-i
Biosept Active	19,91 a-e	20,05 a-e	21,89 d-i	20,16 a-e	20,50 a-f
RhizoVital 42®	21,89 d-i	22,98 f-k	21,19 a-g	21,36 b-h	21,86 d-i
Wetcit™	23,29 g-k	21,79 d-i	19,56 a-d	20,38 a-f	21,26 a-h
Kontrola	24,69 jk	21,57 c-i	20,61 a-f	20,05 a-e	21,73 d-i
Średnie wartości	22,32 e-j	21,45 c-i	21,19 a-g	19,76 a-e	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Wartości kwasu L-askorbinowego w główkach czosnku pospolitego uzyskane w 2018 roku wahały się od 16,84 mg 100g⁻¹św.m do 33,61 mg 100g⁻¹św.m (tab. 35). W przypadku ząbków odmiany Arkus, na których zastosowano preparaty Biosept Active oraz Wetcit™ zaobserwowano ich istotnie korzystny wpływ na zawartość witaminy C w porównaniu do kontroli. Pozostałe substancje aktywne nie wpływały znacząco na wartość kwasu L-askorbinowego w ząbkach w porównaniu do cebul kontrolnych. Cebule czosnku odmiany Garpek, na których zastosowano RhizoVital 42® odznaczały się istotnie niższą zawartością witaminy C niż w kontroli. Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości kwasu L-askorbinowego w ząbkach potraktowanych preparatami: Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz Wetcit™ w porównaniu do kontroli. W przypadku odmiany Harnaś istotnie niższą wartością witaminy C charakteryzowały się cebule, na których zastosowano preparaty: Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC oraz Rizocore® w porównaniu do kontroli. Wartości te wahały się od 16,84 mg 100g⁻¹św.m - Polyversum WP do 19,65 mg 100g⁻¹św.m - Topsin M 500 SC. Pozostałe preparaty nie wpływały istotnie na zawartość kwasu L-askorbinowego w porównaniu do cebul kontrolnych. Zaobserwowano istotnie, negatywny wpływ działania Biosept Active i Polyversum WP na poziom witaminy C w główkach czosnku odmiany Jarus. Wartości te wynosiły odpowiednio 19,91 mg 100g⁻¹św.m i 20,96 mg 100g⁻¹św.m. Nie stwierdzono istotnych różnic zawartości kwasu L-askorbinowego pomiędzy ząbkami potraktowanymi pozostałymi testowanymi preparatami a kontrolą.

Tab. 35. Zawartość kwasu L-askorbinowego w czosnku pospolitym oznaczona w 2018 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	21,67 f-k ^x	23,18 jk	18,71 bc	23,52 k	21,77 f-k
Polyversum WP	23,14 jk	20,68 d-h	16,84 a	20,96 d-i	20,41 c-h
Topsin M 500 SC	22,16 g-k	21,99 g-k	19,65 b-e	21,43 e-j	21,31 e-j
Rizocore®	23,62 k	20,35 c-h	18,01 ab	22,36 h-k	21,09 e-i
Biosept Active	27,28 l	20,24 c-g	21,99 g-k	19,91 c-f	22,36 h-k
RhizoVital 42®	22,89 ijk	19,05 bcd	21,05 e-i	21,89 f-k	21,22 e-j

Wetcit™	33,61 m	20,46 c-h	23,16 jk	23,29 jk	25,13 k
Kontrola	23,14 jk	21,44 e-j	21,99 g-k	23,06 jk	22,41 h-k
Średnie wartości	24,69 k	20,92 d-i	20,18 c-g	22,05 g-k	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Zawartość kwasu L-askorbinowego w główkach czosnku pospolitego uzyskanego w 2019 roku wahała się od 15,83 mg 100g⁻¹św.m do 23,06 mg 100g⁻¹św.m (tab. 36). Czosnek pospolity odmiany Arkus charakteryzował się istotnie obniżoną zawartością witaminy C w ząbkach potraktowanych preparatami: Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42® w porównaniu do kontroli. Wartości te mieściły się w przedziale od 18,74 mg 100g⁻¹św.m do 21,14 mg 100g⁻¹św.m. W cebulach, na których zastosowano preparat Wetcit™ nie zaobserwowano istotnej różnicy w zawartości kwasu L-askorbinowego w porównaniu do cebul kontrolnych. W przypadku czosnku odmiany Garpek stwierdzono istotnie niekorzystny wpływ preparatów Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42® na zawartość witaminy C w ząbkach w porównaniu do kontroli. Nie stwierdzono istotnej różnicy w wartości kwasu L-askorbinowego oznaczonej w cebulach potraktowanych Wetcit™ a kontrolą. Cebule czosnku odmiany Harnaś potraktowane wszystkimi testowanymi preparatami charakteryzowały się istotnie obniżoną zawartością witaminy C w porównaniu do cebul kontrolnych. Wartości mieściły się w przedziale od 17,31 mg 100g⁻¹św.m do 19,18 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano istotnie, negatywny wpływ działania Alginure®, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Rizocore® na poziom witaminy C w główkach czosnku odmiany Jarus. Wartości te wynosiły odpowiednio 15,83 mg 100g⁻¹św.m, 16,91 mg 100g⁻¹św.m, 17,67 mg 100g⁻¹św.m i 17,89 mg 100g⁻¹św.m. Nie stwierdzono istotnych różnic zawartości kwasu L-askorbinowego pomiędzy ząbkami potraktowanymi pozostałymi testowanymi preparatami a kontrolą.

Tab. 36. Zawartość kwasu L-askorbinowego w czosnku pospolitym oznaczona w 2019 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	18,74 d-i ^x	16,10 ab	17,31 a-f	15,83 a	17,00 a-e
Polyversum WP	20,66 i-m	16,58 abc	18,48 c-h	20,05 h-l	18,94 e-j
Topsin M 500 SC	20,18 h-l	17,06 a-e	19,18 f-l	19,08 f-j	18,88 e-j
Rizocore®	21,14 klm	18,89 e-j	18,71 d-i	17,89 b-f	19,16 f-l
Biosept Active	19,94 g-l	16,10 ab	18,01 b-g	16,91 a-d	17,74 b-f
RhizoVital 42®	18,74 d-i	18,02 b-g	18,48 c-h	17,67 a-f	18,23 b-g
Wetcit™	21,86 kmn	20,90 j-m	19,18 f-j	20,49 i-l	20,61 i-m
Kontrola	23,06 n	21,14 km	22,46 mn	20,05 h-l	21,68 lmn
Średnie wartości	20,54 i-l	18,10 b-g	18,98 e-j	18,50 c-h	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

4.2.7.4. Oznaczanie składu mineralnego

Tabela 37 pokazuje średnią zawartość wapnia w główkach czosnku pospolitego uzyskaną w 2017 roku, która mieściła się w przedziale od 1,39 do 20,41 mg 100g⁻¹św.m. W przypadku

cebul odmiany Arkus zaobserwowano istotnie korzystny wpływ Wetcit™ i Polyversum WP na zawartość wapnia w porównaniu do kontroli. Wartości te wynosiły odpowiednio 3,36 mg 100g⁻¹św.m oraz 4,27 mg 100g⁻¹św.m. Pozostałe zastosowane do doświadczenia preparaty nie wpływały istotnie na ten parametr. Cebule czosnku odmiany Garpek potraktowanych testowanymi preparatami nie odznaczały się istotnym wpływem na zawartość wapnia w ząbkach tej odmiany a kontrolą. Ząbki odmiany Harnaś, na których zastosowano RhizoVital 42® i Alginure® charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością wapnia niż w kontroli. Preparaty Polyversum WP, Wetcit™, Rizocore® oraz Topsin M 500 SC istotnie obniżały wartość wapnia w główkach czosnku w porównaniu do cebul kontrolnych. Parametr ten mieścił się w przedziale od 11,82 do 12,40 mg 100g⁻¹św.m. Stwierdzono, że Biosept Active nie wpływał istotnie na zawartość wapnia w ząbkach tej odmiany w porównaniu do kontroli. Zaobserwowano, że preparat RhizoVital 42® istotnie zwiększał zawartość wapnia w główkach czosnku odmiany Jarus w porównaniu do kontroli. Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz Wetcit™ nie wykazały istotnego wpływu na wartość wapnia w cebulach.

Tab. 37. Średnia zawartość wapnia w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	1,47 ab ^x	1,90 a-d	20,41 m	2,37 a-g	6,54 i
Polyversum WP	4,27 i	1,49 ab	11,82 j	3,10 e-h	5,17 i
Topsin M 500 SC	2,14 a-f	1,39 ab	12,40 jk	2,39 a-g	4,58 i
Rizocore®	1,75 abc	1,55 ab	12,11 jk	3,24 f-i	4,66 i
Biosept Active	2,42 a-g	2,46 a-g	13,00 kl	2,96 d-h	5,21 i
RhizoVital 42®	2,84 c-h	2,42 a-g	19,98 m	3,88 hi	7,28 ij
Wetcit™	3,36 ghi	1,39 a	11,87 j	2,58 b-g	4,80 i
Kontrola	2,05 a-e	2,31 a-g	13,57 l	2,57 a-g	5,13 i
Średnie wartości	2,54 a-g	1,86 a-d	14,40 l	2,89 c-h	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Średnia zawartość wapnia w główkach czosnku uzyskana w 2018 roku wahała się od 1,32 do 20,52 mg 100g⁻¹św.m (tab.38). Zaobserwowano, że cebule czosnku odmiany Arkus, na których zastosowano Alginure®, Polyversum WP i Wetcit™ charakteryzowały się istotnie niższymi wartościami wapnia w porównaniu do kontroli. Zawartość wapnia uzyskana w cebulach potraktowanych preparatami Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42® nie różniła się istotnie od kontroli. W przypadku cebul odmiany Garpek nie zauważono istotnego wpływu testowanych preparatów na wartości wapnia w porównaniu do kontroli. Parametr ten mieścił się w przedziale od 1,32 do 2,17 mg 100g⁻¹św.m. Cebule czosnku odmiany Harnaś potraktowane Alginure®, Polyversum WP i Topsin M 500 SC odznaczały się istotnie wyższymi wartościami wapnia niż w cebulach kontrolnych. Pozostałe zastosowane w doświadczeniu preparaty nie wykazały istotnego wpływu na zawartość wapnia w porównaniu do kontroli. Cebule czosnku odmiany Jarus, na których zastosowano Topsin M 500 SC i Rizocore® uzyskały istotnie wyższe wartości wapnia w porównaniu do kontroli. Pozostałe

testowane preparaty nie charakteryzowały się istotnym wpływem na zawartości wapnia w główkach czosnku.

Tab. 38. Średnia zawartość wapnia w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [$\text{mg } 100\text{g}^{-1}\text{św.m}$]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	1,35 a ^x	2,17 a-d	20,52 k	2,37 a-e	6,60 gh
Polyversum WP	2,42 a-e	1,81 abc	13,5 j	3,27 def	5,25 g
Topsin M 500 SC	3,47 efg	1,72 ab	13,13 ij	4,04 fg	5,59 g
Rizocore®	4,07 fg	1,32 a	12,31 hi	4,27 fg	5,49 g
Biosept Active	3,44 efg	1,35 a	11,82 h	2,89 cde	4,88 g
RhizoVital 42®	3,37 efg	1,33 a	12,39 hi	2,74 b-e	4,96 g
Wetcit™	1,35 a	1,39 a	12,14 hi	2,76 b-e	4,41 g
Kontrola	4,47 g	1,36 a	11,62 h	2,42 a-e	4,97 g
Średnie wartości	2,99 cde	1,56 ab	13,43 j	3,10 def	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

W tabeli 39 przedstawiono średnią zawartość wapnia w główkach czosnku pospolitego uzyskaną w 2019 roku, która mieściła się w przedziale od 0,34 do 20,98 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}\text{św.m}$. Cebule czosnku odmiany Arkus potraktowane Alginure® charakteryzowały się istotnie wyższym poziomem wapnia w stosunku do kontroli. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnych różnic w zawartościach wapnia w główkach czosnku w porównaniu do kontroli. W przypadku cebul odmiany Garpek, na których zastosowano Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC oraz Rizocore® zaobserwowano istotnie wyższe wartości wapnia niż w cebulach kontrolnych. Preparaty Biosept Active, RhizoVital 42® i Wetcit™ nie wykazały znaczącego oddziaływania na poziom wapnia w analizowanych ząbkach czosnku. Cebule czosnku odmiany Harnaś potraktowane Alginure®, Biosept Active oraz Polyversum WP odznaczały się istotnie wyższymi zawartościami wapnia w porównaniu do kontroli. Wartości te wynosiły odpowiednio 17,97 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}\text{św.m}$, 20,52 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}\text{św.m}$ i 20,98 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}\text{św.m}$. Pozostałe zastosowane w doświadczeniu preparaty nie wpływały istotnie na wartości wapnia w główkach czosnku w stosunku do kontroli. Zaobserwowano istotnie niższe zawartości wapnia w ząbkach czosnku odmiany Jarus, na których zastosowano Rizocore® i Biosept Active w porównaniu do ząbków kontrolnych. Pozostałe testowane preparaty nie odznaczały się istotnymi różnicami pomiędzy wartościami otrzymanymi w cebulach, na których je zastosowano a kontrolą.

Tab. 39. Średnia zawartość wapnia w czosnku pospolitym otrzymane w 2019 roku [$\text{mg } 100\text{g}^{-1}\text{św.m}$]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	2,48 cde ^x	5,77 i	17,97 l	2,72 c-f	7,24 ij
Polyversum WP	0,34 a	5,46 hi	20,98 m	2,91 c-f	7,42ij
Topsin M 500 SC	0,38 ab	4,69 ghi	11,70 j	2,57 c-f	4,84 ghi
Rizocore®	0,34 ab	3,11 def	11,69 j	2,40 cde	4,39 f-i
Biosept Active	0,34 a	1,94 bcd	20,52 m	2,39 cde	6,30 i

RhizoVital 42®	0,82 ab	1,56 ad	13,50 k	2,92 c-f	4,70 ghi
Wetcit™	1,35 abc	1,54 a-d	13,13 jk	3,62 ef	4,91 ghi
Kontrola	0,44 ab	0,82 ab	12,31 jk	4,09 fgh	4,42 f-i
Średnie wartości	0,81 ab	3,11 def	15,23 kl	2,95 c-f	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Średnia zawartość sodu w główkach czosnku pospolitego uzyskana w 2017 roku wahała się od 0,13 do 1,52 mg 100g⁻¹św.m (tab. 40). Wartości sodu uzyskane w cebulach czosnku odmiany Arkus, na których zastosowano testowane preparaty nie wykazały istotnej różnicy w porównaniu do kontroli. Parametr ten mieścił się w przedziale od 0,13 do 0,30 mg 100g⁻¹św.m. W przypadku ząbków czosnku odmiany Garpek Polyversum WP istotnie zwiększał zawartość sodu w porównaniu do ząbków kontrolnych. Pozostałe testowane preparaty nie odznaczały się istotnym wpływem na ten parametr. Cebule czosnku odmiany Harnaś potraktowane Biosept Active, Rizocore®, Polyversum WP oraz RhizoVital 42® charakteryzowały się istotnie niższą zawartością sodu niż w kontroli. Wartości te wahały się od 0,93 do 1,12 mg 100g⁻¹św.m. Preparaty Alginure®, Topsin M 500 SC i Wetcit™ nie wykazały istotnego wpływu na wartość sodu w główkach czosnku w porównaniu do kontroli. Preparaty Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42® odznaczały się istotnie niekorzystnym wpływem na zawartość sodu w cebulach odmiany Jarus w porównaniu do cebul kontrolnych. Wartość ta mieściła się w przedziale od 0,23 do 0,48 mg 100g⁻¹św.m. Preparat Wetcit™ nie wykazał istotnego wpływu na ten paramert w główkach czosnku tej odmiany.

Tab. 40. Średnia zawartość sodu w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	0,26 ab ^x	0,65 cde	1,16 ghi	0,29 abc	0,59 b-e
Polyversum WP	0,30 abc	0,78 def	1,12 fgh	0,23 ab	0,61 b-e
Topsin M 500 SC	0,25 ab	0,22 ab	1,17 ghi	0,25 ab	0,47 a-d
Rizocore®	0,13 a	0,22 ab	1,02 fgh	0,25 ab	0,41 a-d
Biosept Active	0,18 a	0,22 ab	0,93 efg	0,35 abc	0,42 a-d
RhizoVital 42®	0,23 ab	0,61 b-e	1,12 fgh	0,48 a-d	0,61 b-e
Wetcit™	0,23 ab	0,25 ab	1,33 hi	1,20 ghi	0,75 def
Kontrola	0,16 a	0,30 abc	1,52 i	1,32 hi	0,83 d-g
Średnie wartości	0,22 ab	0,41 a-d	1,17 ghi	0,55 a-e	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Tabela 41 przedstawia średnią zawartość sodu w główkach czosnku pospolitego uzyskaną w 2018 roku, która mieściła się w przedziale od 0,14 do 5,64 mg 100g⁻¹św.m. Nie zaobserwowano istotnego wpływu testowanych preparatów na wartości sodu w cebulach czosnku odmian Arkus, Garpek oraz Jarus w porównaniu do kontroli. W przypadku czosnku odmiany Harnaś istotnie najwyższą zawartość sodu stwierdzono w cebulach, na których zastosowano RhizoVital 42® - 5,64 mg 100g⁻¹św.m. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnego wpływu na poziom sodu w główkach czosnku w porównaniu do kontroli.

Tab. 41. Średnia zawartość sodu w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	0,14 a ^x	0,21 a	1,10 a	0,23 a	0,42 a
Polyversum WP	0,40 a	0,19 a	0,87 a	0,24 a	0,43 a
Topsin M 500 SC	0,18 a	0,18 a	1,24 a	0,25 a	0,46 a
Rizocore®	0,19 a	0,24 a	1,39 a	0,30 a	0,53 a
Biosept Active	0,14 a	0,22 a	2,14 a	0,60 a	0,78 a
RhizoVital 42®	0,26 a	0,17 a	5,64b	1,11 a	1,80 a
Wetcit™	0,23 a	0,21 a	0,99 a	0,29 a	0,43 a
Kontrola	0,17 a	0,18 a	0,83 a	1,33 a	0,63 a
Średnie wartości	0,21 a	0,20 a	1,78 a	0,54 a	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Średnia zawartość sodu w główkach czosnku pospolitego uzyskana w 2019 roku wahała się od 0,13 do 2,72 mg 100g⁻¹św.m (tab. 42). W przypadku cebul czosnku odmiany Arkus nie zaobserwowano istotnych różnic w poziomie sodu pomiędzy cebulami, na których zastosowano testowane preparaty a kontrolą. Preparaty Alginure®, Biosept Active, Topsin M 500 SC oraz Rizocore® charakteryzowały się istotnie korzystnym wpływem na zawartość sodu w cebulach odmiany Garpek w stosunku do cebul kontrolnych. Wartości te wynosiły odpowiednio 1,38 mg 100g⁻¹św.m, 1,92 mg 100g⁻¹św.m, 2,57 mg 100g⁻¹św.m oraz 2,72 mg 100g⁻¹św.m. Pozostałe zastosowane w doświadczeniu preparaty nie wykazały istotnego wpływu na badany parametr w porównaniu do kontroli. Wszystkie testowane preparaty nie oddziaływały znacząco na poziom sodu w cebulach czosnku odmiany Harnaś. Parametr ten mieścił się w przedziale od 0,87 do 1,39 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano, że cebule odmiany Jarus, które potraktowano preparatami Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42® odznaczały się istotnie obniżonymi wartościami sodu w porównaniu do kontroli. Natomiast Wetcit™ nie wpływał istotnie na poziom sodu w ząbkach czosnku w stosunku do kontroli.

Tab. 42. Średnia zawartość sodu w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	0,19 ab ^x	1,38 f	1,01 c-f	0,28 ab	0,72 b-e
Polyversum WP	0,15 ab	1,05 c-f	0,89 c-f	0,23 ab	0,58 abc
Topsin M 500 SC	0,15 ab	2,57 h	1,13 def	0,23 ab	1,02 c-f
Rizocore®	0,22 ab	2,72 h	0,87 c-f	0,25 ab	1,02 c-f
Biosept Active	0,25 ab	1,92 g	1,10 c-f	0,23 ab	0,88 c-f
RhizoVital 42®	0,13 a	0,65 a-d	0,87 c-f	0,60 abc	0,56 abc
Wetcit™	0,21 ab	0,84 cde	1,24 ef	1,07 c-f	0,84 cde
Kontrola	0,18 ab	0,67 bcd	1,39 f	1,35 ef	0,90 c-f
Średnie wartości	0,19 ab	1,48 f	1,06 c-f	0,53 abc	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Tabela 43 przedstawia średnią zawartość cynku w główkach czosnku pospolitego uzyskaną w 2017 roku, która wahała się od 13,70 do 17,40 mg 100g⁻¹św.m. Cebule czosnku odmiany Arkus, na których zastosowano Biosept Active i RhizoVital 42® charakteryzowały się istotnie niższą zawartością cynku niż w kontroli. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnego wpływu na wartość cynku w główkach czosnku w porównaniu do kontroli. W przypadku cebul odmiany Garpek nie uzyskano istotnej różnicy w zawartości cynku pomiędzy ząbkami czosnku potraktowanymi testowanymi preparatami a kontrolą. Polyversum WP wpływał korzystnie na wartość cynku w główkach czosnku odmiany Harnaś w porównaniu do cebul kontrolnych. Pozostałe zastosowane w doświadczeniu preparaty nie wykazały istotnego wpływu na zawartość cynku w cebulach. W przypadku czosnku odmiany Jarus nie uzyskano istotnej różnicy w wartościach cynku pomiędzy cebulami, na których zastosowano testowane preparaty a kontrolą.

Tab. 43. Średnia zawartość cynku w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	16,24 c-i ^x	15,57 b-f	17,21 hi	16,09 c-i	16,28 c-i
Polyversum WP	16,13 c-i	16,51 e-i	17,40 i	16,90 f-i	16,74 e-i
Topsin M 500 SC	17,01 f-i	17,10 ghi	15,83 b-h	16,31 d-i	16,56 e-i
Rizocore®	15,11 b-e	17,24 hi	14,86 a-d	15,18 b-e	15,60 b-f
Biosept Active	13,70 a	17,35 i	15,71 b-g	16,08 c-i	15,71 b-g
RhizoVital 42®	14,41 ab	17,12 ghi	16,06 c-i	16,93 f-i	16,13 c-i
Wetcit™	15,10 b-e	17,02 f-i	14,81 abc	16,18 c-i	15,78 b-h
Kontrola	15,55 b-f	16,42 e-i	15,79 b-h	15,94 c-i	15,93 c-i
Średnie wartości	15,41 b-f	16,79 f-i	15,96 c-i	16,20 c-i	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Średnia zawartość cynku w główkach czosnku uzyskana w 2018 roku wahała się od 13,57 do 22,62 mg 100g⁻¹św.m (tab. 44). Zaobserwowano, że wartości cynku w cebulach czosnku odmiany Arkus, które potraktowano Alginure® i Polyversum WP charakteryzowały się istotnie najwyższym poziomem. Pozostałe preparaty zastosowane w doświadczeniu nie wykazały istotnego wpływu na zawartość cynku w cebulach tej odmiany w porównaniu do cebul kontrolnych. W przypadku ząbków czosnku odmiany Garpek nie stwierdzono istotnego wpływu testowanych preparatów na poziom cynku w cebulach w porównaniu do kontroli. Wartość ta wahała się od 17,30 do 18,27 mg 100g⁻¹św.m. Cebule czosnku odmiany Harnaś, na których zastosowano Alginure® i Polyversum WP odznaczały się istotnie wyższymi zawartościami cynku niż w kontroli. Preparaty Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ nie wpływały istotnie na wartości cynku w główkach czosnku w porównaniu do kontroli. Rozważając wpływ zastosowanych w doświadczeniu preparatów na poziom cynku w cebulach czosnku odmiany Jarus można stwierdzić, że nie oddziaływały one istotnie na ten parametr w porównaniu do kontroli. Wartości te mieściły się w przedziale od 15,07 do 17,01 mg 100g⁻¹św.m.

Tab. 44. Średnia zawartość cynku w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	21,80 k ^x	18,27 j	17,19 g-j	16,72 e-j	18,50 j
Polyversum WP	22,62 k	18,10 ij	17,27 g-j	16,16 d-i	18,54 j
Topsin M 500 SC	13,97 ab	17,36 hij	15,06 a-f	17,01 f-j	15,85 b-h
Rizocore®	14,72 a-d	17,56 hij	14,80 a-e	16,45 d-j	15,88 b-h
Biosept Active	14,71 a-d	17,62 hij	15,78 b-h	16,14 d-i	16,06 c-i
RhizoVital 42®	13,57 a	17,26 g-j	15,37 a-g	15,07 a-f	15,32 a-g
Wetcit™	14,08 abc	17,41 hij	15,68 b-h	16,24 d-i	15,85 b-h
Kontrola	15,04 a-f	17,30 g-j	14,68 a-d	15,95 c-h	15,74 b-h
Średnie wartości	16,31 d-i	17,61 hij	15,73 b-h	16,22 d-i	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Tabela 45 przedstawia średnią zawartość cynku w główkach czosnku pospolitego uzyskaną w 2019 roku, która mieściła się w przedziale od 14,17 do 17,27 mg 100g⁻¹św.m. Cebule czosnku odmiany Arkus potraktowane Wetcit™, Polyversum WP i Topsin M 500 SC charakteryzowały się istotnie niższymi zawartościami cynku w porównaniu do kontroli. Wartości te wynosiły odpowiednio 14,17 mg 100g⁻¹św.m, 14,90 mg 100g⁻¹św.m oraz 15,10 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano, że cebule, na których zastosowano RhizoVital 42® odznaczały się istotnie wyższym poziomem cynku niż kontrola. Pozostałe preparaty nie wykazały istotnego wpływu na wartości cynku w główkach czosnku. W przypadku cebul czosnku odmiany Garpek potraktowanych Wetcit™ zauważono istotnie wyższy poziom cynku niż w cebulach kontrolnych. Preparaty Alginure®, Polyversum WP, Rizocore® oraz Biosept Active wykazały istotnie negatywne oddziaływanie na zawartości cynku w stosunku do kontroli. Pozostałe testowane preparaty nie odznaczały się znaczącym wpływem na wartości cynku w główkach czosnku. Analizy ząbków czosnku odmiany Harnaś, na których zastosowano Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42® wykazały istotnie wyższe zawartości cynku w porównaniu do ząbków kontrolnych. Parametr ten mieścił się w przedziale od 15,71 do 17,27 mg 100g⁻¹św.m. Preparat Wetcit™ nie oddziaływał istotnie na poziom cynku w cebulach czosnku. Zaobserwowano istotnie wyższe wartości cynku w ząbkach czosnku odmiany Jarus potraktowane Polyversum WP i RhizoVital 42® w stosunku do kontroli. Cebule, na których zastosowano Rizocore® odznaczały się istotnie niższym poziomem cynku niż w cebulach kontrolnych. Pozostałe wykorzystane w doświadczeniu preparaty nie wykazały istotnej różnicy pomiędzy zawartościami cynku w główkach czosnku, na których je zastosowano a kontrolą.

