

Effect of selected copper forms on the inhibition of mycelium growth of *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea* and *Rhizoctonia cerealis* in vitro

Wpływ wybranych form miedzi na rozwój *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea* i *Rhizoctonia cerealis* w warunkach in vitro



DOI: 10.15199/62.2025.4.7

The effect of azoxystrobin, prothioconazole, copper hydroxide, copper oxychloride and copper heptagluconate at different doses on inhibiting the growth of mycelia of pathogenic fungi *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia cerealis* was studied. All active substances were tested in vitro on PDA (potato-glucose-agar) medium. The conducted assessments and measurements showed a high level of inhibition of mycelia growth of *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea* and *Rhizoctonia cerealis* in combinations in which modern forms of copper were used, with an effectiveness similar to the active substances of fungicides currently used in agriculture.

Keywords: copper, fungicides, pathogenic fungi

Testowano wpływ wybranych form miedzi oraz przykładowych fungicydów na hamowanie wzrostu grzybni grzybów chorobotwórczych. W badaniach zastosowano w różnych dawkach azoksystrobinę, protiokonazol, wodorotlenek miedzi, tlenochlorek miedzi oraz heptaglukonian miedzi. Wszystkie środki testowano w badaniach in vitro na pożywkach PDA (ziemniaczano-glukozowo-agarowa). Przeprowadzone oceny oraz wykonane pomiary wskazują na wysoki stopień hamowania wzrostu grzybni *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea* i *Rhizoctonia cerealis* dzięki zastosowaniu nowoczesnych form miedzi, przy skuteczności zbliżonej do obecnie stosowanych w rolnictwie substancji czynnych fungicydów.

Słowa kluczowe: miedź, fungicydy, grzyby chorobotwórcze

Miedź jest wykorzystywana jako środek ochrony roślin od ponad 100 lat, wykazując wysoką skuteczność w ograniczaniu rozwoju wielu patogenów, w tym gatunków grzybów chorobotwórczych i bakterii¹⁾. Jej szerokie spektrum działania sprawia, że jest niezastąpiona zarówno w rolnictwie konwencjonalnym, jak i ekologicznym. Związki miedzi wykazują działanie wielokierunkowe, co znacznie zmniejsza ryzyko rozwinięcia się odporności patogenów, będące częstym problemem w przypadku niektórych substancji czynnych fungicydów²⁾. W praktyce wodorotlenek miedzi i tlenochlorek miedzi są szeroko stosowane w ograniczaniu

sprawców chorób, takich jak zaraza ziemniaka wywołwana przez *Phytophthora infestans* w uprawie ziemniaka i pomidora. Związki te wykazują swoją przydatność szczególnie w rolnictwie ekologicznym³⁾. Ta skuteczność jest kluczowa dla rolników, którzy nie mają dostępu w tym systemie uprawy do środków ochrony roślin. Badania wskazują, że miedź nie tylko hamuje wzrost mikroorganizmów, ale także stymuluje mechanizmy obronne roślin⁴⁾. To podwójne działanie zwiększa odporność rośliny na infekcje, jednocześnie zmniejszając populację patogenów. Użyteczność miedzi wykracza poza bezpośrednią kontrolę patogenów. Jest ona



Dr inż. Jakub DANIELEWICZ (ORCID:0000-0003-0252-8573) w roku 2021 uzyskał stopień doktora w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. Jest pracownikiem Zakładu Mykologii w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym w Poznaniu. Jest cenionym ekspertem w dziedzinie stosowania fungicydów w Polsce. Specjalność – szkodliwość grzybów chorobotwórczych, badanie skuteczności fungicydów i biopreparatów, tworzenie programów ochrony roślin rolniczych oraz doradztwo w zakresie ochrony roślin.



Dr inż. Joanna HOROSZKIEWICZ (ORCID: 0000-0002-2964-4593) pracuje w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym w Poznaniu. Jest autorką ok. 150 publikacji naukowych. Jest również redaktorem kilkunastu monografii oraz recenzentem prac naukowych. Specjalność – metody chemicznej i niechemicznej ochrony upraw roślin rolniczych przed patogenami.

* Adres do korespondencji:

Zakład Mykologii, Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań, tel.: (61) 864-91-36, fax: (61) 864-90-01, e-mail: j.danielewicz@iorpib.poznan.pl

również mikroelementem niezbędnym dla rozwoju roślin. Bierze udział w kluczowych procesach fizjologicznych, w tym w procesie fotosyntezy⁵⁻⁷). Obecność miedzi może poprawić ogólną vitalność roślin, co prowadzi do zwiększenia plonów, szczególnie w uprawach, które są wrażliwe na obniżony poziom tego mikroelementu⁸).