Tab. 45. Średnia zawartość cynku w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	15,53 c-f ^x	15,57 d-g	15,71 e-h	16,18 f-j	15,75 e-h
Polyversum WP	14,90 bc	15,00 bcd	16,07 f-j	17,01 klm	15,75 e-h
Topsin M 500 SC	15,10 b-e	15,91 f-i	15,82 f-i	16,44 i-l	15,82 f-i
Rizocore®	16,28 hij	15,15 b-e	15,86 f-i	15,06 b-e	15,59 d-g

Biosept Active	16,16 f-j	15,56 c-g	17,19 m	16,14 f-j	16,26 hij
RhizoVital 42®	16,72 j-m	16,64 j-m	17,27 m	17,06 lm	16,92 klm
Wetcit™	14,17 a	17,08 lm	15,06 b-e	16,23 gj	15,64 d-h
Kontrola	15,86 f-i	16,37 h-k	14,80 b	16,08 f-j	15,78 e-h
Średnie wartości	15,59 d-g	15,91 f-i	15,97 f-i	16,28 hij	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Średnia zawartość magnezu w główkach czosnku pospolitego uzyskana w 2017 roku mieściła się w przedziale od 1,28 do 8,05 mg 100g⁻¹św.m (tab. 46). Cebule czosnku odmiany Arkus potraktowane Rizocore® odznaczały się istotnie niższą zawartością magnezu niż w cebulach kontrolnych. Preparaty: Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ nie wykazały istotnych różnic pomiędzy cebulami, na których je zastosowano a kontrolą. W przypadku czosnku odmiany Garpek nie uzyskano istotnej różnicy w wartościach magnezu pomiędzy cebulami, które potraktowano zastosowanymi w doświadczeniu preparatami a kontrolą. Pomiary te wahały się od 1,97 do 2,89 mg 100g⁻¹św.m. Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Biosept Active oraz Wetcit™ charakteryzowały się istotnie korzystnym wpływem na zawartość magnezu w ząbkach czosnku odmiany Harnaś w porównaniu do kontroli. Zauważono, że preparaty Rizocore® i RhizoVital 42® nie odznaczały się istotnym oddziaływaniem na wartość magnezu w główkach czosnku. Zaobserwowano brak istotnego wpływu testowanych preparatów na zawartość magnezu w cebulach czosnku odmiany Jarus w porównaniu do cebul kontrolnych. Parametr ten mieścił się w przedziale od 2,43 do 2,85 mg 100g⁻¹św.m.

Tab. 46. Średnia zawartość magnezu w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	2,11 b-e ^x	2,89 f	7,85 h	2,67 def	3,88 fg
Polyversum WP	1,96 a-d	2,67 def	8,05 h	2,76 ef	3,86 fg
Topsin M 500 SC	2,52 b-f	2,88 f	7,63 h	2,53 b-f	3,89 fg
Rizocore®	1,28 a	2,55 c-f	7,45 gh	2,50 b-f	3,45 fg
Biosept Active	1,87 abc	1,97 a-d	7,74 h	2,43 b-f	3,50 fg
RhizoVital 42®	1,79 ab	2,50 b-f	6,81 g	2,50 b-f	3,40 fg
Wetcit™	1,95 bcd	2,46 b-f	7,74 h	2,67 def	3,71 fg
Kontrola	2,04 b-e	2,46 b-f	6,87 g	2,85 f	3,56 fg
Średnie wartości	1,94 bcd	2,55 c-f	7,52 gh	2,61 def	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

W tabeli 47 przedstawiono średnią zawartość magnezu w główkach czosnku, która mieściła się w przedziale od 1,39 do 9,00 mg 100g⁻¹św.m. Stwierdzono, że cebule czosnku odmiany Arkus potraktowane Alginure® odznaczały się istotnie wyższą wartością magnezu niż w kontroli. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnego wpływu na poziom magnezu w cebulach czosnku w stosunku do kontroli. Cebule czosnku odmiany Garpek potraktowane wszystkimi zastosowanymi w doświadczeniu preparatami nie wykazały znaczącego wpływu na zawartość magnezu w porównaniu do cebul kontrolnych. Zaobserwowano, że ząbki czosnku

odmiany Harnaś, na których zastosowano Alginure® i Topsin M 500 SC charakteryzowały się istotnie obniżonymi wartościami magnezu w stosunku do kontroli. Najwyższy istotny poziom magnezu uzyskano w główkach czosnku potraktowanych Rizocore® - 9,00 mg 100g⁻¹św.m. Pozostałe testowane preparaty nie odznaczały się istotną różnicą pomiędzy zawartościami magnezu w cebulach a kontrolą. W przypadku cebul czosnku odmiany Jarus, na których zastosowano badane preparaty nie zauważono istotnego wpływu na wartości magnezu pomiędzy poszczególnymi kombinacjami a kontrolą. Parametr ten mieścił się w przedziale od 2,44 do 2,73 mg 100g⁻¹św.m.

Tab. 47. Średnia zawartość magnezu w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	3,12 ghi ^x	3,18 i	5,03 j	2,46 b-g	3,45 i
Polyversum WP	1,41 a	3,12 ghi	7,74 l	2,49 c-h	3,69 ij
Topsin M 500 SC	1,39 a	3,04 f-i	6,87 k	2,55 c-i	3,46 i
Rizocore®	1,48 a	3,12 ghi	9,00 m	2,71 e-i	4,08 ij
Biosept Active	1,91 abc	3,04 f-i	7,60 l	2,73 e-i	3,82 ij
RhizoVital 42®	1,99 a-d	3,19 i	7,45 l	2,49 c-h	3,78 ij
Wetcit™	2,12 b-e	3,15 hi	7,85 l	2,63 d-i	3,94 ij
Kontrola	1,83 ab	3,05 f-i	8,06 l	2,44 b-f	3,85 ij
Średnie wartości	1,91 abc	3,11 ghi	7,45 l	2,56 c-i	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Średnia zawartość magnezu w główkach czosnku uzyskana w 2019 roku, która wahała się od 1,81 do 9,00 mg 100g⁻¹św.m (tab. 48). Rozważając wpływ testowanych preparatów na zawartości magnezu w cebulach czosnku odmian Arkus i Garpek nie zauważono istotnej różnicy pomiędzy ząbkami, na których je zastosowano a ząbkami kontrolnymi. W przypadku cebul czosnku odmiany Harnaś wszystkie zastosowane w doświadczeniu preparaty istotnie obniżały wartości magnezu w porównaniu do kontroli. Analizy cebul czosnku odmiany Jarus wykazały brak istotnej różnicy pomiędzy zawartościami magnezu w główkami, na których zastosowano testowane preparaty a kontrolą. Parametr ten mieścił się w przedziale od 2,46 do 2,73 mg 100g⁻¹św.m.

Tab. 48. Średnia zawartość magnezu w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	2,16 abc ^x	2,56 abc	7,93 g	2,51 abc	3,79 cd
Polyversum WP	1,84 ab	2,66 bc	7,61 g	2,49 abc	3,65 cd
Topsin M 500 SC	1,81 a	2,56 abc	7,45 fg	2,46 abc	3,57 cd
Rizocore®	2,03 abc	2,51 abc	6,50 e	2,47 abc	3,38 cd
Biosept Active	2,10 abc	2,53 abc	5,03 d	2,58 abc	3,06 cd
RhizoVital 42®	2,07 abc	2,53 abc	7,74 g	2,55 abc	3,72 cd
Wetcit™	2,11 abc	2,54 abc	6,87 ef	2,67 bc	3,55 cd
Kontrola	1,91 abc	1,91 abc	9,00 h	2,73 c	3,89 cd

Średnie wartości	2,00 abc	2,48 abc	7,27 fg	2,56 abc	-
------------------	----------	----------	---------	----------	---

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

W tabeli 49 przedstawiono średnią zawartość manganu w główkach czosnku pospolitego uzyskaną w 2017 roku, która wahała się od 1,27 do 6,24 mg 100g⁻¹św.m. W przypadku cebul czosnku odmiany Arkus zauważono istotnie negatywny wpływ Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ na wartość manganu w porównaniu do kontroli. Zawartość manganu w cebulach potraktowanych preparatami Alginure® i Polyversum WP nie różniła się istotnie statystycznie niż w kontroli. Cebule czosnku odmiany Garpek, na których zastosowano Alginure®, Polyversum WP, Rizocore®, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ charakteryzowały się istotnie obniżoną wartością manganu w porównaniu do kontroli. Parametr ten mieścił się w przedziale od 1,67 do 3,40 mg 100g⁻¹św.m. Preparat Topsin M 500 SC nie wpływał istotnie na zawartość manganu w główkach czosnku. W przypadku cebul czosnku odmiany Harnaś potraktowanych Alginure®, Polyversum WP i Wetcit™ zaobserwowano istotnie niższe wartości manganu w porównaniu do cebul kontrolnych. Nie stwierdzono istotnego wpływu na zawartość manganu pomiędzy roślinami, na których zastosowano Topsin M 500 SC, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ a kontrolą. Preparat Biosept Active istotnie zwiększał zawartość manganu w porównaniu do kontroli. Wszystkie testowane w doświadczeniu preparaty istotnie obniżały wartości manganu w główkach czosnku odmiany Jarus w porównaniu do cebul kontrolnych. Parametr ten wahał się od 1,78 do 4,70 mg 100g⁻¹św.m.

Tab. 49. Średnia zawartość manganu w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	2,62 jkl ^x	2,19 e-j	1,60 a-d	2,32 g-k	2,18 e-j
Polyversum WP	2,55 i-l	3,09 mn	1,47 abc	1,39 ab	2,13 e-i
Topsin M 500 SC	2,15 e-i	3,75 op	1,80 b-e	2,29 f-k	2,50 i-l
Rizocore®	1,85 c-f	1,91 c-g	2,14 e-i	4,21 st	2,53 i-l
Biosept Active	1,27 a	3,40 no	2,68 klm	1,78 b-e	2,28 f-k
RhizoVital 42®	1,99 d-h	2,33 g-k	2,39 h-k	4,70 t	2,85 lm
Wetcit™	2,16 e-i	1,67 a-d	1,62 a-d	4,53 st	2,50 i-l
Kontrola	2,85 lm	4,11 pr	2,22 e-j	6,24 u	3,86 op
Średnie wartości	2,18 e-j	2,81 lm	1,99 d-h	3,43 no	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Średnia zawartość manganu w główkach czosnku uzyskana w 2018 roku wahała się od 1,27 do 4,89 mg 100g⁻¹św.m (tab. 50). Cebule czosnku odmiany Arkus potraktowane Alginure®, Polyversum WP, Rizocore® oraz Wetcit™ charakteryzowały się istotnie wyższymi zawartościami manganu w stosunku do kontroli. Pozostałe testowane preparaty nie oddziaływały istotnie na poziom manganu w cebulach czosnku w porównaniu do cebul kontrolnych. Alginure®, Polyversum WP, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ istotnie korzystnie wpływały na wartości manganu w główkach czosnku odmiany Garpek w porównaniu do kontroli. Rizocore® wpływał niekorzystnie na poziom manganu w cebulach czosnku

w stosunku do cebul kontrolnych. Zawartości manganu w ząbkach, na których zastosowano pozostałe testowane preparaty nie różniły się znacząco w porównaniu do kontroli. W przypadku ząbków czosnku odmiany Harnaś potraktowanych Alginure® zaobserwowano istotnie niższy poziom manganu niż w kontroli. Pozostałe zastosowane w doświadczeniu preparaty nie oddziaływały istotnie na zawartości manganu w główkach czosnku w porównaniu do obiektów kontrolnych. Parametr ten wahał się od 1,62 do 2,22 mg 100g⁻¹św.m. Stwierdzono istotnie obniżone wartości manganu w cebulach odmiany Jarus potraktowanych Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC oraz Biosept Active w stosunku do kontroli. Preparaty Rizocore®, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ nie wykazały istotnego wpływu na poziom manganu w porównaniu do cebul kontrolnych.

Tab. 50. Zawartość manganu w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	4,39 j-m ^x	4,06 ijk	1,54 ab	2,31 ef	3,08 gh
Polyversum WP	3,15 gh	4,04 ij	1,62 a-d	1,27 a	2,52 ef
Topsin M 500 SC	2,04 cde	3,63 hi	2,11 cde	2,17 e	2,49 e-h
Rizocore®	4,34 jkl	2,03 b-e	2,09 cde	4,16 jk	3,16 gh
Biosept Active	2,75 fg	3,29 h	2,22 e	1,59 abc	2,46 e-h
RhizoVital 42®	2,54 ef	4,19 jk	2,14 de	4,77 lm	3,41 h
Wetcit™	3,13 gh	4,89 m	2,05 b-e	4,89 m	3,74 hi
Kontrola	2,53 ef	3,24 h	2,07 cde	4,57 klm	3,10 gh
Średnie wartości	3,11 gh	3,67 hi	1,98 a-e	3,22 h	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

W tabeli 51 przedstawiono średnią zawartość manganu w główkach czosnku uzyskaną w 2019 roku, która mieściła się w przedziale od 0,40 do 6,82 mg 100g⁻¹św.m. Polyversum WP, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ istotnie korzystnie wpływały na wartości manganu w cebulach czosnku odmiany Arkus w porównaniu do kontroli. Pozostałe testowane preparaty nie wpływały znacząco na poziom manganu w główkach czosnku. Rozważając wpływ zastosowanych w doświadczeniu preparatów na poziom manganu w cebulach czosnku odmiany Garpek można stwierdzić, że wszystkie testowane preparaty istotnie obniżały jego zawartość w porównaniu do cebul kontrolnych. Parametr ten mieścił się w przedziale od 0,40 do 2,47 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano istotnie obniżoną wartość manganu w główkach czosnku odmiany Harnaś potraktowanych Topsin M 500 SC w stosunku do kontroli. Pozostałe preparaty nie wykazały istotnego wpływu na poziom manganu w analizowanych cebulach. Stwierdzono, że Biosept Active, Topsin M 500 SC, Polyversum WP oraz Alginure® istotnie zwiększały zawartości manganu w cebulach odmiany Jarus w stosunku do kontroli. Wartości te wynosiły odpowiednio 4,17 mg 100g⁻¹św.m, 4,67 mg 100g⁻¹św.m, 4,68 mg 100g⁻¹św.m i 6,82 mg 100g⁻¹św.m. Cebule tej odmiany potraktowane Wetcit™ i Rizocore® charakteryzowały się istotnie obniżonymi zawartościami manganu w porównaniu do cebul kontrolnych. Preparat RhizoVital 42® nie wpływał istotnie na poziom manganu w główkach czosnku.

Tab. 51. Średnia zawartość manganu w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	2,04 c-f ^x	2,47 efg	2,57 e-h	6,82 m	3,48 ij
Polyversum WP	4,34 kl	2,09 c-f	2,29 efg	4,68 l	3,35 ij
Topsin M 500 SC	2,75 gh	1,97 cde	1,34 b	4,67 l	2,68 fgh
Rizocore®	2,49 e-h	1,09 b	1,51 bc	1,61 bcd	1,68 bcd
Biosept Active	3,41 ij	0,40 a	1,54 bcd	4,17 kl	2,38 efg
RhizoVital 42®	4,19 kl	1,36 b	1,62 bcd	2,16 def	2,33 efg
Wetcit™	3,91 jk	2,07 c-f	2,11 c-f	1,19 b	2,32 efg
Kontrola	2,67 fgh	3,09 hi	2,09 c-f	2,31 efg	2,54 e-h
Średnie wartości	3,23 h-j	1,82 b-e	1,88 b-e	3,45 ij	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Średnia zawartość żelaza w główkach czosnku pospolitego uzyskana w 2017 roku mieściła się w przedziale od 8,68 do 26,54 mg 100g⁻¹św.m (tab. 52). Cebule czosnku odmiany Arkus potraktowane Alginure® i Rizocore® odznaczały się istotnie niższą wartością żelaza niż kontrola. Parametr ten wynosił odpowiedni 11,66 mg 100g⁻¹św.m i 11,78 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano, że pozostałe testowane preparaty nie wpływały istotnie na zawartość żelaza w cebulach w porównaniu z kontrolą. Zauważono, że ząbki czosnku odmiany Garpek potraktowane Alginure®, Polyversum WP, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42® uzyskały istotnie wyższe zawartości żelaza niż ząbki kontrolne. Natomiast preparaty Topsin M 500 SC i Wetcit™ wykazały brak istotnej różnicy pomiędzy cebulami tej odmiany, na których je zastosowano a kontrolą. W przypadku odmiany Harnaś cebule, które potraktowano Alginure® i Biosept Active odznaczały się istotnie niższymi wartościami żelaza w porównaniu do kontroli. Pozostałe zastosowane w doświadczeniu preparaty nie wpływały istotnie na zawartość żelaza w cebulach czosnku nimi potraktowanymi a kontrolą. Wartość żelaza w cebulach czosnku odmiany Jarus, na których zastosowano Wetcit™ była istotnie wyższa niż w cebulach kontrolnych i wynosiła 19,14 mg 100g⁻¹św.m. Ząbki czosnku potraktowane Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC i Rizocore® charakteryzowały się istotnie niższymi zawartościami żelaza w porównaniu do kontroli. Preparaty Biosept Active oraz RhizoVital 42® nie wykazały istotnego wpływu na wartości żelaza w główkach czosnku.

Tab. 52. Średnia zawartość żelaza w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	11,66 bcd ^x	26,54 n	9,36 a	13,85 e-i	15,35 hij
Polyversum WP	13,64 d-h	25,12 n	11,58 bcd	12,38 c-g	15,68 ij
Topsin M 500 SC	12,41 c-g	18,70 k	11,46 bc	12,09 b-f	13,67 d-h
Rizocore®	11,78 b-e	16,59 j	12,02 b-f	8,68 a	12,27 b-g
Biosept Active	12,50 c-g	21,00 l	10,12 ab	15,53 hij	14,79 ghi
RhizoVital 42®	13,92 f-i	22,79 m	11,76 b-e	15,85 ij	16,08 ij
Wetcit™	15,66 ij	17,43 jk	12,17 b-f	19,14 k	16,10 ij
Kontrola	14,43 ghi	18,80 k	12,68 c-g	16,77 j	15,67 ij

Średnie wartości	13,25 d-h	20,87 l	11,39 bc	14,29 ghi	-
------------------	-----------	---------	----------	-----------	---

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

W tabeli 53 przedstawiono średnią zawartość żelaza w główkach czosnku uzyskaną w 2018 roku, która mieściła się w przedziale od 9,31 do 19,47 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano istotnie zwiększoną zawartość żelaza w cebulach czosnku odmiany Arkus, które potraktowano Alginure® - 19,40 mg 100g⁻¹św.m. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnej różnicy w poziomie żelaza pomiędzy cebulami, na których je zastosowano a kontrolą. W przypadku cebul czosnku odmiany Garpek nie stwierdzono wpływu wszystkich zastosowanych w doświadczeniu preparatów na wartości żelaza w porównaniu do cebul kontrolnych. Parametr ten wahał się od 16,94 do 19,47 mg 100g⁻¹św.m. Cebule czosnku odmiany Harnaś, na których zastosowano Alginure® odznaczały się istotnie niższym poziomem żelaza w stosunku do kontroli. Pozostałe zastosowane preparaty nie wykazały istotnego oddziaływania na zawartości żelaza w główkach czosnku w porównaniu do cebul kontrolnych. Wartości te mieściły się od 11,40 do 13,26 mg 100g⁻¹św.m. Ząbki czosnku odmiany Jarus, które potraktowano Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC oraz Biosept Active charakteryzowały się istotnie wyższymi zawartościami żelaza niż w kontroli. Preparaty Rizocore®, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ nie wykazały znaczącego wpływu na poziom żelaza w porównaniu do cebul kontrolnych.

Tab. 53. Średnia zawartość żelaza w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	19,40 h ^x	18,40 gh	9,31 a	16,92 efg	16,01 ef
Polyversum WP	15,68 de	17,96 fgh	11,40 b	18,19 gh	15,81 de
Topsin M 500 SC	12,21 bc	16,94 efg	11,93 bc	18,75 gh	14,96 d
Rizocore®	13,35 bc	18,97 gh	12,14 bc	15,34 de	14,95 d
Biosept Active	12,35 bc	17,04 efg	13,04 bc	16,03 ef	14,62 d
RhizoVital 42®	11,87 bc	19,47 h	12,22 bc	12,29 bc	13,96 cd
Wetcit™	12,50 bc	19,18 h	12,68 bc	12,18 bc	14,14 d
Kontrola	13,86 cd	18,74 gh	13,26 bc	13,88 cd	14,94 d
Średnie wartości	13,90 cd	18,34 gh	12,00 bc	15,45 de	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Średnia zawartość żelaza w główkach czosnku uzyskana w 2019 roku wahała się od 8,84 do 29,05 mg 100g⁻¹św.m (tab. 54). Analizy przeprowadzone na cebulach czosnku odmiany Arkus wykazały brak istotnego wpływu testowanych preparatów na zawartości żelaza w porównaniu do cebul kontrolnych. Parametr ten mieścił się w przedziale od 11,66 do 14,10 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano, że ząbki czosnku odmiany Garpek potraktowane Alginure® charakteryzowały się istotnie niższym poziomem żelaza w stosunku do kontroli. Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42® istotnie zwiększały wartości żelaza w cebulach w porównaniu do kontroli. Pozostałe preparaty nie wpływały istotnie na zawartości żelaza w analizowanych cebulach. W przypadku cebul czosnku odmiany Harnaś nie zauważono znaczącego oddziaływania wykorzystanych w doświadczeniu preparatów na wartości żelaza

w stosunku do kontroli. Parametr ten wahał się od 9,31 do 13,50 mg 100g⁻¹św.m. Stwierdzono, że Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC oraz Rizocore® istotnie obniżały zawartości żelaza w główkach czosnku odmiany Jarus w porównaniu do cebul kontrolnych. Preparaty Biosept Active, RhizoVital 42® i Wetcit™ nie wykazały istotnego wpływu na wartości żelaza w analizowanych cebulach.

Tab. 54. Średnia zawartość żelaza w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	12,33 cd ^x	20,82 hi	12,58 d	12,55 d	14,57 e
Polyversum WP	12,49 cd	22,74 ij	13,50 de	12,35 cd	15,27 e
Topsin M 500 SC	11,66 bcd	27,32 lm	9,62 abc	11,72 bcd	15,08 e
Rizocore®	13,39 de	27,79 lm	11,61 bcd	8,84 a	15,41 ef
Biosept Active	14,10 de	27,77 lm	9,31 ab	16,80 fg	17,00 fg
RhizoVital 42®	14,08 de	29,05 m	11,40 a-d	15,84 ef	17,59 fg
Wetcit™	12,03 bcd	25,51 kl	11,93 bcd	18,84 gh	17,08 fg
Kontrola	12,66 d	24,60 jk	12,13 bcd	18,17 fg	16,89 fg
Średnie wartości	12,84 d	25,70 kl	11,51 bcd	14,39 e	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Tabela 55 przedstawia średnią zawartość potasu w główkach czosnku uzyskaną w 2017 roku, która wahała się od 87,15 do 190,40 mg 100g⁻¹św.m. W przypadku cebul czosnku odmiany Arkus nie zaobserwowano istotnego wpływu testowanych preparatów na zawartość potasu w porównaniu do kontroli. Parametr ten mieścił się w przedziale od 87,20 do 97,61 mg 100g⁻¹św.m. Cebule czosnku odmiany Garpek potraktowane Alginure®, Polyversum WP, Biosept Active oraz RhizoVital 42® charakteryzowały się istotnie obniżoną zawartością potasu w porównaniu do cebul kontrolnych. Pozostałe preparaty nie wykazały istotnego wpływu na wartości potasu w główkach czosnku. Nie zaobserwowano istotnego oddziaływania testowanych preparatów na zawartość potasu w cebulach odmiany Harnaś w porównaniu do kontroli. Ząbki czosnku odmiany Jarus, na których zastosowano Topsin M 5000 SC nie odznaczały się istotną różnicą w wartości potasu a kontrolą. Pozostałe testowane preparaty wpływały niekorzystnie na zawartości potasu w porównaniu do kontroli.

Tab. 55. Średnia zawartość potasu w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	87,73 a ^x	122,41 cd	184,58 f	90,90 a	121,41 cd
Polyversum WP	89,30 a	112,65 bc	170,86 f	92,77 a	116,40 c
Topsin M 500 SC	92,52 a	138,86 de	188,51 f	97,01 ab	129,23 d
Rizocore®	97,61 ab	147,00 e	190,40 f	91,41 a	131,61 d
Biosept Active	90,47 a	113,70 bc	183,99 f	87,19 a	118,84 c
RhizoVital 42®	92,59 a	118,23 c	170,66 f	92,22 a	118,43 c
Wetcit™	87,20 a	137,88 de	174,07 f	87,15 a	121,58 cd
Kontrola	96,84 ab	144,42 e	176,73 f	112,77 bc	132,69 d

Średnie wartości	91,78 a	129,39 d	179,98 f	93,93 a	-
------------------	---------	----------	----------	---------	---

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Tabela 56 przedstawia średnią zawartość potasu w główkach czosnku uzyskaną w 2018 roku, która mieściła się w przedziale od 87,19 do 146,38 mg 100g⁻¹św.m. Analiza cebul czosnku odmiany Arkus nie wykazała istotnego wpływu preparatów zastosowanych w doświadczeniu na zawartość potasu w porównaniu do kontroli. Parametr ten wahał się od 88,06 do 99,53 mg 100g⁻¹św.m. Uzyskane wartości potasu w cebulach czosnku odmiany Garpek nie odznaczały się istotną różnicą w porównaniu do kontroli. Cebule odmiany Harnaś potraktowane Alginure®, Polyversum WP oraz Topsin M 500 SC charakteryzowały się istotnie wyższymi zawartościami potasu niż w kontroli. Natomiast preparaty Biosept Active, RhizoVital 42® i Wetcit™ wpływały niekorzystnie na poziom potasu w stosunku do cebul kontrolnych. Nie zaobserwowano istotnego wpływu Rizocore® na wartość potasu w analizowanych cebulach. Rozważając wpływ wszystkich zastosowanych preparatów na poziom potasu w główkach czosnku odmiany Jarus stwierdzono, iż obniżały one istotnie statystycznie te wartości w porównaniu do kontroli. Parametr ten mieścił się w przedziale od 87,19 do 96,95 mg 100g⁻¹św.m.

Tab. 56. Średnia zawartość potasu w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	92,56 a ^x	140,14 cde	188,31 g	92,18 a	128,30 c
Polyversum WP	97,52 a	139,49 cde	190,17 g	91,44 a	129,66 cd
Topsin M 500 SC	99,53 a	137,75 cde	183,95 g	87,19 a	127,11 c
Rizocore®	99,21 a	144,24 de	170,88 f	96,95 a	127,82 c
Biosept Active	88,06 a	138,61 cde	130,31 cd	90,57 a	111,89 b
RhizoVital 42®	92,80 a	138,97 cde	145,47 e	91,83 a	117,27 b
Wetcit™	91,76 a	146,38 e	127,05 c	92,58 a	114,44 b
Kontrola	98,82 a	138,55 cde	169,75 f	112,58 b	129,93 cd
Średnie wartości	95,03 a	140,52 cde	163,24 f	94,42 a	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Tabela 57 przedstawia średnią zawartość potasu w główkach czosnku uzyskaną w 2019 roku, która mieściła się w przedziale od 86,27 do 190,91 mg 100g⁻¹św.m. Rozważając wpływ wszystkich zastosowanych preparatów na wartość potasu w cebulach czosnku odmian Arkus i Garpek można stwierdzić, że nie oddziaływały one istotnie na ten parametr w stosunku do kontroli. Zaobserwowano, że Biosept Active i RhizoVital 42® istotnie zwiększają zawartości potasu w cebulach czosnku odmiany Harnaś w porównaniu do cebul kontrolnych. Wartości te wynoszą odpowiednio 188,29 mg 100g⁻¹św.m oraz 190,91 mg 100g⁻¹św.m. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały znaczącego wpływu na poziom potasu w główkach czosnku. Podczas badań na cebulach czosnku odmiany Jarus stwierdzono, że preparaty Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ istotnie zmniejszały zawartości potasu w stosunku do kontroli. Parametr ten mieścił się w przedziale

od 87,90 do 94,50 mg 100g⁻¹św.m. Ząbki czosneku potraktowany Rizocore® nie odznaczał się istotnym wpływem na wartość potasu w porównaniu do ząbków kontrolnych.

Tab. 57. Średnia zawartość potasu w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	89,91 a ^x	111,99 cd	162,56 e	90,50 a	113,74 d
Polyversum WP	87,35 a	113,65 d	176,54 efg	92,64 a	117,55 d
Topsin M 500 SC	89,27 a	115,19 d	174,14 efg	87,19 a	116,45 d
Rizocore®	93,80 a	109,96 bcd	176,91 efg	96,98 abc	119,41 d
Biosept Active	92,19 a	111,84 cd	188,29 g	94,50 a	121,71 d
RhizoVital 42®	92,01 a	117,45 d	190,91 g	92,17 a	123,14 d
Wetcit™	95,01 ab	112,89 cd	183,91 fg	91,40 a	120,80 d
Kontrola	86,27 a	111,26 cd	170,83 ef	112,82 cd	120,30 d
Średnie wartości	90,73 a	113,03 d	178,01 efg	94,78 a	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

W tabeli 58 przedstawiono średnią zawartość fosforu w główkach czosnku pospolitego uzyskaną w 2017 roku, która mieściła się w przedziale od 2,65 do 3,67 mg 100g⁻¹św.m. W przypadku cebul czosnku odmiany Arkus potraktowanych Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42® zaobserwowano istotnie wyższą zawartość fosforu niż w kontroli. Preparaty Alginure® i Wetcit™ nie wykazały istotnej różnicy pomiędzy wartościami fosforu w cebulach, na których je zastosowano a cebulami kontrolnymi. Nie zauważono istotnego wpływu testowanych preparatów na zawartość fosforu w główkach czosnku odmian Garpek, Harnaś i Jarus. Parametr ten mieścił się w przedziale od 3,05 do 3,27 mg 100g⁻¹św.m – Garpek, od 2,65 do 2,83 mg 100g⁻¹św.m – Harnaś oraz od 3,01 do 3,44 mg 100g⁻¹św.m – Jarus.

Tab. 58. Średnia zawartość fosforu w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	3,24 f-j ^x	3,22 f-j	2,82 a-d	3,01 a-g	3,07 b-i
Polyversum WP	3,66 k	3,07 b-i	2,83 a-e	3,44 h-k	3,25 f-j
Topsin M 500 SC	3,40 g-k	3,20 d-j	2,81 a-d	3,23 f-j	3,16 c-j
Rizocore®	3,50 jk	3,07 b-i	2,81 a-d	3,07 b-i	3,11 b-i
Biosept Active	3,45 ijk	3,27 f-j	2,79 abc	3,25 f-j	3,19 d-j
RhizoVital 42®	3,67 k	3,15 c-j	2,71 ab	3,03 a-g	3,14 c-j
Wetcit™	3,05 b-g	3,19 d-j	2,65 a	3,21 e-j	3,03 a-g
Kontrola	2,95 a-f	3,05 b-h	2,83 a-e	3,06 b-h	2,97 a-f
Średnie wartości	3,37 g-k	3,15 c-j	2,78 abc	3,16 c-j	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Średnia zawartość fosforu w główkach czosnku pospolitego uzyskana w 2018 roku wahała się od 1,57 do 1,96 mg 100g⁻¹św.m (tab. 59). Cebule czosnku odmiany Arkus potraktowane

Polyversum WP nie wykazał istotnego wpływu na wartość fosforu w stosunku do kontroli. Cebule, na których zastosowano Alginure® i Topsin M 500 SC charakteryzowały się istotnie wyższymi poziomami fosforu niż cebule kontrolne. Zaobserwowano, że preparaty Rizocore®, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ istotnie obniżały zawartości fosforu w główkach czosnku w porównaniu do kontroli. Analizując wpływ testowanych preparatów na wartości fosforu w cebulach czosnku odmiany Garpek stwierdzono, że wszystkie zastosowane w doświadczeniu substancje aktywne istotnie obniżały poziom tego parametru. W przypadku cebul czosnku odmiany Harnaś zauważono, że ząbki potraktowane Topsin M 500 SC, Polyversum WP, Alginure® oraz Biosept Active charakteryzowały się istotnie wyższymi zawartościami fosforu niż kontrola. Wartości te wynosiły odpowiednio 1,88 mg 100g⁻¹św.m, 1,91 mg 100g⁻¹św.m, 1,92 mg 100g⁻¹św.m i 1,95 mg 100g⁻¹św.m. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnego wpływu na poziom fosforu w cebulach czosnku. Preparat Wetcit™ istotnie obniżał zawartość fosforu w główkach czosnku odmiany Jarus w porównaniu do kontroli. Zaobserwowano, że cebule, które potraktowano Alginure®, Topsin M 500 SC, Biosept Active oraz RhizoVital 42® charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami fosforu niż kontrola. Preparaty Polyversum WP i Rizocore® wykazały brak istotnej różnicy pomiędzy cebulami, na których je zastosowano a kontrolą.

Tab. 59. Średnia zawartość fosforu w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	1,96 o ^x	1,67 cd	1,92 mno	1,79 ghi	1,84 h-k
Polyversum WP	1,72 def	1,74 efg	1,91 l-o	1,66 bcd	1,76 efg
Topsin M 500 SC	1,95 no	1,59 a	1,88 j-m	1,88 j-m	1,83 h-k
Rizocore®	1,57 a	1,59 a	1,79 ghi	1,71 de	1,67 cd
Biosept Active	1,62 abc	1,80 ghi	1,95 no	1,84 h-k	1,80 ghi
RhizoVital 42®	1,60 a	1,68 cd	1,82 hij	1,89 k-n	1,75 efg
Wetcit™	1,69 de	1,58 a	1,85 i-l	1,61 ab	1,68 cd
Kontrola	1,78 fgh	1,88 j-m	1,81 hi	1,70 de	1,79 ghi
Średnie wartości	1,74 efg	1,69 de	1,87 j-m	1,76 efg	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

Średnia zawartość fosforu w główkach czosnku uzyskana w 2019 roku wahał się od 1,58 do 1,93 mg 100g⁻¹św.m (tab. 60). Rozważając wpływ zastosowanych w doświadczeniu preparatów na zawartość fosforu w cebulach czosnku odmiany Arkus, można stwierdzić brak ich istotnego oddziaływania na ten parametr w porównaniu do kontroli. Poziom fosforu w analizowanych główkach mieścił się w przedziale od 1,69 do 1,92 mg 100g⁻¹św.m. Ząbki czosnku odmiany Garpek, które potraktowano Biosept Active i RhizoVital 42® charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami fosforu niż w kontroli. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały znaczącego wpływu na zawartość fosforu w porównaniu do celul kontrolnych. W przypadku cebul czosnku odmiany Harnaś nie stwierdzono istotnego oddziaływania wszystkich zastosowanych w doświadczeniu substancji aktywnych na poziom fosforu w analizowanych cebulach. Parametr ten wahał się od 1,75 do 1,92 mg 100g⁻¹św.m. Ząbki czosnku odmiany Jarus potraktowane Rizocore® i Wetcit™ odznaczały się istotnie

niższymi zawartościami fosforu niż w kontroli. Zaobserwowano, że pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnego wpływu na wartości fosforu w główkach czosnku.

Tab. 60. Średnia zawartość fosforu w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	1,91 ghi ^x	1,82 d-i	1,75 c-f	1,73 b-f	1,80 c-i
Polyversum WP	1,87 f-i	1,72 a-e	1,82 d-i	1,85 e-i	1,82 d-i
Topsin M 500 SC	1,86 e-i	1,78 c-i	1,76 c-g	1,76 c-f	1,79 c-i
Rizocore®	1,92 hi	1,75 c-f	1,81 d-i	1,58 a	1,77 c-g
Biosept Active	1,69 a-d	1,93 i	1,92 hi	1,72 a-e	1,82 d-i
RhizoVital 42®	1,84 d-i	1,87 f-i	1,91 ghi	1,81 d-i	1,86 e-i
Wetcit™	1,75 c-f	1,65 abc	1,88 f-i	1,60 ab	1,72 a-e
Kontrola	1,83 d-i	1,69 a-d	1,79 c-i	1,78 c-h	1,77 c-g
Średnie wartości	1,83 d-i	1,78 c-i	1,83 d-i	1,73 b-f	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

4.2.7.5. Oznaczanie właściwości antyoksydacyjnych

Aktywność antyoksydacyjna, wyrażona jako zdolność do neutralizowania wolnego rodnika w 2017 mieściła się w przedziale od 9,26 do 23,01% (tab. 61). W przypadku cebul czosnku odmiany Arkus stwierdzono istotnie korzystny wpływ Alginure® na właściwości antyoksydacyjne w porównaniu do cebul kontrolnych. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały znaczącego oddziaływania na ten parametr. Analizy cebul czosnku odmian Garpek i Harnaś nie wykazały istotnego wpływu badanych preparatów na właściwości antyoksydacyjne w stosunku do kontroli. Zaobserwowano, że ząbki czosnku odmiany Jarus charakteryzowały się istotnie korzystnym wpływem Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Biosept Active oraz Wetcit™ na właściwości antyoksydacyjne w stosunku do kontroli. Natomiast preparat Rizocore® nie wykazał znaczącego oddziaływania na badany parametr.

Tab. 61. Aktywność antyoksydacyjna czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	21,40 i-l ^x	17,97 e-l	9,26 a	20,32 h-l	17,24 d-l
Polyversum WP	16,27 d-j	19,73 g-l	9,82 abc	22,69 kl	17,13 d-l
Topsin M 500 SC	13,13 a-f	15,99 d-j	9,49 ab	16,67 d-j	13,82 a-g
Rizocore®	14,25 a-g	17,18 d-l	9,30 a	9,61 ab	12,59 a-f
Biosept Active	12,27 a-e	18,21 e-l	9,90 abc	23,01 l	15,87 e-l
RhizoVital 42®	13,82 a-g	15,29 b-h	9,97 abc	21,81 jkl	15,22 b-h
Wetcit™	15,67 c-i	17,02 d-k	9,26 a	18,35 f-l	15,08 b-h
Kontrola	14,91 a-h	20,51 h-l	9,75 ab	11,59 a-d	14,19 a-g
Średnie wartości	15,22 b-h	17,74 e-l	9,59 ab	18,01 e-l	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

W tabeli 62 przedstawiono właściwości antyoksydacyjne czosnku pospolitego uzyskane w 2018 roku, która mieściła się w przedziale od 14,65 do 71,44 %. W przypadku cebul czosnku odmian Arkus, Garpek oraz Harnaś nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy właściwościami antyoksydacyjnymi ząbków, na których zastosowano badane preparaty a cebulami kontrolnymi. Cebule czosnku odmiany Jarus potraktowane Alginure® oraz RhizoVital 42® odznaczały się istotnie korzystniejszymi właściwościami antyoksydacyjnymi w porównaniu do kontroli. Wartość tego parametru wynosiła odpowiednio 53,76% i 35,15%. Pozostałe testowane preparaty nie wpływały istotnie na właściwości antyoksydacyjne.

Tab. 62. Aktywność antyoksydacyjna czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	18,56 a-d ^x	37,66 fg	60,26 h	53,76 h	42,56 g
Polyversum WP	14,65 a	28,04 def	54,06 h	29,32 def	31,52 d-f
Topsin M 500 SC	15,51 ab	41,79 g	53,70 h	20,86 a-d	32,97 efg
Rizocore®	15,31 ab	26,74 cde	54,42 h	20,86 a-d	29,33 def
Biosept Active	21,07 a-d	40,00 g	55,70 h	28,57 def	36,34 efg
RhizoVital 42®	15,90 ab	35,88 efg	71,44 i	35,15 efg	39,59 g
Wetcit™	16,50 abc	39,86 g	70,44 i	25,69 b-e	38,12 fg
Kontrola	19,68 a-d	33,33 efg	61,82 hi	20,36 a-d	33,80 efg
Średnie wartości	17,15 abc	35,41efg	60,23 h	29,32 def	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Tabela 63 przedstawia właściwości antyoksydacyjne czosnku pospolitego uzyskaną w 2019 roku, która mieściła się w przedziale od 1,23 do 22,50 %. W przypadku cebul czosnku odmiany Arkus zaobserwowano istotnie negatywny wpływ Biosept Active na właściwości antyoksydacyjne w stosunku do kontroli, których poziom wynosił 1,23%. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnego wpływu na badany parametr. Cebule czosnku odmian Garpek i Harnaś nie wykazały istotnego wpływu wszystkich testowanych preparatów na ich właściwości antyoksydacyjne w porównaniu do kontroli. Zaobserwowano istotnie korzystne oddziaływanie preparatów Alginure®, Polyversum WP, Wetcit™, Topsin M 500 SC oraz Rizocore® na właściwości antyoksydacyjne cebul czosnku w stosunku do kontroli. Parametr ten wynosił odpowiednio 14,07%, 14,83%, 15,14%, 15,37% i 16,36%. Pozostałe badane preparaty nie wykazały znaczącego wpływu na ten parametr w porównaniu do kontroli.

Tab. 63. Aktywność antyoksydacyjna czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [%]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	17,41 d-j ^x	20,17 g-j	22,50 j	14,07 c-h	18,54 d-j
Polyversum WP	15,79 c-j	19,16 f-j	17,06 d-j	14,83 c-i	16,71 c-j
Topsin M 500 SC	12,10 c-f	19,16 f-j	16,58 c-j	15,37 c-j	15,80 c-j
Rizocore®	13,72 c-h	15,61 c-j	17,54 d-j	16,36 c-j	15,81 c-j
Biosept Active	1,23 a	15,95 c-j	19,12 f-j	9,48 bc	11,45 b-e
RhizoVital 42®	11,00 bcd	17,39 d-j	18,45 d-j	11,16 b-e	14,50 c-i
Wetcit™	13,59 c-g	18,64 e-j	21,23 hij	15,14 c-j	17,15 d-j
Kontrola	15,66 c-j	19,16 f-j	21,72 ij	4,66 ab	15,30 c-j

Średnie wartości	12,56 c-f	18,16 d-j	19,28 f-j	12,63 c-f	-
------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	---

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

4.2.7.6. Oznaczanie związków fenolowych

W tabeli 64 przedstawiono zawartość polifenoli w główkach czosnku pospolitego uzyskaną w 2017 roku, która mieściła się w przedziale od 1,327 do 2,593 mg 100g⁻¹św.m. W przypadku cebul czosnku odmiany Arkus i Jarus nie stwierdzono istotnego wpływu testowanych preparatów na zawartość związków fenolowych w porównaniu do kontroli. Parametr ten mieścił się w przedziale od 2,178 do 2,593 mg 100g⁻¹św.m oraz od 1,327 do 1,702 mg 100g⁻¹św.m. Ząbki czosnku odmiany Garpek potraktowane RhizoVital 42® charakteryzowały się istotnie niższą wartością polifenoli w stosunku do cebul kontrolnych. Pozostałe testowane preparaty nie oddziaływały znacząco na poziom związków fenolowych w główkach czosnku. Cebule czosnku odmiany Harnaś, na których zastosowano Biosept Active odznaczały się istotnie wyższą zawartością polifenoli niż w cebulach kontrolnych. Stwierdzono, że pozostałe zastosowane w doświadczeniu preparaty nie wykazały istotnego wpływu na wartości związków fenolowych w analizowanych cebulach tej odmiany.

Tab. 64. Zawartość polifenoli w czosnku pospolitym otrzymana w 2017 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	2,444 hi ^x	2,372 hi	1,729 a-f	1,327 a	1,968 c-h
Polyversum WP	2,593 i	2,326 hi	1,669 a-e	1,496 abc	2,021 d-h
Topsin M 500 SC	2,433 hi	2,145 f-i	1,665 a-e	1,403 ab	1,912 c-h
Rizocore®	2,379 hi	2,093 e-h	1,633 a-e	1,528 abc	1,908 c-h
Biosept Active	2,390 hi	2,086 d-h	2,365 hi	1,497 abc	2,085 d-h
RhizoVital 42®	2,380 hi	1,838 b-g	1,637 a-d	1,702 a-e	1,889 c-g
Wetcit™	2,503 hi	2,255 ghi	1,636 a-e	1,598 abc	1,998 c-h
Kontrola	2,178 ghi	2,526 hi	1,877 c-g	1,694 a-e	2,069 d-h
Średnie wartości	2,413 hi	2,205 ghi	1,776 a-f	1,531 abc	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Zawartość związków fenolowych w główkach czosnku uzyskana w 2018 roku wahała się od 0,669 do 1,222 mg 100g⁻¹św.m (tab. 65). Cebule czosnku odmiany Arkus potraktowane Alginure® charakteryzowały się istotnie zwiększonym poziomem polifenoli niż w kontroli. Zaobserwowano, że pozostałe zastosowane w doświadczeniu preparaty nie odznaczały się istotnym wpływem na zawartość związków fenolowych w cebulach w porównaniu do kontroli. Rozważając wpływ Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ na wartości polifenoli w cebulach czosnku odmian Garpek, Harnaś i Jarus można stwierdzić brak ich znaczącego oddziaływania na ten parametr w stosunku do kontroli.

Tab. 65. Zawartość polifenoli w czosnku pospolitym otrzymana w 2018 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	0,988 f-i ^x	0,895 c-g	1,114 hij	0,686 ab	0,921 d-h
Polyversum WP	0,750 a-d	0,994 f-i	1,081 g-j	0,774 a-e	0,900 c-h
Topsin M 500 SC	0,669 a	0,967 e-i	1,222 j	0,774 a-e	0,908 c-h
Rizocore®	0,704 abc	0,978 e-i	0,934 d-h	0,779 a-e	0,849 a-f
Biosept Active	0,867 a-f	0,871 a-f	1,166 ij	0,880 b-g	0,946 d-h
RhizoVital 42®	0,849 a-f	0,948 d-h	1,212 j	0,780 a-e	0,947 d-h
Wetcit™	0,826 a-f	0,934 d-h	1,108 hij	0,779 a-e	0,912 d-h
Kontrola	0,678 ab	0,970 e-i	1,078 g-j	0,781 a-e	0,877 a-g
Średnie wartości	0,791 a-e	0,945 d-h	1,114 hij	0,779 a-e	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

W tabeli 66 przedstawiono zawartość polifenoli w główkach czosnku uzyskaną w 2019 roku, która mieściła się w przedziale od 0,591 do 1,207 mg 100g⁻¹św.m. Analizy przeprowadzone na cebulach czosnku odmiany Arkus potraktowanych Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ wykazały istotnie niższe wartości związków fenolowych w porównaniu do kontroli. Parametr ten wahał się od 0,591 do 0,833 mg 100g⁻¹św.m. Stwierdzono, że Biosept Active nie oddziaływał znacząco na poziom polifenoli w stosunku do kontroli. W przypadku cebul czosnku odmiany Garpek i Jarus nie zauważono istotnej różnicy pomiędzy zawartością związków fenolowych w główkach czosnku potraktowanych testowanymi preparatami a kontrolą. Parametr ten mieścił się w przedziale od 0,683 do 0,799 mg 100g⁻¹św.m oraz od 0,722 do 0,886 mg 100g⁻¹św.m. Cebule czosnku odmiany Harnaś, na których zastosowano Biosept Active charakteryzowały się istotnie zwiększoną wartością polifenoli w porównaniu do cebul kontrolnych. Pozostałe wykorzystane w doświadczeniu preparaty nie wykazały istotnego wpływu na poziom związków fenolowych w główkach czosnku w stosunku do kontroli.

Tab. 66. Zawartość polifenoli w czosnku pospolitym otrzymana w 2019 roku [mg 100g⁻¹św.m]

Kombinacja	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	Średnie
Alginure®	0,691 abc ^x	0,799 b-f	1,081 hij	0,886 b-h	0,864 b-g
Polyversum WP	0,591 a	0,743 a-d	0,946 d-i	0,777 a-e	0,764 a-e
Topsin M 500 SC	0,752 a-e	0,733 abc	1,094 ij	0,775 a-e	0,839 b-f
Rizocore®	0,746 a-d	0,783 a-e	0,896 c-h	0,722 abc	0,787 a-e
Biosept Active	0,954 e-i	0,746 a-d	1,207 j	0,869 b-g	0,944 d-i
RhizoVital 42®	0,743 abc	0,683 ab	0,898 c-h	0,769 a-e	0,773 a-e
Wetcit™	0,833 b-f	0,701 abc	1,117 ij	0,883 b-g	0,884 b-h
Kontrola	1,050 g-j	0,697 abc	0,998 f-i	0,849 b-f	0,899 c-h
Średnie wartości	0,795 b-f	0,736 abc	1,030 g-j	0,816 b-f	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p = 0,05 (test Duncana)

4.3. Doświadczenia szklarniowe

4.3.4. Doświadczenie wazonowe nad wpływem zastosowanych preparatów na rozwój młodych roślin czosnku pospolitego

W doświadczeniu wazonowym wykazano częściową skuteczność badanych preparatów w ochronie czosnku pospolitego przed wybranymi fitopatogenami. Tabela 67 przedstawia indeksy porażenia młodych roślin czosnku pospolitego czterech odmian przez *Alternaria alternata*, które mieściły się w przedziale od 2,78 do 66,67%. Analizując wpływ zastosowanych w doświadczeniu preparatów na zdrowotność roślin czosnku odmiany Arkus można stwierdzić, że Alginure®, Rizocore® i Biosept Active istotnie ograniczały porażenie roślin przez *A. alternata* w stosunku do roślin kontrolnych. Indeks porażenia młodych roślin czosnku wynosił odpowiednio 23,61%, 38,89% oraz 44,44%. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnej różnicy w działaniu w porównaniu do kontroli. Badany parametr wahał się od 62,50 do 66,67%. W przypadku czosnku odmian Garpek, Harnaś i Jarus nie stwierdzono istotnego wpływu testowanych preparatów na ograniczanie porażenia czosnku przez *A. alternata* w stosunku do roślin kontrolnych. Indeksy porażenia roślin przez badanego patogena mieściły się od 6,94 do 26,39% dla odmiany Garpek, od 4,17 do 15,28% dla odmiany Harnaś oraz od 1,39 do 15,28% dla odmiany Jarus.

Tab. 67. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez *Alternaria alternata* [%]

Kombinacja	Odmiana				Średnie
	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	
Alginure®	23,61 cd ^x	18,06 a-d	15,28 a-d	15,28 a-d	18,06 a-d
Polyversum WP	63,89 g	6,94 abc	13,89 a-d	5,56 ab	22,57 bcd
Topsin M 500 SC	66,67 g	11,11 a-d	13,89 a-d	15,28 a-d	26,74 de
Rizocore®	38,89 ef	11,11 a-d	6,94 abc	11,11 a-d	17,01 a-d
Biosept Active	44,44 f	13,89 a-d	6,94 abc	13,89 a-d	19,79 a-d
RhizoVital 42®	62,50 g	20,83 bcd	4,17 ab	12,50 a-d	25,00 cd
Wetcit™	62,50 g	18,06 a-d	6,94 abc	4,17 ab	22,92 bcd
Kontrola	66,67 g	26,39 de	13,89 a-d	2,78 a	27,43 de
Średnie wartości	53,65 f	15,80 a-d	10,24 abc	10,07 abc	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

W tabeli 68 przedstawiono indeksy porażenia młodych roślin czosnku pospolitego przez *Alternaria embellisia*, które wahały się od 1,39 do 63,80%. Rozważając wpływ testowanych w doświadczeniu preparatów na zdrowotność roślin czosnku odmiany Arkus można stwierdzić, że RhizoVital 42® istotnie ograniczał porażenie przez *A. embellisia* w porównaniu do roślin kontrolnych. Indeks porażenia czosnku wynosił 23,61%. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnej różnicy w działaniu w stosunku do kontroli. Badany parametr wahał się od 40,28 do 63,89%. W przypadku odmian Garpek oraz Harnaś nie zaobserwowano istotnego oddziaływania zastosowanych w doświadczeniu preparatów na zdrowotność roślin w stosunku do kontroli. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku odmiany Garpek mieściły się w przedziale od 12,50 do 31,94%, zaś czosnku odmiany Harnaś od 2,78 do 27,78%.

W przypadku odmiany Jarus zaobserwowano istotnie negatywny wpływ RhizoVital 42® na zdrowotność roślin w porównaniu do kontroli. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnej różnicy w działaniu w stosunku do kontroli.

Tab. 68. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez *Alternaria embellisia* [%]

Kombinacja	Odmiana				Średnie
	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	
Alginure®	44,44 g-j ^x	25,00 c-f	4,17 ab	13,89 a-e	21,88 a-e
Polyversum WP	59,72 jk	31,94 e-h	5,56 abc	5,56 abc	25,69 c-f
Topsin M 500 SC	55,56 ijk	12,50 a-e	27,78 d-g	5,56 abc	25,35 c-f
Rizocore®	40,28 f-i	15,28 a-e	5,56 abc	5,56 abc	16,67 a-e
Biosept Active	62,50 jk	15,28 a-e	2,78 a	18,06 a-e	24,65 b-f
RhizoVital 42®	23,61 b-f	16,67 a-e	15,28 a-e	29,17 d-g	21,18 a-e
Wetcit™	63,89 k	12,50 a-e	4,17 ab	13,89 a-e	23,61 b-f
Kontrola	44,44 g-j	18,06 a-e	9,72 a-d	5,56 abc	20,49 a-e
Średnie wartości	49,83 h-k	18,40 a-e	9,38 a-d	12,15 a-d	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Tabela 69 przedstawia indeksy porażenia młodych roślin czosnku pospolitego przez *Fusarium avenaceum*, które wahały się od 1,39 do 70,22%. Analizując wpływ zastosowanych w doświadczeniu preparatów na zdrowotność czosnku odmian Arkus, Garpek, Harnaś oraz Jarus można zaobserwować brak istotnego oddziaływania ochronnego przed *F. avenaceum* na zdrowotność roślin w porównaniu do roślin kontrolnych. Indeksy porażenia czosnku odmiany Arkus mieściły się w przedziale od 50,00 do 72,22%, odmiany Garpek od 13,89 do 37,50%, odmiany Harnaś od 2,78 do 23,61%, odmiany Jarus od 1,39 do 22,22%.

Tab. 69. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez *Fusarium avenaceum* [%]

Kombinacja	Odmiana				Średnie
	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	
Alginure®	58,33 de ^x	15,28 ab	12,50 ab	5,56 a	22,92 ab
Polyversum WP	54,17 de	20,83 ab	2,78 a	12,50 ab	22,57 ab
Topsin M 500 SC	70,83 e	22,22 ab	16,67 ab	8,33 a	29,51 abc
Rizocore®	72,22 e	20,83 ab	9,72 a	11,11 ab	28,47 abc
Biosept Active	72,22 e	19,44 ab	4,17 a	2,78 a	24,65 ab
RhizoVital 42®	50,00 cde	26,39 abc	9,72 a	13,89 ab	25,00 ab
Wetcit™	61,11 de	13,89 ab	4,17 a	22,22 ab	25,35 ab
Kontrola	69,44 e	37,50 bcd	23,61 ab	12,50 ab	35,76 abc
Średnie wartości	63,54 de	22,05 ab	10,42 a	11,11 ab	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Indeksy porażenia młodych roślin czosnku pospolitego przez *Fusarium oxysporum* mieściły się w przedziale od 1,39 do 62,50% (tab. 70). Analizy przeprowadzone na czosnku odmian Arkus, Garpek, Harnaś oraz Jarus wykazały brak istotnego oddziaływania zastosowanych w doświadczeniu preparatów na zdrowotność roślin w stosunku do kontroli. Indeksy porażenia

roślin czosnku odmiany Arkus wahały się od 23,61 do 62,50%, odmiany Garpek od 12,50 do 30,56%, odmiany Harnaś od 2,78 do 25,00%, odmiany Jarus od 1,39 do 25,00%.