W ostatnich latach pojawiły się innowacyjne formy miedzi, które optymalizują jej wykorzystanie, jednocześnie minimalizując wpływ na środowisko⁹). Pozwala to na dokładniejsze pokrycie i przyleganie do powierzchni roślin, co wpływa na zmniejszenie wymywania i zwiększoną skuteczność¹⁰). W dobie wycofywania substancji czynnych środków ochrony roślin, poszukiwanie alternatywnych metod ochrony roślin stanowi wyzwanie dla nauki XXI w.¹¹).

W uprawie rzepaku grzybem powodującym duże zagrożenie dla jego rozwoju i plonowania jest *Sclerotinia sclerotiorum*, sprawca zgnilizny twardzikowej¹²). Patogen ten może występować w uprawie wielu gatunków roślin rolniczych, takich jak ziemniak, słonecznik, groch, soja, tytoń, łubin i bobik¹³). W uprawie rzepaku przez cały sezon wegetacyjny zagrożenie stanowi także grzyb *Botrytis cinerea*, który jest sprawcą szarej pleśni¹⁴). Wymienione patogeny w warunkach Polski są istotnym czynnikiem biotycznym, wpływającym na zmniejszenie ilości i pogorszenie jakości plonu rzepaku ozimego¹⁵). W uprawie zbóż jednym z gatunków grzybów powodujących choroby podstawy źdźbła jest *Rhizoctonia cerealis*, sprawca ostrej plamistości oczkowej, który istotnie przyczynia się do osłabienia funkcjonowania roślin¹⁶).

Lamichhane i współpr.¹⁷) wykazali, że związki miedzi mają wysoką toksyczność w stosunku do szerokiego spektrum patogenów roślin, w tym gatunków bakterii i grzybów, a jednocześnie są stosunkowo mało toksyczne dla ssaków. Ta cecha sprawia, że miedź jest atrakcyjną alternatywą dla realizacji strategii integrowanej produkcji roślin (IPM). Długotrwałe stosowanie miedzi wiąże się z pewnymi obawami środowiskowymi, szczególnie w odniesieniu do akumulacji w glebie i potencjalnej toksyczności dla pożytecznych mikroorganizmów glebowych. Badania Lamichhane i współpr.¹⁷) wykazały, że nadmierne stosowanie miedzi może mieć szkodliwy wpływ na stan fitosanitarny gleby, zakłócając społeczności drobnoustrojów niezbędne do

obiegu składników odżywczych. Dlatego naukowcy opowiadają się za zoptymalizowanym wykorzystaniem miedzi, zmniejszając dawki aplikacji przy jednoczesnym zachowaniu skutecznej kontroli chorób. Banik i Pérez-de-Luque¹⁸) potwierdzają obserwacje własne dotyczące hamowania wzrostu różnych gatunków grzybów chorobotwórczych, w tym *B. cinerea*, jednocześnie wykazując działanie niebiocydalne na pożyteczne mikroby, takie jak *Trichoderma* spp. Sugeruje to, że racjonalne stosowanie miedzi w postaci nanocząstek może zapewnić bardziej przyjazne dla środowiska podejście do zarządzania chorobami¹⁹). Debata wokół stosowania miedzi w rolnictwie koncentruje się na zrównoważeniu jej korzyści z potencjalnymi zagrożeniami ekologicznymi. Podczas gdy miedź pozostaje istotnym narzędziem w zwalczaniu sprawców chorób roślin, społeczność naukowa musi nadal poszukiwać alternatyw i udoskonalać strategię jej stosowania w celu złagodzenia negatywnego wpływu na środowisko. Współczesne badania, prowadzone w wiodących jednostkach naukowych^{20, 21}), podkreślają przydatność nowoczesnych form miedzi w zmniejszaniu zależności od tradycyjnych fungicydów na bazie miedzi, jednocześnie wzmacniając mechanizmy obronne roślin przed patogenami.

Stosowanie różnych form miedzi w rolnictwie, szczególnie w zwalczaniu grzybów chorobotwórczych, pozostaje tematem znajdującym coraz większą rzeszę zwolenników wśród producentów roślin rolniczych i ogrodniczych. Miedź uznawana jest za skuteczny środek o właściwościach fungistatycznych. Obawy dotyczące jej wpływu na środowisko i potencjalnej toksyczności wywołują debatę na temat jej zrównoważonego stosowania w ochronie upraw.