Tab. 70. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez *Fusarium oxysporum* [%]

Kombinacja	Odmiana				Średnie
	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	
Alginure®	26,39 c-g ^x	16,67 a-d	25,00 b-g	8,33 abc	19,10 a-d
Polyversum WP	23,61 b-g	13,89 a-d	2,78 a	12,50 a-d	13,19 a-d
Topsin M 500 SC	38,89 e-h	19,44 a-e	9,72 abc	25,00 b-g	23,26 a-e
Rizocore®	54,17 hij	23,61 b-g	15,28 a-d	25,00 b-g	29,51 c-g
Biosept Active	59,72 ij	13,89 a-d	6,94 abc	5,56 ab	21,53 a-e
RhizoVital 42®	58,33 ij	12,50 a-d	11,11 a-d	5,56 ab	21,88 a-e
Wetcit™	43,06 fhi	15,28 a-d	6,94 abc	8,33 abc	18,40 a-d
Kontrola	43,06 f-i	30,56 d-g	18,06 a-d	8,33 abc	25,00 b-g
Średnie wartości	43,40 f-i	18,23 a-d	11,98 a-d	12,33 a-d	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

W tabeli 71 przedstawiono indeksy porażenia siewek czosnku pospolitego przez *Penicillium expansum*, które wahały się od 1,39 do 94,44%. Rozważając wpływ wybranych do doświadczenia preparatów na zdrowotność roślin czosnku odmiany Arkus można stwierdzić, że Polyversum WP istotnie zwiększał w stosunku do kontroli indeks porażenia młodych roślin przez *P. expansum*, który wynosił 94,44%. Pozostałe zastosowane preparaty nie oddziaływały istotnie na zdrowotność roślin w porównaniu do kontroli. W przypadku czosnku odmian Garpek i Harnaś nie zaobserwowano istotnego wpływu testowanych preparatów na zdrowotność młodych roślin w porównaniu do kontroli. Indeksy porażenia czosnku odmiany Garpek mieściły się w przedziale od 12,50 do 30,56%, natomiast dla odmiany Harnaś od 1,39 do 23,61%. Analiza przeprowadzona na czosnku odmiany Jarus wykazała istotnie negatywny wpływ Alginure® na zdrowotność młodych roślin w porównaniu do kontroli. Indeks porażenia czosnku przez *P. expansum* wynosił 30,56%. Pozostałe wybrane do doświadczenia preparaty nie odznaczały się znaczącym wpływem na zdrowotność roślin czosnku. Parametr ten waha się od 1,39 do 25,00%.

Tab. 71. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez *Penicillium expansum* [%]

Kombinacja	Odmiana				Średnie
	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	
Alginure®	59,72 h ^x	20,83 a-e	4,17 abc	30,56 def	28,82 cde
Polyversum WP	94,44 i	20,83 a-e	4,17 abc	13,89 a-e	33,33 cde
Topsin M 500 SC	34,72 efg	15,28 a-e	4,17 abc	11,11 a-d	16,32 abc
Rizocore®	47,22 fgh	30,56 def	23,61 b-e	20,83 a-e	30,56 cde
Biosept Active	63,89 h	12,50 a-d	11,11 a-d	22,22 a-e	27,43 cde
RhizoVital 42®	51,39 gh	13,89 a-e	8,33 abc	22,22 a-e	23,96 cde
Wetcit™	51,39 gh	15,28 a-e	8,33 abc	25,00 cde	25,00 cde
Kontrola	48,61 fgh	15,28 a-e	1,39 ab	8,33 abc	18,40 a-d
Średnie wartości	56,42 ghi	18,06 a-d	8,16 abc	19,27 a-d	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

Indeksy porażenia siewek czosnku pospolitego przez *Penicillium verrucosum* mieściły się w przedziale od 1,39 do 84,72% (tab. 72). Analiza przeprowadzona na czosnku odmiany Arkus wykazała istotnie negatywny wpływ Alginure®, Rizocore®, Topsin M 500 SC, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ na zdrowotność roślin w porównaniu do kontroli. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez *P. verrucosum* wynosiły odpowiednio 48,61%, 50,00%, 55,56%, 83,33% oraz 84,72%. Pozostałe zastosowane w doświadczeniu preparaty nie odznaczały się istotnym wpływem na zdrowotność roślin w stosunku do kontroli. Wartości tego parametru mieściły się w przedziale od 27,78 do 62,50%. W przypadku czosnku odmian Garpek i Harnaś nie wykazano istotnego wpływu testowanych preparatów na zdrowotność roślin czosnku w stosunku do roślin kontrolnych. Indeksy porażenia dla odmiany Garpek wahały się od 12,50 do 22,22%, a dla odmiany Harnaś - od 5,56 do 18,06%. W przypadku czosnku odmiany Jarus można zauważyć istotnie niekorzystny wpływ Biosept Active na zdrowotność roślin, indeks porażenia roślin czosnku przez *P. verrucosum* wynosił 29,17%. Pozostałe testowane preparaty nie wykazały istotnego oddziaływania na zdrowotność czosnku w stosunku do kontroli.

Tab. 72. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez *Penicillium verrucosum* [%]

Kombinacja	Odmiana				Średnie
	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	
Alginure®	48,61 f-i ^x	13,89 a-d	5,56 ab	8,33 abc	19,10 a-e
Polyversum WP	33,33 d-g	15,28 a-d	18,06 a-e	22,22 a-e	22,22 a-e
Topsin M 500 SC	55,56 hi	22,22 a-e	16,67 a-e	2,78 a	24,31 a-e
Rizocore®	50,00 ghi	18,06 a-e	12,50 a-d	22,22 a-e	25,69 a-e
Biosept Active	38,89 e-h	15,28 a-d	9,72 abc	29,17 c-f	23,26 a-e
RhizoVital 42®	83,33 j	19,44 a-e	11,11 a-d	22,22 a-e	34,03 d-g
Wetcit™	84,72 j	12,50 a-d	8,33 abc	11,11 a-d	29,17 c-f
Kontrola	27,78 b-e	18,06 a-e	16,67 a-e	5,56 ab	17,01 a-e
Średnie wartości	52,78 ghi	16,84 a-e	12,33 a-d	15,45 a-d	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

W tabeli 73 przedstawiono indeksy porażenia młodych roślin czosnku pospolitego przez *Stromatinia cepivora*, które mieściły się w przedziale od 1,39 do 70,83%. Analiza przeprowadzona na czosnku odmiany Arkus wykazała istotnie korzystny wpływ Rhizo Vital 42® na zdrowotność roślin w porównaniu do roślin kontrolnych. Indeks porażenia młodych roślin czosnku przez *S. cepivora* wynosił 23,61%. Natomiast preparaty Rizocore® i Topsin M 500 SC odznaczały się istotnie negatywnym wpływem na zdrowotność czosnku tej odmiany. Pozostałe testowane preparaty nie odznaczały się istotnym wpływem na poprawę zdrowotności roślin. W przypadku odmian Garpek i Harnaś nie zauważono istotnego oddziaływania zastosowanych w doświadczeniu preparatów na wartość indeksów porażenia roślin przez *S. cepivora* w porównaniu do kontroli. Analiza przeprowadzona na czosnku odmiany Jarus wykazała istotnie korzystny wpływ wszystkich testowanych preparatów na zdrowotność roślin w porównaniu do kontroli. Indeksy porażenia czosnku przez *S. cepivora* mieściły się w przedziale od 2,78 do 22,22%.

Tab. 73. Indeksy porażenia młodych roślin czosnku przez *Stromatinia cepivora* [%]

Kombinacja	Odmiana				Średnie
	Arkus	Garpek	Harnaś	Jarus	
Alginure®	54,17 ghi ^x	18,06 a-d	6,94 abc	15,28 abc	23,61 cde
Polyversum WP	36,11 def	13,89 abc	2,78 ab	19,44 a-d	18,06 a-d
Topsin M 500 SC	66,67 hi	22,22 d-e	9,72 abc	22,22 b-e	30,21 cde
Rizocore®	70,83 i	15,28 abc	8,33 abc	2,78 ab	24,31 cde
Biosept Active	51,39 fgh	15,28 abc	5,56 abc	6,94 abc	19,79 a-d
RhizoVital 42®	23,61 cde	13,89 abc	5,56 abc	4,17 abc	11,81 abc
Wetcit™	38,89 efg	15,28 abc	6,94 abc	22,22 b-e	20,83 a-e
Kontrola	41,67 fg	10,83 a-e	9,72 abc	44,44 fg	29,17 cde
Średnie wartości	47,92 fg	16,84 abc	6,94 abc	17,19 abc	-

x – średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Duncana)

5. Dyskusja

Uprawa czosnku pospolitego wymaga doboru zdrowego i odpornego na agrofagi materiału rozmnożeniowego oraz zapewnienia właściwego stanowiska i starannie wykonywanych zabiegów pielęgnacyjnych [Orłowski 2000]. Zbyt intensywna uprawa roślin sprzyja rozwojowi chorób, a wpływ na to ma dostępność roślin żywicielskich uprawianych w monokulturach, obecność grzybów patogenicznych znajdujących się np. w pozostawianych na polach resztkach porażonych roślin lub glebie oraz brak właściwego zmianowania upraw i nieprawidłowa ochrona roślin. Innym bardzo ważnym zagrożeniem upraw jest możliwość uodpornienia się fitofagów na substancje aktywne zawarte w fungicydach [Pieczul 2015]. Konieczność ochrony środowiska naturalnego oraz rosnące zapotrzebowanie na produkty pochodzenia biologicznego sprawiają, że poszukuje się nowych i bezpiecznych środków ochrony roślin [Piekutowska 2017]. W literaturze coraz więcej jest doniesień o preparatach pochodzenia naturalnego wykorzystywanych w ochronie roślin. Alternatywne środki ochrony roślin mają zastosowanie w uprawach integrowanych oraz ekologicznych. Rola substancji pochodzenia naturalnego w rolnictwie integrowanym ma charakter wspomagający i ograniczający ilość przeprowadzanych zabiegów ochrony chemicznej. Natomiast w uprawach ekologicznych ich rola jest znacznie większa ze względu na całkowite odrzucenie syntetycznych pestycydów czy nawozów sztucznych [Lotter 2008, Piekutowska 2017].

Podjęty temat pracy, dotyczy możliwości ograniczania mikozy czosnku pospolitego wykorzystując substancje pochodzenia naturalnego, jest ważny zarówno z punktu widzenia naukowego, jak i praktycznego. Czosnek pospolity często podlega presji fitopatogenów zarówno w uprawie polowej, jak i w czasie przechowywania. Właściwa ochrona roślin w trakcie uprawy może ograniczać występowanie patogenów, szczególnie tych porażających wegetatywne części rośliny [Mazur 1990b]. Głównymi czynnikami abiotycznymi, które istotnie wpływają na plonowanie oraz porażanie czosnku pospolitego przez fitopatogeny są: temperatura, opady i wilgotność powietrza. Zmiany klimatu, które obserwuje się obecnie na świecie, polegające na tendencji wzrostowej średnich miesięcznych temperatur oraz zmniejszeniu się ilości opadów atmosferycznych przyczyniają się do zwiększania się infekcji powodowanych przez agrofagi, a także zmniejszenia plonu roślin. Odmiany ozime czosnku, które sadzone są jesienią dobrze znoszą niższe temperatury. Charakteryzują się również dobrymi właściwościami adaptacyjnymi do lokalnych warunków uprawy [Majkowska-Gadomska i Wierzbicka 2006]. Niniejsze badania polowe przeprowadzono w latach 2017 - 2019. Okresy te nie różniły się między sobą średnimi temperaturami, natomiast sumy opadów atmosferycznych i średnia miesięczna wilgotność względna powietrza wykazywały diametralne różnice. Przebieg warunków pogodowych - wyższe temperatury oraz okresy z niską ilością opadów atmosferycznych i wysoką wilgotnością powietrza w trakcie trwania analiz przyczyniły się do pojawienia się m.in. *Puccinia porri* czy *Alternaria* spp.

Pierwszy cel badań zrealizowano na podstawie przeprowadzonych analiz polowych w trakcie trwania trzyletniego doświadczenia na terenie Stacji Doświadczalnej Katedry Ogrodnictwa w Mydlnikach. Wyniki badań wykazały brak istotnego wpływu testowanych substancji naturalnych oraz mikroorganizmów na ograniczenie porażenia liści przez *Puccinia porri*, sprawcę rdzy pora na czosnku. Coroczna obecność tego agrofaga wynikała z koncentracji upraw warzyw cebulowych, a zwłaszcza pora – głównego źródła zakażenia w pobliżu poletek

doświadczalnych czosnku. Występowanie tego patogena na liściach czosnku obserwowano przez wszystkie lata trwania doświadczenia. Do rozwoju choroby przyczynił się również przebieg warunków pogodowych – dłuższe okresy bez deszczu oraz wysokie temperatury powietrza. W przypadku porażenia liści czosnku pospolitego przez *Alternaria* spp. jedynie w 2017 roku zaobserwowano korzystne działanie standardowego preparatu chemicznego Topsin M 500 SC w ograniczeniu infekcji. Natomiast preparaty Alginure® i Polyversum WP niestety istotnie obniżały zdrowotność liści czosnku. Reszta zastosowanych w doświadczeniu preparatów nie wykazała istotnego oddziaływania na badane patogeny. Korzystne działanie preparatów Polyversum WP, Rhizo Vital 42® i Topsin M 500 SC w zmniejszaniu porażenia liści czosnku przez patogeny potwierdziły badania Nawrockiego i Pogodzińskiej [2016]. Z kolei dwuletnie badania przeprowadzone przez Nawrockiego i in. [2019b] wykazały skuteczność preparatów Alginure®, Polyversum WP, Biosept Active, Rhizo Vital 42® oraz Topsin M 500 SC w ograniczaniu porażenia liści czosnku w 2015 roku oraz Rizocore®, Rhizo Vital 42® i Topsin M 500 SC w 2016 roku.

Analizy zdrowotności cebul czosnku pospolitego, które przeprowadzono w trakcie trwania trzyletniego doświadczenia udowodniły istotnie korzystny wpływ Alginure® oraz Rizocore® na ograniczenie porażenia cebul czosnku odmiany Arkus w 2017 roku i odmiany Harnaś w 2019 roku przez patogeny grzybowe. Pozostałe zastosowane w doświadczeniu preparaty nie wykazały istotnego oddziaływania na zdrowotność cebul czosnku. Nawrocki i in. [2019b] zaobserwowali korzystny wpływ preparatów Alginure®, Polyversum WP, Rizocore® oraz Rhizo Vital® na zdrowotność piętek i cebul czosnku pospolitego odmian Arkus oraz Garpek. Potwierdzili również skuteczność substancji biologicznych zawartych w preparatach Polyversum WP, Rhizo Vital 42® oraz standardowego preparatu chemicznego Topsin M 500 SC w ograniczaniu gnicia cebul czosnku. Wcześniejsze badania Nawrockiego i Mazura [2014] potwierdziły natomiast, że preparaty Topsin M 500 SC i Biosept Active wykazały wysoką skuteczność w ograniczaniu porażenia cebul czosnku przez kompleksy grzybów *Alternaria* spp., *Fusarium* spp. oraz *Penicillium* spp. Ponadto analizy przeprowadzone przez Nawrockiego [2017] potwierdziły, że preparaty Polyversum WP, Topsin M 500 SC oraz Rhizo Vital 42® odznaczały się istotnie wyższą skutecznością w ochronie czosnku przed porażeniem przez *Fusarium* spp.

Niniejsze badania mykologiczne wykazały, iż skład gatunkowy mikroorganizmów wyizolowanych z kilku odmian chorych cebul czosnku, uprawianego na terenie Stacji Doświadczalnej Katedry Ogrodnictwa w Mydlnikach, niewiele się różnił. Zaobserwowano natomiast zróżnicowanie pod względem liczebności wyosobnionych kolonii. Większe zróżnicowanie mikroorganizmów wystąpiło na plantacjach zlokalizowanych w rejonie podkrakowskich miejscowości: Czech, Słomnik oraz Proszowic, gdzie z chorych cebul wyizolowano 300 kolonii mikroorganizmów należących do 10 gatunków w obrębie 5 rodzajów. Najliczniej wystąpiły gatunki rodzaju *Penicillium* i *Fusarium*, a także *Stromatinia cepivora* oraz *Alternaria embellisia*. Mniej licznie wyosobniono *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* i *B. alli*. Analizy mykologiczne porażonych cebul czosnku pospolitego uzyskanych z plantacji zlokalizowanych wokół Słomnik przeprowadzone przez Nawrockiego i in. [2019a] również wykazały dominację grzybów rodzaju *Fusarium* oraz *Stromatinia cepivora*. Dość licznie wyosobniono grzyby rodzaju *Penicillium* i *Botrytis*, a najmniej *Alternaria embellisia* i *A. alternata*. Natomiast w trakcie badań polowych przeprowadzonych w latach 2017-2019 na

terenie Stacji Doświadczalnej Katedry Ogrodnictwa w Mydlnikach wyizolowano łącznie 4320 kolonii grzybów należących do 27 gatunków w obrębie 10 rodzajów. Najwięcej wyizolowanych kolonii stanowiły grzyby rodzajów *Penicillium*, *Fusarium* oraz *Cladosporium*. Rodzaj *Penicillium* obejmuje grupę około 350 gatunków i jest jednym z najczęściej występujących we wszystkich strefach klimatycznych [Visagie i in. 2014]. Grzyby te występują w różnych siedliskach, od gleby przez rośliny po powietrze. Liczne gatunki tego rodzaju odgrywają istotną rolę w wytwarzaniu mykotoksyn, a także w rozkładzie materii organicznej powodując gnienie roślin w trakcie trwania uprawy, jak i podczas przechowywania. W niniejszych badaniach wyosobniono, takie gatunki jak: *P. expansum*, *P. hirsutum*, *P. chrysogenum*, *P. verrucosum*, *P. aurantiogriseum*, *P. cyclopium* f. *cyclopium* oraz *P. brevicompactum*. Mazur [1990b], Overy i in. [2005] i Valdez i in. [2009] podczas przeprowadzonych analiz wyizolowali z cebul czosnku należące do rodzaju *Penicillium* gatunki: *P. chrysogenum*, *P. hirsutum*, *P. brevicompactum* oraz *P. aurantiogriseum* czy *P. expansum*. Z kolei grzyby rodzaju *Fusarium* są najczęściej izolowanymi fitopatogenami upraw rolniczych na całym świecie, przyczyniając się do ogromnych strat gospodarczych. Charakteryzuje je wysoka patogeniczność oraz toksynotwórczość, przez co uznano je za jedno z najgroźniejszych grzybów strzępkowych. Są szeroko rozpowszechnione w glebie, ale mogą rozwijać się też na resztkach roślinnych. Grzyby rodzaju *Fusarium* powodują liczne choroby roślin, co skutkuje obniżeniem plonu roślin, ale również skażeniem płodów rolnych niebezpiecznymi metabolitami wtórnymi - mykotoksynami [Suchorzyńska i Misiewicz 2009]. W niniejszych analizach z chorych ząbków czosnku wyizolowano, takie gatunki jak: *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. incarnatum*, *F. proliferatum* oraz *F. chlamydosporum*. Jepson [2008], Elshahawy i in. [2017], Ignjatov i in. [2018] oraz Gasser i in. [2023] zaobserwowali, że *F. proliferatum*, a także *F. oxysporum*, *F. culmorum* i *F. solani* wykazują znaczną patogeniczność wobec czosnku oraz są główną przyczyną gnicia cebul w trakcie przechowywania. Natomiast Al-Rajhi i in. [2022] z chorych cebul *Allium sativum* wyizolowali *F. incarnatum*. Grzyby rodzaju *Cladosporium* są szeroko rozpowszechnionymi mikroorganizmami, które najczęściej zasiedlają glebę, powietrze oraz materię organiczną. Przyczyniają się do chorób roślin, rozkładu materii organicznej oraz mogą wywoływać alergie u ludzi [Bensch i in. 2012]. W przedstawionych badaniach wyosobniono *Cladosporium allii-cepae* i *C. herbarum*. Mniej liczne były kolonie należące do rodzajów: *Alternaria*, *Botrytis*, *Cylindrocarpon* oraz *Botryotinia*. Grzyby rodzaju *Alternaria* są wszechobecne na całym świecie. Występują w glebie, wodzie, powietrzu, na produktach żywnościowych. Liczne gatunki tego rodzaju są wyspecjalizowanymi patogenami roślin powodując choroby roślin zarówno ważnych gospodarczo jak i tylko o znaczeniu endemicznym [Ogórek i in. 2011]. W niniejszych analizach identyfikowano *A. alternata* i *A. embellisia*. Grzyby rodzaju *Botrytis* to mikroorganizmy kosmopolityczne, występujące powszechnie na całym świecie i powodujące duże straty gospodarcze w różnych uprawach. Są uznawane za jedno z najważniejszych patogenów pozbiornych [Elad i in. 2007]. W przedstawionych badaniach wyosobniono *B. cinerea*, *B. alli* oraz *Botryotinia globosa*. Najmniej licznie obecne były patogeny: *Aspergillus niger*, *Helicobasidium purpureum*, *Stromatinia cepivora* oraz *Epicoccum nigrum*. Analizy mykologiczne czosnku uprawianego w Stacji Doświadczalnej Katedry Ogrodnictwa w Mydlnikach przeprowadzone przez Nawrockiego i in. [2019a] wykazały, że najczęściej wystąpiły grzyby rodzaju *Fusarium*, głównie *F. oxysporum*. Dość licznie

wyosobniano grzyby rodzaju *Penicillium* i *Botrytis*, a najrzadziej gatunki *A. alternata* oraz *A. embellisia*. Również badania Mazura [1996b] wykazały, że patogeny rodzajów *Penicillium* i *Fusarium* były najliczniej reprezentowane wśród ogółu wyosobnionych mikroorganizmów. Rzadziej wyosobnione zostały kolonie: *A. embellisia*, *B. alli*, *B. cinerea*, *F. chlamydosporum* oraz *A. alternata*. Analizy przeprowadzone przez Lee i Magan [2010] wskazują, że gnicie cebul czosnku powodowane było przez grzyby rodzajów *Penicillium*, *Botrytis*, *Fusarium* oraz *Alternaria embellisia*. W trakcie badań autorzy zaobserwowano, iż *A. embellisia* odznacza się mniejszą patogennością względem czosnku niż pozostałe fitopatogeny. Z kolei Dugan [2007] oraz Dugan i in. [2007] wyosobnili z chorych roślin czosnku wiele patogenicznych grzybów, które zidentyfikowali jako *Aspergillus niger*, *Alternaria embellisia*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*, *F. proliferatum* oraz *Penicillium hirsutum*. Badania Hanan i Shaban [2014] przeprowadzone na zebranych cebulach czosnku z wyraźnymi objawami chorobowymi wykazały występowanie takich gatunków jak: *Aspergillus niger*, *Botrytis allii*, *Fusarium solani*, *Penicillium chrysogenum*, *Cladosporium* sp. oraz *Stromatinia cepivora*. *Stromatinia cepivora* została wyizolowana również w trakcie doświadczeń przeprowadzonych przez Elshahawy i in. [2019a].

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki pomiarów biometrycznych główek czosnku pospolitego po zastosowaniu testowanych preparatów biologicznych i biotechnicznych. W literaturze brak jest dostępnych badań dotyczących wpływu tych preparatów na parametry biometryczne jak masa czy liczba ząbków w główce. Masa główek zależy głównie od odmiany czosnku. Główki odmian ozimych są większe, a tym samym ich masa jest znacznie większa niż masa główek odmian jarych. Majkowska-Gadomska i Wierzbicka [2006] w swojej pracy wykonały pomiary masy główek czosnku odmian Arkus i Harnaś, która wahała się od 55,5 do 75,7 g. Wartości te nie odbiegały znacznie od pomiarów uzyskanych w przedstawionej pracy. Wyniki masy główek czosnku odmian Garpek i Jarus nie mogą być porównywalne z badaniami innych autorów, ponieważ nie znaleziono w literaturze danych dotyczących tych odmian. W przedstawionych analizach zaobserwowano, że większość zastosowanych substancji naturalnych i mikroorganizmów nie wykazała istotnego wpływu na masę główek czosnku ozimego i jarego. Masa główek odmian ozimych czosnku wahała się od 16,71 do 63,31 g. Natomiast masa główek czosnku jarego mieściła się w przedziale od 9,84 do 18,62 g. Preparat Rizocore® wykazał istotnie korzystny wpływ na masę główek czosnku odmiany Harnaś w 2017 roku oraz odmiany Garpek w 2018 i 2019 roku. Natomiast substancja aktywna zawarta w Rhizo Vital 42® wpływała istotnie korzystnie na masę główek czosnku odmiany Harnaś w 2017 roku. Liczba ząbków czosnku odmian ozimych mieściła się w przedziale od 3,44 do 11,11 szt. Liczba ząbków w główce czosnku odmiany Jarus wahała się od 7,93 do 11,56 szt. Badany parametr podobnie jak masa jest zależny głównie od odmiany czosnku. Odmiany jare zawierają więcej ząbków niż ozime. W doświadczeniach Majkowskiej-Gadomskiej i Wierzbickiej [2006] liczba ząbków czosnku ozimego odmiany Arkus wahała się od 5,0 do 5,7 szt., natomiast odmiany Harnaś od 7,3 do 8,0 szt. Wartości te nie odbiegały znacznie od pomiarów uzyskanych w niniejszej pracy. Brak jest natomiast danych literaturowych odnośnie odmian Garpek oraz Jarus. Analizy biometryczne cebul czosnku pospolitego przeprowadzone w trakcie trzyletniego doświadczenia wykazały istotnie korzystny wpływ substancji aktywnych zawartych w preparatach Biosept Active oraz Topsin M 500 SC na liczbę ząbków w główce czosnku odmiany Garpek i Jarus w 2018 roku. Korzystny wpływ na badany parametr wykazał

również Topsin M 500 SC w przypadku odmiany Garpek w 2017 roku. Mikroorganizmy zawarte w preparacie Rizocore® wykazały istotnie pozytywny wpływ na liczbę ząbków zawartą w główkach odmiany Garpek, w roku 2017 i 2018 oraz odmiany Jarus w roku 2019. Preparat Alginure® odznaczał się istotnie korzystnym wpływem na badany parametr czosnku odmian Garpek w 2018 roku i Jarus w 2019 roku. Mikroorganizm zawarty w preparacie Polyversum WP wykazał istotnie korzystnie oddziaływanie na liczbę ząbków czosnku odmian Garpek w 2018 roku oraz Jarus w 2019 roku. Natomiast preparat Rhizo Vital 42® wpływał istotnie korzystnie na ten parametr w główkach czosnku odmiany Jarus w roku 2018 i 2019. Substancja aktywna zawarta w preparacie Wetcit™ istotnie korzystnie oddziaływała na liczbę ząbków w główkach czosnku odmiany Jarus w 2019 roku.

W trakcie analiz laboratoryjnych przeprowadzonych w warunkach *in vitro* wykazano, że działanie fungistatyczne analizowanych substancji aktywnych jest zróżnicowane i w dużym stopniu zależy od rodzaju testowanego preparatu, jego stężenia oraz od gatunku badanego grzyba. Substancja aktywna zawarta w Biosept Active wykazała istotnie korzystny wpływ na zahamowanie wzrostu liniowego kolonii *Alternaria alternata*, *A. embellisia*, *Botrytis cinerea* oraz *Penicillium expansum*. Natomiast w przypadku *Fusarium avenaceum* i *F. oxysporum* preparat ten również istotnie ograniczał wzrost liniowy grzybni, ale jego skuteczność była dużo niższa. Biosept Active stymulował natomiast wzrost grzybni *Stromatinia cepivora*. W badaniach przeprowadzonych przez Świerczyńską [2010] zaobserwowano istotnie skuteczny wpływ preparatu opartego na ekstrakcie z grejpfruta na ograniczanie wzrostu liniowego kolonii *Fusarium avenaceum* i *F. oxysporum*. Również Patkowska [2006] i Dłużniewska [2012] potwierdzają korzystny wpływ ekstraktu z grejpfruta na zahamowanie wzrostu liniowego *A. alternata*, *B. cinerea* i *F. oxysporum* wyizolowanych z nasion fasoli i grochu. Analizy przeprowadzone w warunkach *in vitro* przez Piętę i in. [2004] wykazały, że ekstrakt z grejpfruta skutecznie hamował wzrost liniowy *A. alternata*, *B. cinerea*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *R. solani* i *S. sclerotiorum*. Toppe i in. [2007] potwierdzili, że preparaty zawierające ekstrakt z grejpfruta wykazują działanie ochronne przeciw patogenom należącym do rodzaju *Botrytis*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Phytophthora* oraz *Podospharea*. Podczas testowania preparatu biotechnicznego Wetcit™ zaobserwowano jego istotnie korzystny wpływ na zahamowanie wzrostu liniowego grzybni *Alternaria alternata*, *A. embellisia*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium avenaceum*, *F. oxysporum*, *Penicillium expansum* oraz *Stromatinia cepivora*. W literaturze mało jest dostępnych informacji z opisem działania preparatów opartych na olejkach cytrusowych, zwłaszcza olejku pomarańczowego. Jak podaje Kurzawińska i in. [2012] preparat oparty na olejku pomarańczowym (Prev-Am 060 SL) w znacznym stopniu ograniczał wzrost kolonii *A. alternata* oraz *F. avenaceum* wyizolowanych z pędów bukszpanu. Ta substancja aktywna również skutecznie ograniczała rozwój *B. cinerea* na korzeniach pietruszki [Włodarek i in. 2013]. Jak zaobserwowali Viuda-Martos i in. [2008] olejek pomarańczowy wykazał właściwości fungistatyczne wobec *Penicillium chrysogenum* oraz *P. verrucosum*. Badania Oladele i in. [2019] również potwierdziły korzystny wpływ testowanej substancji aktywnej na hamowanie wzrostu kolonii *Aspergillus niger* i *Alternaria alternata*. Natomiast Aruna i in. [2022] w swoich doświadczeniach wykazali ograniczający wpływ oleju pomarańczowego na wzrost *Penicillium* spp. oraz *Fusarium* spp.

W przeprowadzonych badaniach określono patogeniczność 15 gatunków grzybów wyizolowanych z chorych cebul czosnku dla odmian Arkus, Garpek, Harnaś oraz Jarus.

Wykazały one, że w zależności od gatunku patogena, odmiany i czasu inkubacji, potencjał infekcyjności najbardziej przejawiały: *Penicillium hirsutum*, *P. verrucosum* oraz *P. expansum*, mniejszy zaś *Fusarium avenaceum*, *F. culmorum*, *F. solani*, *Alternaria alternata* i *Botrytis alli*. Grzybami o najwyższych uzdolnieniach patogeniczności okazały się *Penicillium hirsutum* i *P. verrucosum*. Patogeny te najszybciej opanowywały tkanki czosnku każdej testowanej odmiany. Najszybciej *P. hirsutum* rozwijał się na uszkodzonych ząbkach czosnku odmiany Harnaś, gdzie nekroza po 7 dniach osiągnęła średnią długość niemal 15 mm. Natomiast *P. verrucosum* najszybciej porażał tkanki ząbków czosnku odmiany Jarus, a średnia długość nekrozy po 7 dniach osiągnęła ponad 11,5 mm. Często objawy choroby zaobserwowano w postaci gnilnych plam oraz obfitej grzybni. Kolejnym gatunkiem rodzaju *Penicillium*, który wykazał wysoką patogeniczność był *P. expansum*, wywołując największe nekrozy tkanki po 7 dniach, wynoszące średnio 7,50 mm na ząbkach odmiany Harnaś. *P. chrysogenum* również wykazał patogeniczność wobec czosnku pospolitego, ale była ona znacznie niższa niż pozostałych gatunków rodzaju *Penicillium*. Największą nekrozę wynoszącą ponad 6 mm po 7 dniach powodował na ząbkach czosnku odmiany Garpek. Natomiast najmniejsze nekrozy powodował na ząbkach odmiany Arkus. Jak podają Kryczyński i Weber [2010] gatunki rodzaju *Penicillium* zaliczają się do patogenów „przechowalniczych”, które odgrywają znaczną rolę w wywoływaniu zgnilizn na wielu roślinach, w tym na warzywach cebulowych. W przeprowadzonych analizach wykazano chorobotwórczy charakter kilku gatunków rodzaju *Fusarium*, który ujawniły istotne powinowactwo pasożytnicze wobec tkanek czosnku pospolitego. Patogeniczność mierzona wielkością nekrozy powodowanej przez *F. avenaceum* była najwyższa dla odmiany Jarus a najniższa dla odmiany Garpek. Natomiast najmniejszą patogeniczność patogen wykazał wobec ząbków czosnku odmiany Garpek. *F. culmorum* również powodował nekrozy u analizowanych odmian. Najszybciej nekrozy te rozwijały się czosnku odmiany Jarus, zaś najwolniej na ząbkach odmiany Arkus. Kolejnym patogenem, który wykazał chorobotwórczy charakter wobec czosnku pospolitego był *F. solani*. Powodował największe nekrozy tkanki roślinnej po okresie 7 dniach, wynoszące ponad 7 mm, na ząbkach czosnku odmiany Arkus. Najwolniej zaś porażał tkanki odmiany Garpek. Najniższą patogeniczność wobec czosnku wykazały *F. oxysporum* i *F. incarnatum*. Nekrozy powodowane przez *F. oxysporum* były największe w przypadku odmiany Garpek a najmniejsze obserwowano u odmiany Harnaś i wynosiły one odpowiednio 4,31 mm i 2,67 mm. Grzyby rodzaju *Fusarium* zaliczane są do najgroźniejszych fitopatogenów roślin. Powodują zgnilizny korzeni, porażając rośliny we wszystkich fazach rozwoju. Często wnikają do ran, które wcześniej wytworzyły inne patogeny, jako mikroorganizmy wtórne [Płaskowska 2010]. *A. alternata* najszybciej porażał tkanki czosnku odmiany Arkus. Średnia długość nekrozy po 7 dniach wynosiła 6,78 mm. Najśłabszą patogeniczność wykazał wobec czosnku Jarus. Jak wykazują liczne badania grzyby rodzaju *Alternaria* przyczyniają się do znacznych strat gospodarczych, poprzez powodowanie zgnilizn w trakcie przechowywania oraz transportu [Ogórek i in. 2011]. *A. embellisia* jest patogenem powodującym plamistość cebul czosnku. Niniejsze doświadczenia wykazały, że ma on niewielkie zdolności patogeniczne wobec czosnku. Najwyższą średnią długość nekrozy jaką powodował po 7 dniach wynosiła 1,89 mm na ząbkach odmiany Jarus. Najniższe długości nekroz stwierdzono na odmianie Harnaś. W przeprowadzonych analizach wykazano chorobotwórczy charakter kilku gatunków rodzaju *Botrytis*. *B. alli* najwyższe zdolności patogeniczne wykazał wobec ząbków czosnku odmiany

Jarus. Średnia długość nekrozy po 7 dniach wynosiła 5,89 mm. Najslabiej patogen porażał obiekty odmiany Harnaś. *B. cinerea* wykazał niższy poziom patogeniczności niż *B. alli*. Patogen ten po 7 dniach osiągnął najwyższą średnią długość nekrozy, wynoszącą 3,67 mm na ząbkach czosnku odmiany Garpek. Najslabszą patogeniczność *B. cinerea* wykazał wobec odmiany Arkus. Jak podaje Hua i in. [2018] grzyb ten zaliczany jest do najgroźniejszych patogenów porażających rośliny przed i po zbiorze. Straty gospodarcze, które powoduje mogą przekraczać miliardy dolarów rocznie na całym świecie. W przypadku *Botryotinia globosa* najwyższy potencjał chorobotwórczy grzyb wykazał wobec tkanek ząbków czosnku odmiany Garpek. Po 7 dniach wielkość nekrozy wyniosła ponad 4 mm. Najslabiej patogen porażał tkanki roślinne odmian Arkus i Jarus. Grzyb *Stromatinia cepivora* w przeprowadzonych analizach wykazał niewielkie uzdolnienia patogeniczne wobec czosnku pospolitego. Najwyższą średnią długość nekrozy po 7 dniach, wynoszącą 3,82 mm, obserwowano na czosnku odmiany Jarus. Darwesh i Elshahawy [2021] opisują *Stromatinia cepivora*, jako główny problem w uprawach cebuli i czosnku. Sklerocja, które pozostają w martwej tkance roślin oraz glebie, mogą przetrwać dziesiątki lat, a w sprzyjających warunkach wywołać infekcje w kolejnych latach uprawy. Badania Gálvez i Palmero [2021] potwierdziły zdolności patogeniczne *F. proliferatum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *P. allii*, *A. embellisia* (syn. *Embellisia allii*) oraz *S. vericarium* wobec czosnku pospolitego. Również analizy Dugan i in. [2007] wykazały chorobotwórczy charakter *A. embellisia* (syn. *Embellisia allii*), *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepaе*, *Fusarium proliferatum*, *Penicillium hirsutum* oraz *Botrytis porri*. Valdez i in. [2009] w przeprowadzonych doświadczeniach nie potwierdzili patogeniczności grzybów rodzaju *Penicillium*: *P. chrysogenum*, *P. brevicompactum* oraz *P. aurantiogriseum* wobec czosnku pospolitego. Hanan i Shaban [2014] zidentyfikowali wiele patogenicznych grzybów na czosnku: *Botrytis allii*, *Fusarium solani*, *Penicillium chrysogenum* oraz *Stromatinia cepivora*. Natomiast Mazur [1996b] wyosobnił patogeniczne wobec czosnku gatunki *P. verrucosum*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum*, *A. embellisia*, *B. alli*, *B. cinerea*, *F. chlamydosporum* oraz *A. alternata*. Ponadto Jepson [2008] zidentyfikował grzyby *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepaе*, *F. proliferatum* i *F. culmorum*, jako patogeny powodujące choroby cebul czosnku w Ameryce Północnej.

Test na kiełkowanie zarodników wykazał, że zastosowane w doświadczeniu preparaty biotechniczne - Biosept Active, Wetcit™ i Alginure® istotnie hamowały kiełkowanie zarodników *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* oraz *Fusarium oxysporum*. Biosept Active w najwyższym stopniu ograniczał kiełkowanie zarodników *Fusarium oxysporum*, mniejszą skuteczność w działaniu wykazał wobec *Alternaria alternata* oraz *Botrytis cinerea*. Procent skiełkowanych zarodników wynosił odpowiednio 5,60%, 12,60% i 18,20%. Jak podają Orlikowski i in. [2001a], Orlikowski i in. [2001b] oraz Jemiołowska i Hetman [2016] związki, które znajdują się w ekstrakcie grejpfruta, będące substancjami aktywnymi Biosept Active skutecznie hamowały kiełkowanie zarodników *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* oraz *Botrytis cinerea*. Preparat oparty na olejku pomarańczowym - Wetcit™ wykazał najwyższą skuteczność w ograniczaniu kiełkowania zarodników *Botrytis cinerea*. Natomiast w przypadku *Fusarium oxysporum* zaobserwowano jego najslabsze działanie. Badania Zohra i in. [2015] wykazały skuteczność olejku pomarańczowego w hamowaniu kiełkowania zarodników *Fusarium oxysporum*, *Fusarium* sp. oraz *Alternaria* sp. Analizy przeprowadzone przez Sharma i Tripathi [2006] również wykazały skuteczność badanej substancji aktywnej na ograniczanie

kiełkowania zarodników *Botrytis cinerea* i *Alternaria alternata*. W literaturze przedmiotu mało jest opracowań dotyczących hamowania kiełkowania zarodników *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* oraz *Botrytis cinerea* przez substancję aktywną – ekstrakt z alg morskich, zawarty w Alginure®. Sammama i in. [2019] w przeprowadzonych badaniach wykazali skuteczność ekstraktu z alg w ograniczaniu kiełkowania zarodników *B. cinerea* i *A. alternata*. W niniejszych badaniach preparat Alginure® w najwyższym stopniu hamował kiełkowanie zarodników *Botrytis cinerea*. Mniejszą skuteczność w działaniu wykazał w stosunku do *Alternaria alternata* i *Fusarium oxysporum*.

Czosnek, jako roślina przyprawowa, a także lecznicza odznacza się wysoką zawartością substancji aktywnych w cebulach. Istotnym parametrem, który decyduje o przydatności roślin do przemysłu spożywczego jest zawartość suchej masy. Zastosowane w doświadczeniach do ochrony czosnku przed chorobami preparaty wpłynęły na zmiany ilościowo-jakościowe cebul w różnym stopniu. W literaturze brak jest dostępnych badań dotyczących wpływu preparatów biologicznych i biotechnicznych na skład chemiczny główek czosnku. W przedstawionej pracy zawartość suchej masy w główkach czosnku mieściła się w przedziale od 14,31 do 58,61%. Podobne zawartości suchej masy uzyskali Ciuba i in. [2016] – od 28,13 do 38,49%, Oczkowicz i in. [2016], Petropoulos i in. [2018b] oraz Gadel-Hak i in. [2011] - od 28,31 do 35,31%. Zaobserwowano istotnie korzystny wpływ wszystkich zastosowanych preparatów na zawartość suchej masy w cebulach czosnku odmiany Arkus. W przypadku ząbków czosnku odmiany Garpek stwierdzono, że w zależności od przebiegu warunków pogodowych zmieniał się wpływ zastosowanych preparatów na zawartość suchej masy. W 2017 roku zaobserwowano, iż Rizocore® wpływał istotnie korzystnie na ten parametr, zaś Polyversum WP istotnie obniżał zawartość suchej masy w cebulach czosnku. Natomiast w 2019 roku wszystkie zastosowane w doświadczeniu preparaty istotnie obniżały ten parametr. Zawartość suchej masy w ząbkach czosnku odmiany Harnaś była istotnie niższa po zastosowaniu Polyversum WP oraz RhizoVital 42®. Cebule czosnku odmiany Jarus, na których zastosowano Alginure®, Rizocore® oraz RhizoVital 42® w zależności od przebiegu warunków pogodowych wykazywały wyższe lub niższe wartości suchej masy. Preparaty Wetcit™ oraz Biosept Active powodowały istotny wzrost zawartości suchej masy u tej odmiany.

W trakcie długotrwałego przechowywania czosnku następuje rozkład cukrów prostych na złożone, co może doprowadzić to do zmniejszenia ich wartości. W niniejszej pracy wykonano analizy na zawartość cukrów rozpuszczalnych w czosnku badanych odmian po zastosowaniu do ochrony roślin testowanych preparatów biologicznych i biotechnicznych. Zawartość węglowodanów w ząbkach czosnku wahała się od 8,99 do 34,27 mg 100g⁻¹św.m. Podobne zawartości węglowodanów uzyskali Oczkowicz i in. [2016] – od 21,70 do 34,05 mg 100g⁻¹św.m oraz Lisciani i in. [2017] – od 21,20 do 32,70 mg 100g⁻¹św.m. Natomiast Petropoulos i in. [2018b] uzyskali wyższe wartości tego parametru, mieszczące się w przedziale od 23,13 do 36,03 mg 100g⁻¹św.m, zaś Majkowska-Gadomska i in. [2019] otrzymali niższe wartości cukrów w badanych obiektach - od 12,93 do 16,11 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano, że Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Biosept Active oraz Wetcit™ obniżają zawartość cukrów rozpuszczalnych w cebulach czosnku odmiany Arkus. W przypadku czosnku odmiany Garpek stwierdzono, istotnie korzystny wpływ substancji aktywnej zawartej w Wetcit™ na badany parametr. Zawartość węglowodanów w ząbkach czosnku odmiany Harnaś potraktowanych RhizoVital 42® w zależności od przebiegu warunków pogodowych

istotnie się zmieniała – w 2017 roku była wyższa, zaś w 2018 roku była niższa. Ponadto preparat Rizocore® wykazał istotny korzystny wpływ na zawartość cukrów rozpuszczalnych w ząbkach czosnku tej odmiany, natomiast Alginure® i Polyversum WP wpływały na niego niekorzystnie. Zawartość węglowodanów w ząbkach czosnku odmiany Jarus istotnie obniżały Polyversum WP i RhizoVital 42®, zaś preparaty Topsin M 500 SC oraz Biosept Active istotnie zwiększały ten parametr, który wynosił 22,72 mg 100g⁻¹św.m oraz 24,20 mg 100g⁻¹św.m.

Kwas L-askorbinowy jest niezwykle ważnym składnikiem pokarmowym odgrywającym istotną rolę w funkcjonowaniu ludzkiego organizmu. Podstawowym jego źródłem są świeże owoce i warzywa. W niniejszej pracy jego zawartość mieściła się w przedziale od 15,83 do 33,61 mg 100g⁻¹św.m. Analizy przeprowadzone przez Wierzbicką i Kuskowską [2002] określiły zawartość kwasu L-askorbinowego w czosnku, która wynosiła od 7,70 do 15,90 mg 100g⁻¹św.m. Podobną zawartość witaminy C uzyskali Kopeć i in. [2020] - od 23,51 do 31,51 mg 100g⁻¹św.m oraz Majkowska-Gadomska i in. [2019a] – od 13,70 do 24,20 mg 100g⁻¹św.m. Azzini i in. [2014] w swoich analizach uzyskali zawartość kwasu L-askorbinowego na podobnym poziomie, jaki w przedstawionych badaniach, parametr ten mieścił się w przedziale od 11,01 do 21,59 mg 100g⁻¹św.m. Natomiast niższą zawartość witaminy C otrzymali Gadel-Hak i in. [2011] - parametr ten wahał się od 4,20 do 8,45 mg 100g⁻¹św.m oraz Gambelli i in. [2021], których wyniki mieściły się w przedziale od 9,70 do 15,60 mg 100g⁻¹św.m. Również Akinwande i Olatunde [2015] w swoich doświadczeniach wykazali niską zawartość kwasu L-askorbinowego w cebulach czosnku, która wynosiła 8,00 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano w niniejszych badaniach, że Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore® oraz RhizoVital 42® obniżają zawartość kwasu L-askorbinowego w czosnku odmiany Arkus. Natomiast Wetcit™ wpływał korzystnie na poziom witaminy C u tej odmiany. Preparat Biosept Active w zależności od przebiegu warunków pogodowych różnicował zawartość kwasu L-askorbinowego – w 2017 i 2019 roku niekorzystnie, zaś w 2018 roku korzystnie. Zawartość witaminy C w ząbkach czosnku odmiany Garpek istotnie obniżały preparaty: Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42®. Zaobserwowano niekorzystny wpływ prawie wszystkich zastosowanych preparatów na zawartość kwasu L-askorbinowego w cebulach czosnku odmiany Harnaś i to istotnie. Jedynie Rizocore® w zależności od przebiegu warunków pogodowych wpływał niekorzystnie – 2018 i 2019 roku, lub korzystnie – 2017 rok na wartość witaminy C u tej odmiany. W przypadku odmiany Jarus stwierdzono, że preparaty Alginure®, Polyversum WP, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Rizocore® istotnie obniżały zawartość kwasu L-askorbinowego.

Występowanie makro- i mikroelementów w warzywach jest niezwykle istotne ze względu na ich właściwości, zwłaszcza w trakcie przechowywania. Wzrost wszystkich składników mineralnych, który można zaobserwować w okresie przechowywania związany jest ze zwiększeniem ilości suchej masy w główkach czosnku, spowodowanej ubytkiem wody. Wapń jest niezbędnym składnikiem budulcowym oraz regulacyjnym. W niniejszej pracy średnia zawartość wapnia mieściła się w przedziale od 0,34 do 20,98 mg 100g⁻¹św.m. Podobne średnie zawartości wapnia w roślinach czosnku uzyskali Sajid i in. [2014] - 19,83 mg 100g⁻¹św.m, Yusuf i in. [2018] - 26,30 mg 100g⁻¹św.m oraz Muhammad i Idris [2019] – 23,40 mg 100g⁻¹św.m. Petropoulos i in. [2018b] w swoich badaniach uzyskali dużo wyższą zawartość wapnia w roślinach czosnku niż w niniejszych doświadczeniach – od 163 do 963 mg 100g⁻¹św.m. Również analizy Gambelli i in. [2021] wykazały wyższe wartości wapnia w cebulach. Badany

parametr mieścił się w przedziale od 23,00 do 50,00 mg 100g⁻¹św.m. W przypadku ząbków czosnku odmiany Arkus stwierdzono, że w zależności od przebiegu warunków pogodowych zmieniał się wpływ zastosowanych preparatów na zawartość wapnia. Zaobserwowano, iż Alginure®, Wetcit™ i Polyversum WP w jednym roku wpływały korzystnie na ten parametr, zaś w drugim roku obniżały zawartość wapnia w czosnku. Preparaty Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC oraz Rizocore® istotnie zwiększały poziom wapnia u odmiany odmiany Garpek. Zawartość wapnia w czosnku odmiany Harnaś istotnie obniżały preparaty Wetcit™ i Rizocore®. Natomiast Alginure®, RhizoVital 42® oraz Biosept Active wpływały korzystnie na ten parametr. Preparaty Polyversum WP i Topsin M 500 SC w zależności od przebiegu warunków pogodowych różnie wpływały na zawartość wapnia w cebulach czosnku tej odmiany. Zaobserwowano korzystny wpływ RhizoVital 42® i Topsin M 500 SC na zawartość wapnia w ząbkach czosnku odmiany Jarus. Natomiast Biosept Active negatywnie wpływał na ten parametr. Preparat Rizocore® w zależności od przebiegu warunków pogodowych powodował obniżenie lub zwiększenie zawartości wapnia u tej odmiany.

Potas w sposób znaczący wpływa na przemianę materii oraz procesy wzrostowe u roślin. W niniejszych doświadczeniach zawartość tego elementu mieściła się od 86,27 do 190,91 mg 100g⁻¹św.m. Sajid i in. [2014] w swoich doświadczeniach uzyskali dużo niższą zawartość potasu w roślinach czosnku niż w przedstawionych analizach, która wynosiła 54,65 mg 100g⁻¹św.m. Również Yusuf i in. [2018] oraz Muhammad i Idris [2019] uzyskali bardzo niski poziom badanego parametru, który wynosił odpowiednio 10,10 mg 100g⁻¹św.m i 10,95 mg 100g⁻¹św.m. Natomiast analizy wykonane przez Gambelli i in. [2021] oraz Petropoulos i in. [2018b] wykazały dużo wyższą zawartość potasu w roślinach czosnku, ich wyniki mieściły się odpowiednio w przedziale od 645,0 do 1054,0 mg 100g⁻¹św.m i od 446,0 do 675,0 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano istotnie niekorzystny wpływ Alginure®, Polyversum WP, Biosept Active oraz RhizoVital 42® na poziom potasu w cebulach czosnku odmiany Garpek. Stwierdzono, że preparaty Alginure®, Polyversum WP oraz Topsin M 500 SC wykazały istotnie korzystny wpływ na zawartość potasu u odmiany Harnaś. Natomiast preparaty Biosept Active, RhizoVital 42® i Wetcit™ istotnie niekorzystnie oddziaływały na ten parametr. W przypadku odmiany Jarus preparaty Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ obniżały istotnie zawartość potasu.

Sód jest niezbędnym minerałem w procesie fotosyntezy. Zawartość tego składnika wahała się od 0,13 do 5,64 mg 100g⁻¹św.m. Podobną zawartość sodu w roślinach czosnku wynoszącą 4,1 mg 100g⁻¹św.m uzyskali Sajid i in. [2014]. Wyższe wartości sodu w czosnku, które mieściły się w przedziale od 7,0 do 36,0 mg 100g⁻¹św.m otrzymali Petropoulos i in. [2018b]. Również doświadczenia przeprowadzone przez Gambelli i in. [2021] wykazały wyższą zawartość sodu w roślinach niż w niniejszych badaniach, gdyż wahały się od 4,0 do 23,0 mg 100g⁻¹św.m. Stwierdzono istotnie korzystny wpływ preparatów Alginure®, Polyversum WP, Biosept Active, Topsin M 500 SC oraz Rizocore® na zawartość sodu u odmiany Garpek. W przypadku czosnku odmiany Harnaś zaobserwowano istotnie negatywny wpływ preparatów Biosept Active, Rizocore® oraz Polyversum WP na zawartość sodu. Natomiast RhizoVital 42® w zależności od przebiegu warunków pogodowych obniżał w 2017 rok, lub poprawiał w 2018 rok poziom sodu u tej odmiany i to istotnie. Zawartość sodu w cebulach czosnku odmiany Jarus istotnie zmniejszały preparaty: Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42®.

Cynk jest jednym ze szczególnie ważnych i niezbędnych minerałów, który oddziałuje na wszystkie podstawowe procesy życiowe. W niniejszych doświadczeniach uzyskano zawartość cynku, która mieściła się w przedziale od 13,57 do 22,62 mg 100g⁻¹św.m. Niższą zawartość cynku wynoszącą 0,34 mg 100g⁻¹św.m uzyskali Sajid i in. [2014] oraz Yusuf i in. [2018]. Również Muhammad i Idris [2019] otrzymali niską zawartość cynku w czosnku, która wynosiła 0,44 mg 100g⁻¹św.m. Analizy przeprowadzone przez Gambelli i in. [2021] wykazały wartość cynku, która mieściła się w przedziale od 1,43 do 1,85 mg 100g⁻¹św.m. Petropoulos i in. [2018b] w swoich badaniach uzyskali wyniki wahające się od 0,55 do 1,52 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano, że Biosept Active, WetcitTM i Topsin M 500 SC istotnie negatywnie wpływały na zawartość cynku w cebulach czosnku odmiany Arkus. Preparat Alginure® istotnie korzystnie wpływał na poziom cynku w tej odmianie. Natomiast Polyversum WP i RhizoVital 42® w zależności od przebiegu warunków pogodowych istotnie obniżały lub poprawiały poziom tego pierwiastka. Analizy cebul czosnku odmiany Garpek wykazały istotnie korzystne oddziaływanie WetcitTM na zawartość cynku. Natomiast Alginure®, Polyversum WP, Rizocore® oraz Biosept Active obniżały zawartość tego pierwiastka w cebulach tej odmiany. Stwierdzono, że Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42® pozytywnie wpływały na zawartość cynku w ząbkach czosnku odmiany Harnaś. W przypadku cebul czosnku odmiany Jarus zaobserwowano istotnie korzystny wpływ Polyversum WP i RhizoVital 42® na poziom cynku. Natomiast preparat Rizocore® istotnie obniżał ten parametr.

Magnez jest składnikiem niezbędnym w procesach budulcowych oraz enzymatycznych. W przedstawionej pracy średnia zawartość magnezu wahała się od 1,28 do 9,00 mg 100g⁻¹św.m. Podobną zawartość magnezu w cebulach czosnku wynoszącą 3,9 mg 100g⁻¹św.m uzyskali Muhammad i Idris [2019]. Wyższą zawartość magnezu mieszczącą się w przedziale od 23,1 do 63,1 mg 100g⁻¹św.m otrzymali Petropoulos i in. [2018b]. Badania przeprowadzone przez Gambelli i in. [2021] wykazały zawartość magnezu w granicach od 37,0 do 54,0 mg 100g⁻¹św.m. Natomiast dużo niższą zawartość magnezu uzyskali Yusuf i in. [2018], która wynosiła 0,001 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano negatywny wpływ Rizocore® na poziom magnezu u odmiany Arkus. Natomiast preparat Alginure® istotnie korzystnie oddziaływał na jego zawartość u tej odmiany. Stwierdzono, że Rizocore® i RhizoVital 42® istotnie negatywnie wpływały na zawartość magnezu u odmiany Harnaś. Natomiast preparaty Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Biosept Active oraz WetcitTM w zależności od przebiegu warunków pogodowych istotnie zmiennie wpływały na poziom tego pierwiastka.

Zawartość manganu uzyskana w niniejszych analizach mieściła się w przedziale od 0,40 do 6,82 mg 100g⁻¹św.m. Podobne wyniki zawartości manganu w cebulach czosnku uzyskane ze swoich badań otrzymali Gambelli i in. [2021]. Wartość tego parametru mieściła się w przedziale od 0,44 do 0,65 mg 100g⁻¹św.m. Dużo niższą zawartość manganu niż w niniejszych analizach uzyskali Yusuf i in. [2018], gdzie wartość ta wynosiła 0,001 mg 100g⁻¹św.m oraz Sajid i in. [2014], którzy uzyskali wynik na poziomie 0,016 mg 100g⁻¹św.m. W zależności od przebiegu warunków pogodowych zaobserwowano zróżnicowany wpływ Rizocore®, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz WetcitTM na zawartość manganu u odmiany Arkus. Preparaty Alginure® i Polyversum WP wpływały istotnie korzystnie na jego poziom w cebulach tej odmiany. Natomiast Topsin M 500 SC wykazał istotnie negatywny wpływ na zawartość tego pierwiastka. W przypadku ząbków czosnku odmiany Garpek stwierdzono, że

preparaty Rizocore®, Topsin M 500 SC oraz Biosept Active istotnie obniżają zawartość manganu w cebulach tej odmiany. Natomiast Alginure®, Polyversum WP, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ w zależności od przebiegu warunków pogodowych wykazują zróżnicowany wpływ na poziom badanego pierwiastka. Na zawartość manganu w ząbkach czosnku odmiany Harnaś niekorzystnie wpływają preparaty Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC i Wetcit™. Stwierdzono, że preparaty Rizocore®, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ wpływały niekorzystnie na poziom manganu w cebulach czosnku odmiany Jarus. Natomiast Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC i Biosept Active w zależności od przebiegu warunków pogodowych wykazują zróżnicowany wpływ na zawartość tego pierwiastka.

Żelazo jest bardzo istotnym składnikiem, niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania organizmu. W niniejszej pracy średnia zawartość żelaza wahała się od 8,68 do 29,05 mg 100g⁻¹św.m. Niższą wartość żelaza w swoich badaniach uzyskali Petropoulos i in. [2018b], ich wyniki mieściły się w przedziale od 2,88 do 5,78 mg 100g⁻¹św.m. Również Gambelli i in. [2021] otrzymali niższy poziom badanego parametru, który wahał się od 1,54 do 3,48 mg 100g⁻¹św.m. Doświadczenia przeprowadzone przez Muhammad i Idris [2019] wykazały, że zawartość żelaza wynosiła 5,2 mg 100g⁻¹św.m. Podobną wartość żelaza - 5,29 mg 100g⁻¹św.m, uzyskali Yusuf i in. [2018]. Sajid i in. [2014] w swoich badaniach otrzymali wyniki, w których zawartość badanego parametru wynosiła 4,21 mg 100g⁻¹św.m. Zaobserwowano istotnie negatywny wpływ Rizocore® na zawartość żelaza w czosnku odmiany Arkus. Natomiast preparat Alginure® w zależności od przebiegu warunków pogodowych wykazał zróżnicowany wpływ na zawartość tego pierwiastka w cebulach tej odmiany. W przypadku ząbków czosnku odmiany Garpek stwierdzono istotnie korzystny wpływ preparatów Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42® na zawartość żelaza. Preparat Alginure® w zależności od przebiegu warunków pogodowych wykazał zróżnicowany wpływ na zawartość tego pierwiastka w cebulach czosnku tej odmiany. Zaobserwowano, że preparaty Alginure® i Biosept Active istotnie obniżały zawartość żelaza w cebulach czosnku odmiany Harnaś. W przypadku odmiany Jarus stwierdzono, że Alginure®, Polyversum WP oraz Topsin M 500 SC w zależności od przebiegu warunków pogodowych wykazał zróżnicowany wpływ na zawartość tego pierwiastka. Preparaty Biosept Active i Wetcit™ istotnie korzystnie oddziaływały na poziom tego pierwiastka. Natomiast Rizocore® istotnie obniżał zawartość żelaza w ząbkach tej odmiany.

Fosfor jest istotnym składnikiem m.in. kwasów nukleinowych czy błon komórkowych. Analizy przeprowadzone w niniejszej pracy wykazały, że średnia zawartość fosforu mieściła się w przedziale od 1,58 do 3,67 mg 100g⁻¹św.m. Wyższą wartość fosforu w swoich badaniach uzyskali Muhammad i Idris [2019], Sajid i in. [2014] oraz Yusuf i in. [2018], która wynosiła odpowiednio 9,85 mg 100g⁻¹św.m, 9,54 mg 100g⁻¹św.m i 10,19 mg 100g⁻¹św.m. Analizy przeprowadzone przez Gambelli i in. [2021] wykazały dużo wyższą zawartość fosforu w cebulach czosnku niż w niniejszych doświadczeniach. Poziom tego parametru wahał się od 219,0 do 347,0 mg 100g⁻¹św.m. Stwierdzono istotnie korzystny wpływ preparatów Alginure®, Polyversum WP oraz Topsin M 500 SC na zawartość fosforu w cebulach czosnku odmiany Arkus. Natomiast Rizocore®, Biosept Active oraz RhizoVital 42® w zależności od przebiegu warunków pogodowych wykazał zróżnicowany wpływ na zawartość tego składnika. Preparat Wetcit™ istotnie obniżał zawartość fosforu w ząbkach czosnku tej odmiany. W przypadku cebul czosnku odmiany Garpek wszystkie zastosowane w doświadczeniu preparaty istotnie

obniżały jego zawartość. Analizy cebul czosnku odmiany Harnaś wykazały istotnie korzystnie oddziaływanie preparatów Topsin M 500 SC, Polyversum WP, Alginure® oraz Biosept Active na poziom badanego pierwiastka. W przypadku ząbków odmiany Jarus stwierdzono, że Wetcit™ obniża zawartość fosforu, zaś preparaty Alginure®, Topsin M 500 SC, Biosept Active oraz RhizoVital 42® istotnie zwiększają ten parametr.

Zdolność do neutralizowania wolnych rodników (DPPH•) wyrażana jest, jako aktywność antyoksydacyjna. W trakcie procesu jednoelektronowej redukcji przeciwutleniacze neutralizują rodnik, towarzyszy temu zmiana zabarwienia. Właściwości antyoksydacyjne czosnku przypisuje się częściowo obecności związków fenolowych. W niniejszych analizach badany parametr mieścił się w przedziale od 1,23 do 71,44%. Podobne wartości właściwości antyoksydacyjnych, mieszczące się w przedziale od 2,00 do 20,09% uzyskali Petropoulos i in. [2018b]. Lenková i in. [2017] odnotowali badany parametr w zakresie od 13,61 do 20,22%. Niższe wyniki w swoich badaniach uzyskali Szychowski i in. [2018], którzy otrzymali wartość tego parametru wahającego się od 4,63 do 7,59%. Również niższe wartości aktywności antyoksydacyjnej stwierdzili Matysiak i in. [2015] - 4,63% i 6,52% oraz Kavalcová i in. [2014] – od 4,45 do 5,07%. Analizy przeprowadzone przez Jang i in. [2018] wykazały właściwości antyoksydacyjne mieszczące się w przedziale od 11,22 do 51,16%. Zaobserwowano istotnie korzystny wpływ preparatu Alginure® na właściwości antyoksydacyjne cebul czosnku odmiany Arkus. Natomiast preparat Biosept Active wpływał niekorzystnie na ten parametr. W przypadku cebul czosnku odmiany Jarus stwierdzono istotnie korzystny wpływ preparatów Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ na właściwości antyoksydacyjne.

Polifenole są związkami redukującymi i podobnie jak kwas L-askorbinowy chronią tkanki organizmu przed stresem oksydacyjnym [Gadel-Hak i in. 2011]. Mogą opóźnić oksydacyjną degradację lipidów oraz poprawiać jakość oraz wartości odżywcze żywności [Lenková i in. 2017]. Zawartość związków fenolowych uzyskana w niniejszej pracy wahała się od 0,591 do 2,593 mg 100g⁻¹św.m. Podobną wartość związków fenolowych, wynoszącą 0,80 mg 100g⁻¹św.m uzyskali Muhammad i Idris [2019], a wynoszącą 0,73 mg 100g⁻¹św.m, otrzymali Nencini i in. [2011]. Čeryová i in. [2021] otrzymali wartość polifenoli, która wahała się od 0,430 do 0,640 mg 100g⁻¹św.m. Podobne wartości uzyskali inni autorzy. Lenková i in. [2017] odnotowali badany parametr w zakresie od 0,621 do 0,763 mg 100g⁻¹św.m, Kavalcová i in. [2014] uzyskali wartości mieszczące się w przedziale od 0,261 do 0,280 mg 100g⁻¹św.m, zaś w badaniach Micová i in. [2019] zawartość polifenoli wahała się od 0,636 do 0,742 mg 100g⁻¹św.m. Wyższe wyniki w swoich badaniach otrzymali Gadel-Hak i in. [2011], którzy uzyskali poziom związków fenolowych mieszczący się w przedziale od 4,2 do 8,45 mg 100g⁻¹św.m. Również Petropoulos i in. [2018a] otrzymali wyższe zawartości polifenoli, które wahały się od 8,59 do 44,85 mg 100g⁻¹św.m. Dużo wyższe wyniki uzyskano w badaniach Kopeć i in. [2020]. Poziom związków fenolowych mieścił się w przedziale od 110 do 262 mg 100g⁻¹św.m. Analizy cebul czosnku odmiany Arkus wykazały negatywny wpływ Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ na zawartość polifenoli i to istotnie. Preparat Alginure® w zależności od przebiegu warunków pogodowych wykazał zróżnicowany wpływ na zawartość związków fenolowych. Stwierdzono negatywny wpływ preparatu RhizoVital 42® na zawartość polifenoli w czosnku odmiany Garpek. W przypadku ząbków

czosnku odmiany Harnaś stwierdzono istotnie korzystne oddziaływanie preparatu Biosept Active na poziom związków fenolowych.

W ramach doświadczeń szklarniowych przeprowadzono analizy wazonowe nad wpływem zastosowanych preparatów na rozwój młodych roślin czosnku pospolitego. Badania te wykazały częściową skuteczność badanych substancji aktywnych na zdrowotność czosnku testowanych odmian. W przypadku porażenia roślin przez *Alternaria alternata* zaobserwowano istotnie korzystny wpływ preparatów Alginure®, Rizocore® i Biosept Active na zdrowotność roślin odmiany Arkus. W przypadku porażenia młodych roślin czosnku przez *Alternaria embellisia* zaobserwowano istotnie pozytywny wpływ RhizoVital 42® na ograniczenie porażenia przez tego patogena roślin odmiany Arkus. Indeks porażenia siewek czosnku wynosił 23,61%. Nie wykazano wpływu testowanych preparatów na zdrowotność młodych roślin czosnku przy porażeniu przez *Fusarium avenaceum* oraz *F. oxysporum*. W przypadku porażenia roślin przez *Penicillium expansum* zaobserwowano istotnie niekorzystny wpływ Polyversum WP na zdrowotność czosnku odmiany Arkus. Indeks porażenia roślin wynosił 94,44%. Analiza przeprowadzona na czosnku odmiany Jarus wykazała istotnie negatywny wpływ Alginure® na zdrowotność młodych roślin. Indeks porażenia czosnku przez *Penicillium expansum* wynosił 30,56%. Analizy przeprowadzone na czosnku odmiany Arkus wykazały istotnie niekorzystny wpływ RhizoVital 42® i Wetcit™ na zdrowotność roślin porażonych przez *Penicillium verrucosum*. W przypadku czosnku odmiany Jarus zaobserwowano istotnie korzystny wpływ Rizocore® na zdrowotność roślin porażonych przez *P. verrucosum*. Rozważając wpływ zastosowanych w doświadczeniu preparatów na zdrowotność czosnku porażonego przez *Stromatinia cepivora* zaobserwowano istotnie korzystny wpływ Rhizo Vital 42® na ograniczenie porażenia przez tego patogena czosnku odmiany Arkus. W literaturze przedmiotu brak jest opracowań dotyczących doświadczeń nad wpływem Alginure®, Polyversum WP, Topsin M 500 SC, Rizocore®, Biosept Active, RhizoVital 42® oraz Wetcit™ na zdrowotność młodych roślin czosnku pospolitego porażonych przez patogeny wykazujące wobec niego największą patogeniczność. Badania wazonowe przeprowadzone przez Elshahawy i in. [2019b] wykazały skuteczność *Trichoderma harzianum* (Rizocore®) w ograniczaniu porażenia czosnku przez *Stromatinia cepivora*. Również badania przeprowadzone przez Miranda i in. [2006], Mahdizadehnaraghi i in. [2015] oraz Moreno i in. [2015] wykazały korzystny wpływ *T. harzianum* na ograniczenie porażenia roślin czosnku przez *Stromatinia cepivora*. Natomiast Moreno i in. [2018] potwierdzili skuteczność *T. harzianum* wobec grzybów rodzaju *Alternaria*. Bandurska i in. [2015] potwierdzili, że preparaty, w których substancją aktywną była *Trichoderma* sp. ograniczają infekcje wielu patogenów m.in. *Fusarium* sp. na siewkach pomidorów. Horoszkiewicz-Janka i in. [2015] w przeprowadzonych analizach wazonowych zaobserwowali istotnie korzystny wpływ ekstraktu z grejpfruta oraz *Pythium oligandrum* na ograniczanie procentu porażonych roślin owsa. Badania Patkowskiej [2006] wykazały, że preparat Polyversum WP ograniczał porażenie roślin fasoli i bobu przez *Alternaria alternata* oraz *Fusarium* spp. Analizy wazonowe wykonane przez Hellera i in. [2010] wykazały istotnie korzystne działanie preparatów Biosept 33 SL (obecnie Biosept Active) i Polyversum WP w ograniczaniu rozwoju *Fusarium* spp. na siewkach Inu oleistego. Również analizy przeprowadzone przez Piętę [2006] wykazały korzystny wpływ ekstraktu z grejpfruta (Biosept 33 SL) na zdrowotność roślin soi uprawianej w monokulturze. Ta substancja aktywna skutecznie ograniczała porażenie roślin przez glebowe

grzyby patogeniczne rodzaju *Fusarium*, a także *Alternaria alternata*. Janas [2016] zaobserwowała pozytywny wpływ *Bacillus* sp. na zdrowotność siewek marchwi porażanej przez grzyby rodzaju *Fusarium*. Badania przeprowadzone przez El-Meneisy i in. [2019] wykazały korzystny wpływ *Bacillus amyloliquefaciens* na ograniczenie porażenia cebuli przez *Stromatinia cepivora*. Natomiast analizy wykonane przez Cruz-Martin i in. [2021] oraz Grate [2012] wykazały skuteczność *B. amyloliquefaciens* względem *Fusarium oxysporum*. Nawrocki i Kunicki [2013] w przeprowadzonych badaniach wykazali, że preparaty, których substancją aktywną jest *Ascophyllum nodosum* mogą ograniczać porażenie roślin bobu przez *Botrytis fabae* i *Uromyces viciae-fabae*, zaś Nawrocki i in. [2019b] zauważyli, że ograniczają one gnicie cebul oraz zamieranie liści czosnku. Badania przeprowadzone przez Sedeek i in. [2021] wykazały skuteczność olejku pomarańczowego w ograniczaniu porażania roślin przez *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea* i *Alternaria alternata*.

Założony cel pracy został osiągnięty, a postawione hipotezy zweryfikowane. Po sprawdzeniu skuteczności zastosowanych w doświadczeniu preparatów na zdrowotność liści oraz cebul w warunkach polowych, przeprowadzono liczne analizy laboratoryjne. Następnie wyizolowano i oznaczono patogeny, które wykorzystano do późniejszych doświadczeń mykologicznych. W warunkach laboratoryjnych sprawdzono skuteczność zastosowanych preparatów biotechnicznych wobec najgroźniejszych patogenów czosnku pospolitego. W teście patogeniczności udowodniono wysoki poziom infekcyjności i patogeniczności wielu gatunków grzybów, które zdolne są do wywołania objawów chorobowych w warunkach polowych oraz przechowalniczych. W trakcie metod analitycznych sprawdzono, w jaki sposób zastosowane preparaty biologiczne i biotechniczne wpływają na podstawowe składniki chemiczne zawarte w cebulach czosnku. Wykazano, że wcześniejsze analizy polowe wskazują, iż rezultaty uzyskane w doświadczeniach wazonowych nie zawsze są miarodajne dla przewidywania działania patogena oraz efektywności mikroorganizmów i substancji biotechnicznych w analizach polowych. Przebadane preparaty pochodzenia naturalnego stanowią alternatywę do ograniczenia lub zastąpienia powszechnie stosowanych fungicydów konwencjonalnych w ochronie czosnku pospolitego ze względu na małą szkodliwość dla zdrowia ludzi, zwierząt, mikroorganizmów pożytecznych oraz środowiska. Przedstawione wyniki badań powinny znaleźć zastosowanie praktyczne w uprawie czosnku pospolitego.

6. Wnioski

Badania przeprowadzone w latach 2017-2019 nad wpływem mikroorganizmów i substancji biotechnicznych na zdrowotność czosnku pospolitego w okresie wegetacji oraz przechowywania, wyniki testu patogeniczności wybranych gatunków grzybów, a także ocena wpływu zastosowanych mikroorganizmów i substancji na jakość biologiczną surowca roślinnego pozwalają sformułować poniższe wnioski:

1. Zastosowane w doświadczeniu mikroorganizmy i substancje biotechniczne nie ograniczały porażenia liści czosnku pospolitego przez *Puccinia porri*, a preparaty Alginure® i Polyversum WP nawet sytmulowały porażenie liści czosnku przez grzyby rodzaju *Alternaria*. Tylko standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC ograniczał porażenie liści przez te patogeny.
2. Mikroorganizmy i substancje biotechniczne zawarte w preparatach Alginure® oraz Rizocore® ograniczały porażenie piętki i cebuli czosnku pospolitego przez patogeny odglebowe.
3. Z chorych cebul czosnku pospolitego wyosobniono 4320 kolonii grzybów, należących do 27 gatunków, co świadczy o różnorodności grzybów zasiedlających testowane odmiany. Wśród zidentyfikowanych gatunków dominowały *Penicillium expansum* i *Fusarium oxysporum*.
4. Zastosowane do ochrony preparaty Rizocore® i RhizoVital 42® skutecznie wpływały na zwiększenie masy główek czosnku pospolitego.
5. Alginure®, Polyversum WP, Biosept Active, Rizocore®, RhizoVital 42®, Wetcit™ oraz standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC spowodowały zwiększenie liczby ząbków w główce czosnku.
6. Preparaty Wetcit™ oraz Biosept Active istotnie hamowały wzrost liniowy testowanych grzybów: *Alternaria alternata*, *A. embellisia*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium avenaceum*, *F. oxysporum*, *Penicillium expansum* oraz *Stromatinia cepivora*.
7. Preparat Biosept Active stymulował wzrost liniowy grzybnia *Stromatinia cepivora* w warunkach *in vitro*.
8. Gatunki *Penicillium hirsutum*, *P. verrucosum* oraz *P. expansum* wykazały największy potencjał infekcyjny wobec czosnku pospolitego.
9. Alginure®, Biosept Active oraz Wetcit™ istotnie hamowały kiełkowanie zarodników *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* oraz *Fusarium oxysporum*.

10. Alginure®, Polyversum WP, Biosept Active, Rizocore®, RhizoVital 42®, Wetcit™ oraz standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC wykazywały korzystny lub negatywny wpływ na zawartość: suchej masy, cukrów rozpuszczalnych, kwasu L-askorbinowego oraz składników mineralnych w cebulach czosnku pospolitego w zależności od odmiany oraz przebiegu warunków pogodowych.
11. Alginure®, Polyversum WP, Biosept Active, Rizocore®, RhizoVital 42®, Wetcit™ oraz standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC istotnie korzystnie wpływały na aktywność antyoksydacyjną czosnku pospolitego.
12. Alginure® i Biosept Active wpływały pozytywnie na zawartość związków fenolowych w czosnku. Natomiast Polyversum WP, Rizocore®, RhizoVital 42®, Wetcit™ oraz stanfungicyd Topsin M 500 SC obniżały zawartość tego parametru.
13. Wyniki doświadczeń wazonowych nad wpływem zastosowanych w ochronie młodych roślin czosnku pospolitego przed wybranymi patogenami, wykazały tylko częściową skuteczność badanych substancji w poprawie zdrowotności testowanych odmian.
14. W trakcie badań szklarniowych niektóre zastosowane do ochrony środki niekorzystnie oddziaływały na stan zdrowotny wybranych odmian czosnku.

7. Streszczenie

Czosnek pospolity (*Allium sativum* L.) jest jedną z najstarszych roślin warzywnych i zielarskich, która charakteryzuje się szerokim spektrum właściwości dietetycznych oraz prozdrowotnych. Pomimo jego licznych korzystnych właściwości może być porażany przez wiele patogenów, w tym przez grzyby, zarówno podczas sezonu wegetacyjnego jak i w okresie pozbiorczym. Wprowadzane w ramach Europejskiego Zielonego Ładu na terenie Unii Europejskiej ograniczenia w zakresie stosowania syntetycznych środków ochrony roślin sprawiają, że poszukuje się alternatywnych preparatów – biologicznych czy biotechnicznych, które byłyby pomocne w ochronie roślin.

Celem badań przeprowadzonych w latach 2017-2020 było określenie zagrożenia dla zdrowotności czterech odmian czosnku ze strony mikoz w trakcie wegetacji oraz po zbiorze, ocena skuteczności *Pythium oligandrum* (Polyversum WP), *Trichoderma harzianum* i *Bacillus megaterium* (Rizocore), *Bacillus amyloliquefaciens* (RhizoVital 42), ekstraktu z *Ascophyllum nodosum* (Alginure), mięszu i nasion grejpfruta (Biosept Active) oraz olejku pomarańczowego (Wetcit), zastosowanych do ochrony czosnku przed patogenami w warunkach laboratoryjnych, szklarniowych i polowych. Sprawdzano także wpływ testowanych preparatów na jakość biologiczną surowca roślinnego. Badano także uzdolnienia patogeniczne wybranych grzybów, pozyskanych z upraw polowych, dla cebul i korzeni testowanych odmian czosnku.

Badania polowe przeprowadzono na terenie Stacji Doświadczalnej w Mydlnikach, doświadczenie założono w układzie dwuczynnikowym w trzech powtórzeniach. Materiał badawczy stanowiły trzy odmiany ozime czosnku pospolitego – Arkus, Harnaś i Garpek oraz jedna odmiana jara – Jarus. W trakcie okresu wegetacyjnego roślin oceniano wpływ zastosowanych preparatów na zdrowotność liści i pędów czosnku. Po zbiorze szacowano zdrowotność części podziemnych – korzeni, piętkek i cebul czosnku oraz przeprowadzono analizy surowca roślinnego (suchej masy, cukrów rozpuszczalnych, kwasu L-askorbinowego, makro- i mikroelementów, związków fenolowych oraz ustalono właściwości antyoksydacyjne). Przeprowadzono izolację i identyfikację patogenów wyosobnionych z chorych ząbków czosnku. Wyosobnione grzyby zastosowano w teście patogeniczności, zbadano również wpływ niektórych substancji biotechnicznych na wzrost liniowy wybranych patogenów grzybowych w warunkach *in vitro*. Doświadczenie wazonowe nad wpływem testowanych preparatów na rozwój młodych roślin czosnku przeprowadzono w warunkach szklarniowych.

Wyniki uzyskane z przeprowadzonych doświadczeń pozwoliły na stwierdzenie, że zastosowane pożyteczne mikroorganizmy oraz substancje biotechniczne nie wpływały na ograniczenie porażenia liści i pędów czosnku przez *Puccinia porri*. Preparaty Alginure i Polyversum WP stymulowały porażenie liści czosnku pospolitego przez *Alternaria* spp., zaś standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC ograniczał porażenie liści przez tego patogena. Mikroorganizmy i substancje biotechniczne zawarte w preparatach Rizocore oraz Alginure skutecznie ograniczały porażenie piętki i cebuli czosnku pospolitego przez patogeny odglebowe, powodujące zgnilizny tkanki roślinnej. Z chorych ząbków czosnku wyizolowano 4320 kolonii Mycota. Najliczniej izolowane były gatunki *Penicillium expansum* oraz *Fusarium oxysporum*. Największy potencjał infekcyjny wobec czosnku wykazały gatunki rodzaju *Penicillium*, zwłaszcza *P. hirsutum*. Badania przeprowadzone w warunkach *in vitro* wykazały, że olejek pomarańczowy (Wetcit) istotnie hamował wzrost liniowy grzybni *Alternaria*

alternata, *A. embellisia*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium avenaceum*, *F. oxysporum*, *Penicillium expansum* oraz *Stromatinia cepivora*. Substancja aktywna zawarta w preparacie Biosept Active istotnie ograniczała wzrost kolonii *A. alternata*, *A. embellisia*, *B. cinerea*, *F. oxysporum*, *P. expansum* oraz stymulowała wzrost liniowy grzybni *S. cepivora*. W zależności od odmiany czosnku oraz przebiegu warunków pogodowych zastosowane w analizach mikroorganizmy i substancje biotechniczne wpływały korzystnie lub negatywnie na jakość biologiczną surowca roślinnego. Badania przeprowadzone w warunkach szklarniowych wykazały, że pożyteczne mikroorganizmy i substancje biotechniczne zawarte w preparatach Rizocore, Alginure i Biosept Active ograniczały porażenie czosnku pospolitego przez *A. alternata*. Preparat RhizoVital 42 ograniczał porażenie czosnku pospolitego przez *A. embellisia* oraz *S. cepivora*. Środek Rizocore ograniczał porażenie czosnku pospolitego przez *P. verrucosum*. Mikroorganizmy i substancje biotechniczne zawarte w preparatach Polyversum WP i Alginure stymulowały porażenie czosnku pospolitego przez *P. expansum*. Preparaty RhizoVital 42 i Wetcit wpływały na większe porażenie czosnku pospolitego przez *P. verrucosum*.

Przebadane preparaty biologiczne i biotechniczne mogą stanowić alternatywę do ograniczania lub zastąpienia powszechnie stosowanych fungicydów konwencjonalnych w ochronie czosnku ze względu na ich małą szkodliwość dla zdrowia ludzi, zwierząt, mikroorganizmów pożytecznych oraz środowiska. Skuteczność ich jednak zależała od szeregu czynników, odmiany, warunków siedliskowych oraz przebiegu pogody podczas okresu wegetacji, dlatego w ramach integrowanej ochrony czosnku, aby zwiększyć ich skuteczność, należy je stosować w powiązaniu z syntetycznymi fungicydami.

Karta dyplomowa

Anna Pogodzińska

/ Imię i nazwisko autora pracy /

Dr hab. inż. Jacek Nawrocki

/ Imię i nazwisko promotora pracy /

Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa - Ogrodnictwo

/ Wydział – kierunek studiów /

Katedra Botaniki, Fizjologii i Ochrony Roślin

/ Katedra / Instytut wykonania pracy /

Doktor

/ Nadawany tytuł /

Tytuł pracy w języku
polskim

Mikozy czosnku pospolitego (*Allium sativum* L.) i możliwość ich ograniczenia z wykorzystaniem substancji pochodzenia naturalnego.

Słowa kluczowe
/ maksymalnie 5 słów /

Ochrona czosnku, preparaty biologiczne, preparaty biotechniczne, jakość biologiczna czosnku, patogeniczność grzybów

Streszczenie pracy
/ maksymalnie 1200 znaków /

Czosnek pospolity (*Allium sativum* L.) jest jedną z najstarszych roślin warzywnych i zielarskich, która charakteryzuje się szerokim spektrum właściwości dietetycznych oraz prozdrowotnych. Pomimo jego licznych korzystnych właściwości może być porażany przez wiele patogenów, w tym przez grzyby, zarówno podczas sezonu wegetacyjnego jak i w okresie pozbiorczym. Wprowadzane w ramach Europejskiego Zielonego Ładu na terenie Unii Europejskiej ograniczenia w zakresie stosowania syntetycznych środków ochrony roślin sprawiają, że poszukuje się alternatywnych preparatów – biologicznych czy biotechnicznych, które byłyby pomocne w ochronie roślin.

Celem badań przeprowadzonych w latach 2017-2020 było określenie zagrożenia dla zdrowotności czterech odmian czosnku ze strony mikozy w trakcie wegetacji oraz po zbiorze, ocena skuteczności *Pythium oligandrum* (Polyversum WP), *Trichoderma harzianum* i *Bacillus megaterium* (Rizocore), *Bacillus amyloliquefaciens* (RhizoVital 42), ekstraktu z *Ascophyllum nodosum* (Alginure), miąższu i nasion grejpfruta (Biosept Active) oraz olejku pomarańczowego (Wetcit), zastosowanych do ochrony czosnku przed patogenami w warunkach laboratoryjnych, szklarniowych i polowych. Sprawdzano także wpływ testowanych preparatów na jakość biologiczną surowca roślinnego. Badano także uzdolnienia patogeniczne wybranych grzybów, pozyskanych z upraw polowych, dla cebul i korzeni testowanych odmian czosnku.

Badania polowe przeprowadzono na terenie Stacji Doświadczalnej w Mydlnikach, doświadczenie założono w układzie dwuczynnikowym w trzech powtórzeniach. Materiał badawczy stanowiły trzy odmiany ozime czosnku pospolitego – Arkus, Harnaś i Garpek oraz jedna odmiana jara – Jarus. W trakcie okresu wegetacyjnego roślin oceniano wpływ zastosowanych preparatów na zdrowotność liści i pędów czosnku. Po zbiorze szacowano zdrowotność części podziemnych – korzeni, piętek i cebul czosnku oraz przeprowadzono analizy surowca roślinnego (suchej masy, cukrów rozpuszczalnych, kwasu L-askorbinowego, makro- i mikroelementów, związków fenolowych oraz ustalono właściwości antyoksydacyjne). Przeprowadzono izolację i identyfikację patogenów wyosobnionych z chorych ząbków czosnku. Wyosobnione grzyby zastosowano w teście patogeniczności, zbadano również wpływ niektórych substancji biotechnicznych na wzrost linowy wybranych patogenów grzybowych w warunkach *in vitro*. Doświadczenie wazonowe nad wpływem testowanych preparatów na rozwój młodych roślin czosnku przeprowadzono w warunkach szklarniowych.

Wyniki uzyskane z przeprowadzonych doświadczeń pozwoliły na stwierdzenie, że zastosowane pożyteczne mikroorganizmy oraz substancje biotechniczne nie wpływały na

ograniczenie porażenia liści i pędów czosnku przez *Puccinia porri*. Preparaty Alginure i Polyversum WP stymulowały porażenie liści czosnku pospolitego przez *Alternaria* spp., zaś standardowy preparat chemiczny Topsin M 500 SC ograniczał porażenie liści przez tego patogena. Mikroorganizmy i substancje biotechniczne zawarte w preparatach Rizocore oraz Alginure skutecznie ograniczały porażenie piętki i cebuli czosnku pospolitego przez patogeny odglebowe, powodujące zgnilizny tkanki roślinnej. Z chorych ząbków czosnku wyizolowano 4320 kolonii Mycota. Najliczniej izolowane były gatunki *Penicillium expansum* oraz *Fusarium oxysporum*. Największy potencjał infekcyjny wobec czosnku wykazały gatunki rodzaju *Penicillium*, zwłaszcza *P. hirsutum*. Badania przeprowadzone w warunkach *in vitro* wykazały, że olejek pomarańczowy (Wetcit) istotnie hamował wzrost liniowy grzybni *Alternaria alternata*, *A. embellisia*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium avenaceum*, *F. oxysporum*, *Penicillium expansum* oraz *Stromatinia cepivora*. Substancja aktywna zawarta w preparacie Biosept Active istotnie ograniczała wzrost kolonii *A. alternata*, *A. embellisia*, *B. cinerea*, *F. oxysporum*, *P. expansum* oraz stymulowała wzrost liniowy grzybni *S. cepivora*. W zależności od odmiany czosnku oraz przebiegu warunków pogodowych zastosowane w analizach mikroorganizmy i substancje biotechniczne wpływały korzystnie lub negatywnie na jakość biologiczną surowca roślinnego. Badania przeprowadzone w warunkach szklarniowych wykazały, że pożyteczne mikroorganizmy i substancje biotechniczne zawarte w preparatach Rizocore, Alginure i Biosept Active ograniczały porażenie czosnku pospolitego przez *A. alternata*. Preparat RhizoVital 42 ograniczał porażenie czosnku pospolitego przez *A. embellisia* oraz *S. cepivora*. Środek Rizocore ograniczał porażenie czosnku pospolitego przez *P. verrucosum*. Mikroorganizmy i substancje biotechniczne zawarte w preparatach Polyversum WP i Alginure stymulowały porażenie czosnku pospolitego przez *P. expansum*. Preparaty RhizoVital 42 i Wetcit wpływały na większe porażenie czosnku pospolitego przez *P. verrucosum*.

Przebadane preparaty biologiczne i biotechniczne mogą stanowić alternatywę do ograniczania lub zastąpienia powszechnie stosowanych fungicydów konwencjonalnych w ochronie czosnku ze względu na ich małą szkodliwość dla zdrowia ludzi, zwierząt, mikroorganizmów pożytecznych oraz środowiska. Skuteczność ich jednak zależała od szeregu czynników, odmiany, warunków siedliskowych oraz przebiegu pogody podczas okresu wegetacji dlatego w ramach integrowanej ochrony czosnku, aby zwiększyć ich skuteczność, należy je stosować w powiązaniu z syntetycznymi fungicydami.

Tytuł pracy w języku angielskim

Fungal diseases of garlic (*Allium sativum* L.) and their possible reduction using substances of natural origin.

Słowa kluczowe / maksymalnie 5 słów /

garlic protection, biological preparations, biotechnical preparations, biological quality of garlic, fungal pathogenicity

Streszczenie pracy / maksymalnie 1200 znaków /

Garlic (*Allium sativum* L.) is one of the oldest vegetable and herbaceous plants with a wide range of dietary and health-promoting properties. Despite its many beneficial properties, it can be infested by many pathogens, including fungi, both during the growing season and in the post-harvest period. Restrictions on the use of synthetic plant protection products, introduced as part of the European Green Deal within the European Union, are leading to a search for alternative preparations - biological or biotechnical - to help protect plants.

The aim of the 2017-2020 study was to determine the health risk of four garlic cultivars from fungal pathogens during the growing season and after harvest, assessing the efficacy of *Pythium oligandrum* (Polyversum WP), *Trichoderma harzianum* and *Bacillus megaterium* (Rizocore), *Bacillus amyloliquefaciens* (RhizoVital 42), *Ascophyllum nodosum* extract (Alginure), grapefruit pulp and seeds (Biosept Active) and orange oil (Wetcit), applied to protect garlic against pathogens under laboratory, greenhouse and field conditions. The effect of the tested preparations on the biological quality of the plant material was also checked. The pathogenic abilities of selected fungi, obtained from field crops, for bulbs and roots of the tested garlic cultivars were also studied.

Field research was conducted at the Experimental Station in Mydlniki, the experiment was set up in a two-factor system in three repetitions. The research material

consisted of three winter cultivars of common garlic - Arkus, Harnaś and Garpek, and one spring cultivar - Jarus. During the vegetative period of the plants, the effect of the applied preparations on the health of garlic leaves and shoots was evaluated. After harvest, the health status of the underground parts - roots, heels and bulbs of garlic - was assessed and analyses of the plant material were carried out (dry matter, soluble sugars, L-ascorbic acid, macro- and microelements, phenolic compounds and antioxidant properties were determined). Isolation and identification of pathogens isolated from diseased garlic cloves was carried out. The isolated fungi were used in a pathogenicity test, and the effect of some biotechnical substances on the line growth of selected fungal pathogens was also investigated in vitro. A pot experiment on the effect of the tested preparations on the development of young garlic plants was conducted under greenhouse conditions.

The results obtained from the experiments concluded that the applied beneficial microorganisms and biotechnical substances did not have an effect on reducing the infestation of garlic leaves and shoots by *Puccinia porri*. The preparations Alginure and Polyversum WP stimulated *Alternaria* spp. infestation of garlic leaves, while the standard chemical Topsin M 500 SC reduced leaf infestation by this pathogen. The microorganisms and biotechnical substances contained in the preparations Rizocore and Alginure were effective in reducing the infestation of the heels and bulbs of common garlic by soil-borne pathogens causing rot of the plant tissue. A total of 4320 Mycota colonies were isolated from diseased garlic cloves. The most abundant species isolated were *Penicillium expansum* and *Fusarium oxysporum*. Species of the genus *Penicillium*, especially *P. hirsutum*, showed the greatest infectious potential against garlic. In vitro tests showed that orange oil (Wetcit) significantly inhibited the linear mycelial growth of *Alternaria alternata*, *A. embellisia*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium avenaceum*, *F. oxysporum*, *Penicillium expansum* and *Stromatinia cepivora*. The active substance contained in Biosept Active significantly reduced the growth of *A. alternata*, *A. embellisia*, *B. cinerea*, *F. oxysporum*, *P. expansum* colonies and stimulated the linear growth of *S. cepivora* mycelium. Depending on the garlic cultivar and the course of weather conditions, the microorganisms and biotechnical substances used in the analyses had a positive or negative effect on the biological quality of the plant material. Studies conducted under greenhouse conditions showed that the beneficial microorganisms and biotechnical substances contained in the preparations Rizocore, Alginure and Biosept Active reduced the infestation of common garlic by *A. alternata*. The preparation RhizoVital 42 reduced the infestation of common garlic by *A. embellisia* and *S. cepivora*. The preparation Rizocore reduced the infestation of common garlic by *P. verrucosum*. The microorganisms and biotechnical substances contained in the preparations Polyversum WP and Alginure stimulated the infestation of common garlic by *P. expansum*. The preparations RhizoVital 42 and Wetcit influenced a higher infestation of garlic by *P. verrucosum*.

The biological and biotechnical preparations tested can be an alternative to reduce or replace commonly used conventional fungicides in garlic protection due to their low harmfulness to human health, animals, beneficial microorganisms and the environment. However, their effectiveness depended on a number of factors, cultivar, habitat conditions and weather patterns during the growing season therefore, as part of integrated garlic protection, they should be used in conjunction with synthetic fungicides to increase their effectiveness.



/ Podpis promotora pracy /

8. Bibliografia

- Akinwande B. A., Olatunde S. J.** 2015. Comparative evaluation of the mineral profile and other selected components of onion and garlic. *International Food Research Journal* 22 (1): 332-336.
- Alam M. Z., Braun G., Norrie J., Hodges D. M.** 2013. Effect of *Ascophyllum* extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. *Canadian Journal of Plant Science* 93: 23-36. <https://doi.org/10.4141/cjps2011-260>.
- Al-Rajhi A. M. H., Yahya R., Alawlaqi M. M., Fareid M. A., Amin B. H., Abdelghani T. M.** 2022. Copper oxide nanoparticles as fungistat to inhibit mycotoxins and hydrolytic enzyme production by *Fusarium incarnatum* isolated from garlic biomass. *BioResources* 17 (2): 3042-3056. <https://doi.org/10.15376/biores.17.2.3042-3056>.
- Amagase H.** 2006. Clarifying the real bioactive constituents of garlic. *Journal of Nutrition* 136 (3): 716S-725S.
- Amarakoon S., Jayasekara D.** 2017. A review on garlic (*Allium sativum* L.) as a functional food. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 6 (6): 1777-1780.
- Anonymous.** 2018. Database area and production of garlic. National Horticultural Board. Ministry of Agriculture and farmers Welfare, Gurgaon (Haryana).
- Aruna T., Hemalathe G., Kumutha K., Kanchana S., Vellaikumara S.** 2022. Physicochemical, antioxidant and antimicrobial properties of citrus peel essential oils. *Journal of Applied and Natural Science* 14 (2): 640-646. <https://doi.org/10.31018/jans.v14i2.3484>.
- Augusti K. T.** 2005. Role of garlic (*Allium sativum*) and onion (*Allium cepa*) in health management. *Acta Horticulturae* 688: 143-146.
- Azzini E., Durazzo A., Foddai M. S., Temperini O., Venneria E., Valentini S., Maiani G.** 2014. Phytochemicals content in Italian garlic bulb (*Allium sativum* L.) varieties. *Journal of Food Research* 3 (4): 26-32.
- Babik J., Kaniszewski S., Babik I.** 2011. The usefulness of vegetable species and cultivars for organic cultivation. *Przydatność gatunków i odmian warzyw do uprawy ekologicznej. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 56 (3): 15-19.
- Bakonyi J., Vajna L., Szeredi A., Timar E., Kovacs G. M., Csosz M., Varga A.** 2011. First report of *Sclerotinium cepivorum* causing white rot of garlic in Hungary. *New Disease Reports* 23: 5.
- Banach K., Rutkowska B., Glibowski P.** 2017. Polska „superżywność” w prewencji chorób nowotworowych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* I (2): 106-114.
- Bandurska K., Krupa P., Berdowska A., Jatulewicz I.** 2015. Zastosowanie preparatów grzybów saprofitycznych jako środków ochrony roślin w uprawie pomidorów. *Inżynieria Ekologiczna* 43: 88-93.
- Bensch K., Braun U., Groenewald J. Z., Crous P. W.** 2012. The genus *Cladosporium*. *Studies in Mycology* 72: 1-401.
- Bereda M., Paduch-Cichal E.** 2016a. Alexiviruses – pathogens of garlic plant. Alexiwirusy – patogeny czosnku pospolitego. *Progress in Plant Protection* 56 (3): 302- 311.

- Bereda M., Paduch-Cichal E.** 2016b. Carla- and Potyviruses detected in garlic plants. Carla- and potywirusy wykrywane w czosnku pospolitym. *Progress in Plant Protection*. 56 (2): 251-257.
- Bhandari P.** 2012. Garlic (*Allium sativum* L.): A review of potential therapeutic applications. *International Journal of Green Pharmacy* 6 (2): 118-129.
- Bilaj W. J.** 1977. Fuzarii. Naukowa Dumka. Kijów.
- Booth C.** 1966. The genus *Cylindrocarpon*. *Mycological Papers* 104:1-58.
- Booth C.** 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute Kew, Surrey, England.
- Borecki Z.** 1984. Fungicydy stosowane w ochronie roślin. PWN, Warszawa: 173.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C.** 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 28: 25–30. [http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- Buchwald W., Dedio I., Szczyglewska D.** 2000. Rośliny zielarskie w apteczce domowej i kuchni. *Wiadomości Zielarskie* 42 (11): 14-16.
- Burdzenia O.** 2000. Impresje na temat czosnku. *Wiadomości Zielarskie* 42 (11): 11-12.
- Burgiel Z. J.** 1980. Wpływ niektórych herbicydów na występowanie i rozwój patogenów powodujących choroby poduszkowe pszenicy ozimej. Cz. I. Występowanie chorób podsuszkowych. *Acta Agraria et Silvestria series Agraria XIX*: 3-13.
- Burgiel J. Z.** 2005. Czy preparaty roślinne zastąpią syntetyczne pestycydy? [W:] Ochrona środowiska naturalnego w XXI wieku – nowe wyzwania i zagrożenia. Fundacja Na Rzecz Wspierania Badań Naukowych Wydział Ogrodniczy Akademii Rolniczej w Krakowie: 116-125.
- Casella S., Leonardi M., Melai B., Fratini F., Pistelli L.** 2013. The role of diallyl sulfides and dipropyl sulfides in the *in vitro* antimicrobial activity of the essential oil of Garlic, *Allium sativum* L., and leek, *Allium porrum* L. *Phytotherapy Research* 27 (3):380-383.
- Čeryová N., Čičová I., Lidiková J., Šnirc M., Horváthová J., Lichtnerová H., Franková H.** 2021. The content of bioactive compounds and antioxidant activity of garlic (*Allium sativum* L.). *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences* 15: 1104-1111. <https://doi.org/10.5219/1694>.
- Chalańska A., Oleszczak M.** 2019. Nicienie zagrażające uprawom cebuli i czosnku. *Hasło Ogrodnicze* 2: 28-32.
- Chen S., Shen X., Cheng S., Li P., Du J., Chang Y., Meng H.** 2013. Evaluation of garlic cultivar for polyphenolic content and antioxidant properties. *Plos One* 8 (11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079730.t001>.
- Chodorska M., Paduch-Cichal E., Kalinowska E., Szyndel M. S.** 2013. Occurrence of the viruses belonging to the *Allexivirus* genus on garlic plant in Poland. Występowanie wirusów z rodzaju *Allexivirus* na roślinach czosnku w Polsce. *Progress in Plant Protection* 53 (3): 605-609.
- Ciuba M., Dziadek K., Kukielka E., Oczkowicz J., Piątkowska E., Leszczyńska T., Kopec A.** 2016. Porównanie składu chemicznego i zawartości składników bioaktywnych wybranych odmian czosnku. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 5 (108): 107-115.

- Clarkson J. P., Payne T., Mead A., Whipps J.** 2002. Selection of fungal biological control against of *Sclerotium cepivorum* for control of white rot by sclerotial degradation in UK soil. *Plant Pathology* 51 (6): 735-745.
- Cruz-Martin M., Leyva L., Acosta-Suárez M., Pichardo T., Bermúdez-Carabaloso L., Alvarado-Capó Y.** 2021. Antifungal activity of *Bacillus amyloliquefaciens* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race1. *Agronomia Mesoamericana* 32 (2): 466-478.
- Daka D.** 2011. Antibacterial effect of garlic (*Allium sativum*) on *Staphylococcus aureus*: An *in vitro* study. *African Journal of Biotechnology* 10 (4): 666-669.
- Darwesh O. M., Elshahawy I. E.** 2021. Silver nanoparticles inactivate sclerotial formation in controlling white rot disease in onion and garlic caused by the soil borne fungus *Stromatinia cepivora*. *European Journal of Plant Pathology* 160: 917-934. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02296-7>.
- Davis R. M., Hao J. J., Romberg M. K., Nunez J. J., Smith R. F.** 2007. Efficacy of germination stimulants of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* for management of white rot of garlic. *Plant Disease* 91 (2): 204-208.
- Dębski B., Milner J. A.** 2007. Molekularne mechanizmy przeciwnowotworowego działania czosnku; rola reaktywnych form tlenu. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XL* (3): 223-228.
- Diriba-Shiferaw G.** 2016. Garlic nutrient management in Ethiopia – a review. *Journal of Spices an Aromatic Crops* 25 (2): 91-103.
- Divya B. J., Suman B., Lakshman kumar L., Venkastaswamy M., Eswari B., Thyagaraju K.** 2017. The role of *Allium sativum* (garlic) in various diseases and its health benefits: A comprehensive review. *International Journal of Advanced Research* 5 (8): 592-602.
- Dłużniewska J.** 2012. *In vitro* activity of preparations containing natural substances towards *Botrytis cinerea*. *Phytopathologia* 64: 5-12.
- Doruchowski R. W.** 2011. Warto uprawiać czosnek. Hortpress, Warszawa.
- Duer I., Fotyma M., Madej A.** 2004. Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa.
- Dugan F. M.** 2007. Diseases and disease management in seed garlic: problems and prospects. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology* 1 (1): 47-51.
- Dugan F. M., Hellier B. C., Lupien S. L.** 2007. pathogenic fungi in garlic seed cloves from the United States and China, and efficacy of fungicides against pathogens in garlic germplasm in Washington State. *Journal of Phytopathology* 155: 437-445. <https://doi:10.1111/j.1439-0434.2007.01255.x>.
- Elad Y., Williamson B., Tudzynski P., Delen N.** 2007. *Botrytis*: Biology, pathology and control. Springer, Dordrecht.
- El-Meneisy A. Z. A., Abdelaziz A. M., Yaseen R. Y. K.** 2019. Biological control of onion white rot disease using different *Bacillus* spp. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science* 19 (1): 64-73.
- Elshahawy I. E., Morsy A. A., Abd-El-Kareem F., Saied N. M.** 2019a. Reduction of *Stromatinia cepivora* inocula and control of white rot disease in onion and garlic crops by repeated soil applications with sclerotial germination stimulants. *Heliyon* 5 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01168>.

- Elshahawy I. E., Saied N. M., Abd-El-Kareem F., Morsy, A. A.** 2019b. Effect of inoculum density of *Stromatinia cepivora* on the amount of white rot reduced by *Trichoderma* species in garlic. Bulletin of the National Research Centre 43: 1-11. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0064-3>.
- Elshahawy I. E., Saied N. M., Morsy A. A.** 2017. *Fusarium proliferatum*, the main cause of clove rot during storage, reduces clove germination and causes wilt of established garlic plants. Journal of Plant Pathology 99 (1): 85-93.
- Essman E. J.** 1984. The medical uses of herbs. Fitoterapia 55: 279-289.
- Gadel-Hak S. N. H., Moustafa Y. M. M., Abdel-Nae G. F., Abdel-Wahab I.** 2011. Studying different quantitative and qualitative traits of some white- and colored- bulb garlic genotypes grown under a drip irrigation system. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5 (6): 1415-1427.
- Gálvez L., Palmero D.** 2021. Incidence and etiology of postharvest fungal diseases associated with bulb rot in garlic (*Allium sativum*) in Spain. Foods 10 1063. <https://doi.org/10.3390/foods10051063>.
- Gambelli L., Marconi S., Durazzo A., Camilli E., Aguzzi A., Gabrielli P., Marletta L., Lisciani S.** 2021. Vitamins and minerals in four traditional garlic ecotypes (*Allium sativum* L.) from Italy: an example of territorial biodiversity. Sustainability 13 7405 <https://doi.org/10.3390/su13137405>.
- Gasser K., Sulyok M., Spangl B., Krska R., Steinkellner S., Hage-Ahmed K.,** 2023. *Fusarium proliferatum* secondary metabolite profile *in vitro* depends on the origin of the isolates and is clearly reduced in stored garlic. Postharvest Biology and Technology 200 <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112312>.
- Gebreyohannes G., Gebreyohannes M.** 2013. Medicinal values of garlic: A review. International Journal of Medicine and Medical Sciences 5 (9): 401-408.
- Gerbore J., Benhamou N., Vallance J., Le Floch G., Grizard D., Regnault-Roger C., Rey P.** 2013. Biological control of plant pathogens: advantages and limitations seen through the case study of *Pythium oligandrum*. Environmental Science and Pollution Research. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1807-6>.
- Gerlach W., Nirenberg H.** 1982. The genus *Fusarium* - a pictorial atlas. Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin.
- Ghazanfar M. U., Raza M., Raza W., Qamar M. I.** 2018. *Trichoderma* as potential biocontrol agent, its exploitation in agriculture: a review. Plant Protection 2 (3): 109-135.
- Golonka K., Miturski A., Więch I.** 2011. Tajemnice ukryte w czosnku, czyli dlaczego czosnek leczy? III Lubelski Kongres Studenckich Kół Naukowych. Lublin: 92-97.
- Grabowska A., Jędrzyczek E., Sękara A.** 2013. Odmianoznawstwo roślin warzywnych. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego, Kraków.
- Grajka W.** (red.). 2007. Przeciwutleniacze w żywności. Aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Grata K.** 2012. Effect of urea phosphate on the *Bacillus* sp. population in soil and antifungal activity of selected strains on *Fusarium* sp. Ecological Chemistry and Engineering A 19 (1-2): 161-168.

- Hamdache A., Ezziyyani M., Lamarti A.** 2018. Effect of preventive and simultaneous inoculations of *Bacillus amyloliquefaciens* (Fukumoto) strains on conidial germination of *Botrytis cinerea* Pers.: Fr. *Anales de Biología* 40: 65-72.
- Hanan E., Shaban W. I.** 2014. Studies on some garlic diseases during storage in Egypt. *Journal of Plant Protection* 2: 25-30.
- Hatanaka H., Kaneda Y.** 1980. Enzymatic assays of scordinin as the main tonic principle active in garlic used in health food. *Japanes Journal of Hygiene* 35 (5): 746-751.
- Heller K., Andruszewska A., Wielgusz K.** 2010. Uprawa lnu oleistego metodami ekologicznymi. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 55 (3): 112-116.
- Hidayah B. N., Herawati N., Aisah A. R., Syafwan M.** 2021. White rot disease on garlic crop: identification of the pathogen and exploration of the controlling strategies. *Advances in Biological Sciences Research* 14: 437-441.
- Horoszkiewicz-Janka J., Jojor E., Danielewicz J. Korbas M.** 2015. Przydatność środków biotechnicznych do zaprawiania owsa. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego* 1: 73-82.
- Hua L., Yong C., Zhanquan Z., Boqiang L., Guozheng Q., Shiping T.** 2018. Pathogenic mechanisms and control strategies of *Botrytis cinerea* causing postharvest decay in fruits and vegetables. *Food Quality and Safety* 2 (3):111–119
- Ignjatov M., Milošević D., Ivanović Ž., Karaman M., Vlajić S., Nikolić, Z., Varga J. G.** 2018. Morphological and pathogenic properties of *Fusarium proliferatum* isolates – the causal agent of garlic (*Allium sativum* L.) rot in Serbia. *Journal Ratarstvo i Povrtarstvo* 55(3): 125-129. <https://doi.org/10.5937/ratpov55-19226>.
- Janas R.** (red.). 2016. Sprawozdanie z realizacji projektu „Uprawy polowe metodami ekologicznymi – metody zaprawiania nasion metodami ekologicznymi. Wykorzystanie pożytecznych mikroorganizmów i środków ekologicznych do biologicznego zaprawiania nasion oraz zwalczania fitopatogenów w uprawach nasiennych wybranych gatunków roślin warzywnych”. Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach.
- Jang H.-J., Lee H.-J., Yoon D.-K., Ji D.-S. Kim J.-H., Lee Ch.-H.** 2018. Antioxidant and antimicrobial activities of fresh garlic and aged garlic by-products extracted with different solvents. *Food Science and Biotechnology* 27 (1): 219-225. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0246-4>.
- Jemiłowska A., Hetman B.** 2016. Mechanizm działania preparatów biologicznych stosowanych w ochronie roślin przed patogenami. *Annales UMCS Sectio e Agricultura* LXXI (2): 13-29.
- Jepson S.** 2008. Fusarium rot of garlic bulbs. Oregon State University Extension Service. http://www.science.oregonstate.edu/bpp/Plant_Clinic/Garlic/Fusarium.pdf
- Jiku M. A. S., Alimuzzaman M., Sinha A., Rahaman M. N., Ranapati R. K., Alam M. A., Sinha S. R.** 2020. Response and productivity of garlic (*Allium sativum* L.) by different levels of potassium fertilizer in farm soils. *Bulletin of the National Research Centre* 44 (9). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-0267-7>.
- Katalog odmian warzyw i kwiatów.** Krakowska Hodowla i Nasiennictwo Ogrodnicze Polan sp. z o.o, Kraków.
- Kavalcová P., Bystrická J., Tomáš J., Karovičová J., Kuchtová V.** 2014. Evaluation and comparison of the content of total polyphenols and antioxidant activity in onion, garlic and

- leek. *Potravinastvo Scientific Journal for Food Industry* 8 (1): 272-276. <https://doi.org/10.5219/394>.
- Kiszcak W., Orlikowska T., Górecka K., Malinowski T., Markiewicz M., Kowalska U.** 2017. Metoda produkcji wysokiej jakości materiału rozmnożeniowego czosnku z zastosowaniem kultur *in vitro*. Nauka Praktyce. Konferencja Upowszechnieniowo-Wdrożeniowa.
- Knafel Ł.** 2012. Na plantacji czosnku wiosną. *Hasło Ogrodnicze*. 3: 118-120.
- Koike S. T., Gladders P., Paulus A. O.** 2007. *Vegetable diseases. A Colour Handbook*. London: Manson Publishing Ltd.: 54-78.
- Kopec A., Piątkowska E., Leszczyńska T., Sikora E.** 2013. Healthy properties of garlic. *Current Nutrition and Food Science* 9 (1): 59-64.
- Kopec A., Skoczylas J., Jędrszczyk E., Francik R., Bystrowska B., Zawistowski J.** 2020. Chemical composition and concentration of bioactive compounds in garlic cultivated from air bulbils. *Agriculture* 10 (40) <https://doi.org/10.3390/agriculture10020040>.
- Kowalik R., Krechniak E.** 1961, Szczegółowa metodyka biologicznych i laboratoryjnych badań środków grzybobójczych. [W:] *Materiały do Metodyki Biologicznej Oceny Środków Ochrony Roślin*. Węgorzek W. (red.), Biuletyn Instytutu Ochrony Roślin, Poznań: 63-66.
- Kowalska J.** 2013. Ocena zastosowania *Pythium oligandrum* do zaprawiania nasion warzyw oraz ocena jego wpływu na rozwój roślin. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 58 (3): 267-270.
- Krelowska-Kułas M.** 1993. *Badanie jakości produktów spożywczych*. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Kryczyński S., Weber Z.** 2010. *Fitopatologia, t. I. Podstawy fitopatologii*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.
- Kurzawińska H.** 2008. Metoda biologiczna w integrowanej ochronie roślin warzywnych przed chorobami. [W:] *Zrównoważone rolnictwo a bezpieczna żywność*. Cieślak E. (red.), *Żywność Nauka Technologia Jakość*: 53-62.
- Kurzawińska H., Nadziakiewicz M., Muras P.** 2012. Mikozy – narastające zagrożenie dla bukszpanu oraz przydatność niektórych naturalnych substancji w ich zwalczaniu, *Progress in Plant Protection* 52(3): 634-637.
- Kwiecień M., Winiarska-Mieczan A.** 2011. Czosnek jako zioło kształtujące właściwości prozdrowotne. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 92 (4): 810-812.
- Lanzotti V., Scala F., Bonanomi G.** 2014. Compounds from *Allium* species with cytotoxic and antimicrobial activity. *Phytochemistry Reviews* 13: 769-791.
- Lee H. B., Magan N.** 2010. The influence of environmental factors on growth and interaction between *Embellisia allii* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* isolated from garlic. *International Journal of Food Microbiology* 138 (3): 238-242. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.019>.
- Lenková M., Bystrická J., Vollmannová A., Tóth T., Kovarovič J.** 2017. Evaluation and comparison of the content of total polyphenols and antioxidant activity in garlic (*Allium sativum* L.). *Potravinastvo Slovak Journal for Food Sciences* 11 (1): 65-70. <https://dx.doi.org/10.5219/698>.
- Lisciani S., Gamballi L., Durazzo A., Marconi S., Camilli E., Rossetti C., Gabrielli P., Aguzzi A., Temperini O., Marletta L.** 2017. Carbohydrates components of some Italian

- local landraces: garlic (*Allium sativum* L.). Sustainability 9 (1922). <https://doi.org/10.3390/su9101922>.
- Lopez-Bellido F. J., Lopez-Bellido R. J., Muñoz-Romero V., Fernandez-Garcia P., Lopez-Bellido L.** 2016. New phenological growth stages of garlic (*Allium sativum*). Annals of Applied Biology 169: 423-439.
- Lotter D. W.** 2008. Organic agriculture. Journal of Sustainable Agriculture 21(3): 59-128.
- Lourenço Jr V., Vieira B. S., Lopes E. A., Villalta O. N.** 2018. Etiology, epidemiology, and management of white rot on onion and garlic: current knowledge and future directions for Brazil. Cientifica. Jaboticabal 46 3: 241-256.
- Machowicz-Stefaniak Z.** 1986. Grzyby towarzyszące obumieraniu diapauzujących gąsienic owocówki jabłkówekczki *Laspeyrsia pomonella* L. (*Lepidoptera tortricidae*). Roczniki Nauk Rolniczych 16 (1): 109-126.
- Mahdizadehnaraghi R., Heydari A., Zamanizadeh H. R., Rezaee A., Nikan J.** 2015. Biological control of garlic (*Allium*) white rot disease using antagonistic fungi-based bioformulations. Journal of Plant Protection Research 55 (2): 136-141.
- Mahdizadehnaraghi R., Zafari D., Zamanizadeh H., Arjmandian A.** 2007. Identification and distribution of the important fungal disease agents on garlic in Hamedan province. Iranian Journal of Agriculture Results 3: 1735-1746.
- Majkowska-Gadomska J., Mikulewicz E., Jadwisieńczyk K., Francke A., Młyńska K.** 2019. The influence of amino acid biostimulators on the size and quality of Garlic (*Allium sativum* L.). Acta Agrophysica 26 (4): 31-38.
- Majkowska-Gadomska J., Wierzbička B.** 2006. Wpływ warunków pogodowych na plonowanie czosnku. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin – Polonia XVI: 55-61.
- Malik G., Mahajan V., Dhatt AS, Singh DB, Sharma A., Mir JI, Wani S. H, Yousuf S., Shabir A., Malik A. A.** 2017. Present status and future prospects of garlic (*Allium sativum* L.) improvement in India with special reference to long day type. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 6 (5): 929-933.
- Marcinkowska J.** 2003. Oznaczanie rodzajów grzybów ważnych w patologii roślin. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa.
- Martins N., Petropoulos S., Ferreira I.** 2016. Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) as affected by pre- and post-harvest conditions: A review. Food Chemistry 211: 41-50.
- Martyniuk S.** 2012. Czy rozwój integrowanej ochrony roślin i rolnictwa ekologicznego zwiększy wykorzystanie biopestycydów w praktyce rolniczej? Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 57 (4):35-37.
- Matyjaszczyk E., Dobrzański A.** 2016. Analiza możliwości regulacji zachwaszczenia w uprawach czosnku w Polsce. Progress in Plant Protection 56 (4): 447-454.
- Matysiak M., Gawel-Beben K., Rybczyńska K., Gmiński J., Surma S.** 2015. Porównanie wybranych właściwości biologicznych czosnku (*Allium sativum*) pochodzącego z Polski i Chin. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2 (99): 160-169.
- Mazur S.** 1990a. Fungoid diseases of garlic (*Allium sativum* L.) bulbs. Folia Horticulturae, Ann II (2): 77-87.

- Mazur S.** 1990b. Patogeniczność wybranych gatunków grzybów dla cebulek czosnku pospolitego. *Phytopathologia Polonica* XI: 406-416.
- Mazur S.** 1992a. Wpływ temperatury na rozwój wybranych gatunków grzybów patogenicznych oraz procesów chorobotwórczych przez nie wywoływanych na cebulkach czosnku pospolitego (*Allium sativum* L.). *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Ogrodnictwo* 20: 105-111.
- Mazur S.** 1992b. Preliminary studies on fungi inhabiting garlic (*Allium sativum* L.). *Phytopathologia Polonica* 4 (XVI): 37-40.
- Mazur S.** 1996a. Grzyby zasiedlające cebule czosnków ozdobnych oraz ich chorobotwórczość. *Acta Agraria et Silvestria. Series Agraria XXXIV*: 79-86.
- Mazur S.** 1996b. Grzyby środowiska uprawnego czosnku pospolitego (*Allium sativum* L.) i ich wpływ na zdrowotność cebul w zależności od zmianowania. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Rozprawy nr 209*: 1-90.
- Mazur S.** 1998. Chorobotwórczość wybranych fitopatogenów w stosunku do czosnku (*Allium sativum* L.). *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie* 57: 199-202.
- Mazur S.** 2003. Choroby czosnku i ich zwalczanie. *Hasło Ogrodnicze* 9: 104-109.
- Mazur S., Szczeponek A.** 2002. Wpływ współrzędnej uprawy truskawki i czosnku na porażenie owoców przez *Botrytis cinerea* Pers. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie* 387: 143-146.
- Mcvicar J.** 2004. *Księga ziół*. Wydawnictwo Bellona. Warszawa: 122-123.
- Micová M., Urminská D., Bystrická J., Kovarovič J., Harangozo L.** 2019. The influence of variety on the content of bioactive compounds in garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 8 (4): 1076-1079.
- Mila A., Dobromilska R., Mila A.** 2013. Wpływ biostymulatorów z alg morskich na wzrost rozsady pomidora. *Episteme I* (20): 497-504.
- Miranda M. E. A., Estrella A. H., Cabriaes J. J. P.** 2006. Colonization of the rhizosphere, rhizoplane and endorhiza of garlic (*Allium sativum* L.) by strains of *Trichoderma harzianum* and their capacity to control allium white-rot under field conditions. *Soil Biology & Biochemistry* 38: 1823-1830.
- Mishra R. K., Jaiswal R. K., Kumar D., Saabale P. R., Singh A.** 2014. Management of major diseases and insect pests of onion and garlic: a comprehensive review. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 6 (11): 160-170.
- Moreno L. P., Vergas J. R. B., Palenius H. G. N., Mendoza R. G., Celedón B. M.** 2015. *In vitro* sensitivity of two species of *Sclerotinia* spp. and *Sclerotium cepivorum* to agents of biological control and fungicides. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33: 256-267.
- Moreno L. P., Vergas J. R. B., Perez Rodriguez L. R., Mendoza R. G., Sanzon Gomez D., Palenius H. G. N.** 2018. *In vitro* sensitivity of three *Alternaria* spp. vegetable isolates to agents of biological control and fungicides. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research* 7 (1): 5684-5686.
- Muhammad A., Idris S. I.** 2019. Phytochemical screening and proximate analysis of garlic (*Allium sativum*). *An archive of organic and inorganic chemical sciences* 4 (1): 478-482.
- Muska A., Saksone E.** 2019. Factors affecting garlic production in Latvia. In *Proceedings of the 2019 International Conference "Economic science for rural development"*. LLU ESAF Jelgava, Latvia. 351–359.

- Nair A., Khar A., Hora A., Malik CP.** 2013. Garlic: its importance and biotechnological improvement. *International Journal of Life Sciences* 2 (1):72-89.
- Naqvi S. A. M. H.** 2004. Diseases of Fruits and Vegetables. *Diagnosis and Management* 2: 149-200.
- Nawrocki J.** 2014. Choroby czosnku. *Hasło Ogrodnicze* 5: 104-109.
- Nawrocki J.** 2017. Nowe preparaty do ochrony roślin w uprawie ekologicznej. Innowacyjne metody ochrony w uprawach ekologicznych. *Małopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Karnowicach, Kraków*: 4-8.
- Nawrocki J., Kunicki E.** 2013. Wpływ wybranych preparatów na porażenie bobu (*Vicia faba* L.) przez patogeny grzybowe. *Episteme I* (20): 513-519.
- Nawrocki J., Mazur S.** 2014. The influence of some preparations on the health status of garlic bulbs (*Allium sativum* L.). 11th Conference of the European Foundation for Plant Pathology. *Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*: 286.
- Nawrocki J., Mazur S., Pogodzińska A.** 2019a. Występowanie patogenów grzybowych czosnku pospolitego (*Allium sativum* L.) na małopolskich plantacjach. VI Konferencja Naukowa „Nowe patogeny i choroby roślin”. *Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach*: 46.
- Nawrocki J., Pogodzińska A.** 2016. Effectiveness of the biological control of garlic (*Allium sativum* L.). *Acta Horticulturae et Regiotecturae – Special Issue Nitra. Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae*: 15-17. <https://doi.org/10.1515/ahr-2016-0017>.
- Nawrocki J., Pogodzińska A. Mazur S.** 2019b. The effectiveness of selected biological and biotechnical agents in the protection of Garlic (*Allium sativum* L.). *Communications in Agricultural Applied Biological Sciences Ghent University* 84 (2): 133- 137.
- Negash T., Shifa H.** 2018. Garlic rust (*Puccinia allii*): effect and management options - a review. *Advances in Life Science and Technology* 69: 25-30.
- Nelson P. E., Tousson T. A., Marasas W. F.** 1983. *Fusarium species*. The Pennsylvania State University. Press. University Park. London.
- Nencini C., Menchiari A., Franchi G. G., Micheli L.** 2011. *In vitro* antioxidant activity of aged extracts of some Italian *Allium* species. *Plant Foods for Human Nutrition* 66: 11-16. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0204-2>.
- Oczkiewicz J., Wymazała M., Dziadek K., Kukielka E., Kopeć A.** 2016. Analiza składu podstawowego wybranych odmian czosnku. *Episteme II*: 81-90.
- Ogórek R., Płaskowska E., Kalinowska K.** 2011. Charakterystyka i taksonomia grzybów z rodzaju *Alternaria*. *Mikologia Lekarska* 18 (3): 150-155.
- Oladele O. O., Blessing D. J., Okosodo J. I.** 2019. Antifungal activity and phytochemical analysis of selected fruit peels. *Journal of Biology Medicine* 3(1): 040-043. <http://dx.doi.org/10.17352/jbm.000013>.
- Onyeagba R. A., Ugbogu O. C., Okeke C. V., Iroakasi O.** 2004. Studies on the antimicrobial effects of garlic (*Allium sativum* Linn), ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and lime (*Citrus aurantifolia* Linn). *African Journal of Biotechnology* 3: 552-554.
- Orlikowski L. B., Skrzypczak Cz., Harnaj I.** 2001a. Biological activity of grapefruit extract in the control of forme speciales of *Fusarium oxysporum*. *Journal of Plant Protection Research* 41 (4): 104–111.

- Orlikowski L. B., Skrzypczak Cz., Jaworska-Marosz A.** 2001b. Influence of grapefruit extract on the growth and development of *Botrytis* spp. and grey mold development on lily and peony. Bulletin of the Polish Academy Science. Biological Science 49 (4): 373–378.
- Orlikowski L. B., Skrzypczak Cz., Wojdyła A., Jaworska-Marosz A.** 2002. Wyciągi roślinne i mikroorganizmy w ochronie roślin przed patogenami. Zeszyty Nauk AR. Kraków 387 (82): 19-32.
- Orłowski M.** 2000. Polowa uprawa warzyw. Brasika, Szczecin: 119-127.
- Overy D. P., Frisvad J. C., Steinmeier U., Thrane U.** 2005. Clarification of the agents causing blue mold storage rot upon various flower and vegetable bulbs: implications for mycotoxin contamination. Postharvest Biology and Technology 35: 217-221.
- Patkowska E.** 2006. Effectiveness of grapefruit extract and *Pythium oligandrum* in the control of bean and peas pathogens. Journal of Plant Protection Research 46 (1): 15- 28.
- Petropoulos S., Fernandes A., Barros L., Ciric A., Sokovic M., Ferreira I. C. F. R.** 2018a. Antimicrobial and antioxidant properties of various Greek garlic genotypes. Food Chemistry 245: 7-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.078>.
- Petropoulos S. A., Fernandes A., Ntatsi G., Petrotos K., Barros L., Ferreira I. C. F. R.** 2018b. Nutritional value, chemical characterization and bulb morphology of Greek garlic landraces. Molecules 23 (2). <https://doi.org/10.3390/molecules23020319>.
- Petrovska B., Cekovska S.** 2010. Extracts from the history and medical properties of garlic. Pharmacological Reviews 4: 106-110.
- Phillipson J. D., O'Neill M. J.** 1989. New leads to the treatment of protozoal infections based on natural products. Acta Pharmaceutica Nordica 1:131-143.
- Pieczul K.** 2015. Przyczyny odporności na fungicydy grzybów patogenicznych dla roślin. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego 1: 83-93.
- Piekutowska M.** 2017. Potencjał naturalnych preparatów pochodzenia roślinnego dla poprawy zdrowotności i żywotności materiału siewnego roślin rolniczych. Problemy Drobnych Gospodarstw Rolnych 3: 43-59.
- Pieszko C., Zaremba A.** 2013. Zawartość związków fenolowych w ekstraktach z próbek materiału roślinnego. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLVI (4): 434 – 439.
- Pięta D.** 2006. The use of Biosept 33 SL, Biochikol 020 PC and Polyversum to control soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) diseases against pathogens. Part I. Healthiness and yielding of soybean after using biopreparations. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 5 (2): 35-41.
- Pięta D., Patkowska E., Pastucha A.** 2004. Oddziaływanie biopreparatów na wzrost i rozwój niektórych grzybów chorobotwórczych dla roślin motylkowatych. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 3(2): 117–177.
- Pijanowski E., Mrożewski S., Horubała A., Jarczyk A.** 1973/1976. Technologia produktów owocowych i warzywnych. T. I/II Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Pinta M.** 1977. Absorpcyjna spektrometria atomowa zastosowana w analizie chemicznej. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Pląskowska E.** 2010. Charakterystyka i taksonomia grzybów z rodzaju *Fusarium*. Mikologia Lekarska 17 (3): 172-176.

- Pogodzińska A., Kurzawińska H.** 2016. Fungistatyczne właściwości wybranych olejków w stosunku do niektórych patogenów róży. *Episteme* 2 (30): 267-276.
- Pruszyński S., Wolny S.** 2007. Przewodnik dobrej praktyki ochrony roślin. Instytut Ochrony Roślin, Poznań.
- Pruszyński S., Mrówczyński M., Pruszyński G.** 2008. Ochrona roślin w integrowanej technologii produkcji rolniczej. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 1: 87-97.
- Ramirez C.** 1982. Manual and atlas of the *Penicillia*. Elsevier Biomedical Press. Amsterdam, New York, Oxford.
- Refai M., Abo El-Yazid H., Tawakkol W.** 2015. Monograph on the genus *Penicillium*. A guide for historical, classification and identification of penicillin, their industrial applications and detrimental effects. Cairo University, Egipt.
- Rekowska E., Skupień K.** 2009. The influence of selected agronomic practice on the yield and chemical composition of winter garlic. *Vegetable Crops Research Bulletin* 70: 173-182.
- Robak J.** (red.). 2020. *Metodyka integrowanej produkcji czosnku*. Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa Główny Inspektorat, Warszawa.
- Robak J., Wiech K.** 2005. *Choroby i szkodniki warzyw cebulowych*. Wydawnictwo Plantpress, Kraków.
- Rochalska M., Orzeszko-Rywka A.** 2009. Zastosowanie naturalnych substancji roślinnych jako zapraw nasiennych dla upraw ekologicznych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 54 (4): 74-80.
- Rogowska M., Sobolewski J.** 2018. *Choroby i szkodniki warzyw*. Wydawnictwo Plantpress, Kraków: 34-54.
- Rotem J.** 1994. The genus *Alternaria*: biology, epidemiology and pathogenicity. Amer Phytopathological Society Press. Saint Paul, Minnesota.
- Sajid M., Butt M. S., Shehzad A., Tanweer S.** 2014. Chemical and mineral analysis of garlic: a golden herb. *Pakistan Journal of Food Sciences*. 24 (2): 108-110.
- Sammama H., Douira A., Hssisou D., El Kaoua M.** 2019. Research of the antifungal activity of the extracts of certain species of macroalgae from the Atlantic coast of Morocco. *Journal of Applied Science and Environmental Studies* 2 (3): 139-151.
- Sasaki J., Kita T., Ishita K., Uchisawa H., Matsute H.** 1999. Antibacterial activity of garlic powder against *Escherichia coli* O-157. *Journal of Nutritional Science and Vitaminalogy* 45:785-790.
- Schwartz H. F., Mohan K. S.** (red.). 2008. *Compendium of onion and garlic diseases and pests*. Second edition. St. Paul, Minnesota, USA: The American Phytopathological Society.
- Sedeek M. S., Al-Mahallawi A. M., Hussien R. A. A., Ali A. M. A., Nagiub I. A., Mansour M. K.** 2021. Hexosomal dispersion: a nano-based approach to boost the antifungal potential of citrus essential oils against plant fungal pathogens. *Molecules* 26. <https://doi.org/10.3390/molecules26206284>.
- Senderski M.** 2015. *Prawie wszystko o ziołach i ziołolecznictwie*. Wydawnictwo Mateusz E. Senderski: 257-259.
- Sharifi-Rad J., Mnayer D., Tabanelli G., Stojanović-Radić Z. Z., Sharifi-Rad M., Yousaf Z., Vallone L., Setzer W. N., Iriti M.** 2016. Plants of genus *Allium* as antibacterial agents: from tradition to pharmacy. *Cellular and Molecular Biology* 62 (9): 57-68.

- Sharma N., Tripathi A.** 2006. Fungitoxicity of the essential oil of *Citrus sinensis* on post-harvest pathogens. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 22: 587-593. <https://doi.org/10.1007/s11274-005-9075-3>.
- Shukla P. S., Mantin E. G., Adil M., Bajpai S., Critchley A. T., Prithviraj B.** 2019. *Ascophyllum nodosum* – based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in Plant Science* 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>.
- Singh G., Ram CN, Singh A., Shrivastav S., Singh N., Singh D.** 2017. Character association and path coefficient analysis of yield and its contributing traits in garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 6 (6): 1801-1805.
- Sosnowska D.** 2018. The contribution of conservation biological control method to integrated plant protection and organic farming. *Konserwacyjna metoda biologiczna wsparciem integrowanej ochrony roślin i rolnictwa ekologicznego. Progress in Plant Protection* 58 (4): 288-293.
- Steinbrich J.** 1993. Czosnek – skuteczny lek i cenna przyprawa. *Wiadomości Zielarskie* 4: 5-7.
- Suchorzyńska M., Misiewicz A.** 2009. Mikotoksynotwórcze grzyby fitopatogeniczne z rodzaju *Fusarium* i ich wykrywanie technikami PCR. *Postępy Mikrobiologii* 48 (3): 221-230.
- Sultan S. M., Raina S. K.** 2020. Agro-morphological characterization of local garlic (*Allium sativum* L.) germplasm accession collected from different regions of Jammu and Kashmir. *Journal of Applied and Natural Science* 12 (2): 124-127.
- Szychowski K., Rybczyńska-Tkaczyk K., Gawel-Bęben K., Świeca M., Karaś M., Jakubczyk A., Matysiak M., Binduga U. E., Gmiński J.** 2018. Characterization of active compounds of different garlic (*Allium sativum* L.) cultivars. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 68 (1): 73-81.
- Świerczyńska I.** 2010. Wpływ wybranych biopreparatów na wzrost kilku gatunków grzybów z rodzaju *Fusarium* w warunkach laboratoryjnych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 55 (4): 158-161.
- Świetlikowska K.** (red.). 2008. Surowce spożywcze pochodzenia roślinnego. Wydawnictwo SGGW. Warszawa: 62-64.
- Tomalak M.** 2010. Rynek biologicznych środków ochrony roślin i przepisy legislacyjne. *Progress Plant Protection* 50 (3): 1053-1063.
- Toppe B., Stensvand A., Herrero M. L., Gislerød H. R.** 2007. C-Pro (grapefruit seed extract) as supplement or replacement against rose- and cucumber powdery mildew. *Acta Agriculturae Scandinavica B-Soil and Plant Science* 57 (2): 105-110.
- Ulacio-Osorio D., Zavaleta-Mejia E., Martinez-Garza A., Pedroza-Sandoval A.** 2006. Strategies for management of *Sclerotium cepivorum* Berk. in garlic. *Journal of Plant Pathology* 88 (3): 253-258.
- Valdez J. G., Makuch M. A., Ordovini A. F., Frisvad J. C., Overy D. P., Masuelli R. W., Piccolo R. J.** 2009. Identification, pathogenicity and distribution of *Penicillium* spp. isolated from garlic in two regions in Argentina. *Plant Pathology* 58: 352-361. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01960.x>

- Visagie C. M., Houbraken J., Frisvad J. C., Hong S.-B., Klaassen C. H. W., Perrone G., Seifert K. A., Verga J., Yaguchi T., Samson R. A.** 2014. Identification and nomenclature of genus *Penicillium*. *Studies in Mycology* 78: 343-371.
- Viuda-Martos M., Ruiz-Navajas Y., Fernandez-Lopez J., Perez-Alvarez J.** 2008. Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.) essential oils. *Food Control* 19: 1130-1138. <https://doi:10.1016/j.foodcont.2007.12.003>.
- Wierzbicka B.** 2001. Czosnek - roślina warzywna, przyprawowa i lecznicza. *Biuletyn Naukowy UMW* 13: 265-269.
- Wierzbicka B., Kuskowska M.** 2002. Wpływ wybranych czynników na zawartość witaminy C w warzywach. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 1 (2): 49-57.
- Włodarek A., Badełek E., Robak J.** 2013. Wpływ nowych środków roślin stosowanych w czasie wegetacji na trwałość przechowalniczą warzyw korzeniowych. *Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa* 21: 127-137.
- Wojtkowiak-Gębarowska E.** 2006. Mechanizmy zwalczania fitopatogenów glebowych przez grzyby z rodzaju *Trichoderma*. *Postępy Mikrobiologii* 45 (4): 261-273.
- Wolski T., Ludwiczuk A.** 2001. Środki pochodzenia naturalnego w ochronie roślin. *Ochrona Roślin* 11-12: 5-7.
- Yemm E. W., Wills A. J.** 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal* 57: 508-514.
- Yusuf A., Fagbuaro S. S., Fajemilehin S. O. K.** 2018. Chemical composition, phytochemical and mineral profile of garlic (*Allium sativum*). *Journal of Bioscience and Biotechnology Discovery* 3 (5): 105-109.
- Zamorski C.** 1984. Materiały do zajęć specjalizacyjnych z fitopatologii. Cz. III. Zasady identyfikacji grzybów patogenicznych dla roślin. Wydawnictwo SGGW-AR. Warszawa.
- Zeleeuw D. Z., Kidane T. T., Naqvi S. D. Y., Suryanarayana A. K.** 2017. Potentials and constraints of garlic production in southern region, Eritrea. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science* 12 (8): 249-257.
- Zohra H. F., Rachida A., Malika M., Benali S., Samir A. S., Meriem B.** 2015. Chemical composition and antifungal activity of essential oils of Algerian citrus. *African Journal of Biotechnology* 14 (12): 1048-1055. <https://doi.org/10.5879/AJB2013.12140>.
- Żernicki W., Borkowska-Burnecka J., Bulska E., Szmyd E.** 2010. Metody analitycznej spektrometrii atomowej - teoria i praktyka. Wydawnictwo Malamut, Warszawa.

Materiały internetowe:

- Biocont** Dostęp: <http://biocont.pl/produkty/alginure/> [12.11.2022].
- Biocont** Dostęp: <https://biocont.pl/produkt/rizocore/> [20.11.2022].
- Biocont** Dostęp: <http://biocont.pl/produkty/rhizovital-42/> [12.11.2022].
- Biosept** Dostęp: <https://biosept.pl/> [20.11.2022].
- Garpek** Dostęp: <https://planasa.com/variety/garlic-garpek/> [20.11.2022].
- Index Fungorum** Dostęp: <https://www.indexfungorum.org/names/names.asp> [20.11.2022].
- Meteo Model** Dostęp: <https://meteomodel.pl/> [20.11.2022].

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi Dostęp:
<https://www.gov.pl/web/rolnictwo/etykiety-srodkow-ochrony-roslin> [20.11.2022].

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi Dostęp:
<https://www.gov.pl/web/rolnictwo/wytyczne-dotyczace-prowadzenia-badan-skuteczności-i-fitotoksyczności-srodkow-ochrony-roslin1> [20.11.2022].

Oroagri Dostęp: <https://www.oroagri.eu/pl/faq/wetcit-faq/#1534617395347-913f23e9-fbf0> [20.11.2022].

Thompson Morgan Dostęp: <https://www.thompson-morgan.com/p/garlic-garpek-springautumn-planting/t65261TM> [20.11.2022].