Celem badań była ocena skuteczności ograniczania wzrostu grzybów chorobotwórczych *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea* i *Rhizoctonia cerealis* w warunkach *in vitro* przez nowoczesne formy miedzi, co pozwoli na wstępne określenie ich przydatności w rolnictwie.

Część doświadczalna

Materiały

Materiał badawczy stanowiły wybrane formy miedzi, a także substancje czynne fungicydów oraz izolaty grzybów chorobotwórczych wyizolowanych z materiału roślinne-



Dr Ewa JAJOR (ORCID: 0000-0002-4412-1766) pracuje w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym w Poznaniu, gdzie prowadzi badania nad metodami chemicznej i niechemicznej ochrony upraw rzepaku, zbóż i innych przed organizmami chorobotwórczymi. Od lat zajmuje się rozwiązywaniem praktycznych problemów występujących z rolnictwie. Realizowała wiele projektów badawczych finansowanych przez polskie i zagraniczne organizacje budżetujące rozwój nauki. Jest autorką ponad 300 publikacji naukowych w czasopiśmie krajowych i zagranicznych oraz atlasów chorób roślin, metodyk i programów ochrony roślin, a także ponad 100 artykułów popularnonaukowych w prasie fachowej upowszechniającej dokonania nauki w zakresie szeroko rozumianej ochrony roślin. Specjalność – badania odporności roślin, w tym rzepaku, na patogeny.



Prof. dr hab. Marek KORBAS (ORCID: 0000-0002-5536-1853) w roku 2012 otrzymał tytuł profesora nauk rolniczych. Jest autorem wielu prac naukowych i popularnonaukowych z zakresu chorób roślin rolniczych i zwalczania ich sprawców. Jest często zapraszany prelegentem i popularyzatorem fachowej wiedzy o nowoczesnej ochronie roślin przed sprawcami chorób na konferencjach i szkoleniach organizowanych dla pracowników naukowych, służb rolniczych, służb ochrony roślin i rolników. Specjalność – choroby zbóż i rzepaku.

Table 1. Tested isolates of fungi

Tabela 1. Badane gatunki grzybów

Obiekt badawczy	Pochodzenie izolatu	Numer izolatu
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	rzepak ozimy	1S/2023
<i>Botrytis cinerea</i>	rzepak ozimy	2B/2023
<i>Rhizoctonia cerealis</i>	pszenica ozima	10/2023

go pochodzącego z upraw rzepaku *S. sclerotiorum* i *B. cinerea* oraz pszenicy *R. cerealis*. Do badań wytypowano izolaty grzybów o największej patogeniczności (tabela 1). W badaniach stosowano: wodorotlenek miedzi (Copper Max NEW 50 WP prod. Spiess-Urania Chemicals GmbH,

Hamburg, Niemcy), zawartość miedzi 500 g/kg, w formie wodorotlenku miedzi; tlenochlorek miedzi (Miedzian 50 WP prod. Synthos Agro, Oświęcim, Polska), zawartość miedzi 500 g/kg, w formie tlenochloru miedzi; preparat na bazie heptaglukonianu miedzi (Hepta PRO prod. SMP Agro sp. z o.o., Komorniki, Polska), zawartość miedzi 70 g/L, skompleksowana kwasem heptaglukonowym. W badaniach testowano również substancje czynne konwencjonalnych fungicydów zawierające azoksystrobinę (Amistar 250 SC prod. Syngenta Polska sp. z o.o., Polska), zawartość azoksystrobiny 250 g/L, oraz protiokonazol (Promino 300 EC prod. Helm sp. z o.o., Polska), zawartość protiokonazolu 300 g/L.

Metodyka badań

W doświadczeniu *in vitro* oceniano wzrost grzybní patogenów po zastosowaniu różnych produktów zawierających miedź. Wszystkie dawki badanych produktów przeliczono dla wartości stosowanych na 1 ha (na 200 L wody). W badaniach wykorzystano wodorotlenek miedzi w dawce 0,4, 0,6 i 1,0 kg, tlenochlorek miedzi w dawce 0,6 i 1,0 kg oraz preparat na bazie heptaglukonianu miedzi w dawce 1,0, 2,0 i 3,0 L. Zestawienie wszystkich obiektów badawczych i ich dawki znajdują się w tabelach 2–4. Wzory strukturalne wybranych form miedzi oraz substancji czynnych wykorzystanych w badaniach przedstawiono na rysunku.

Badane środki dodawano do sterylnej pożywki ziemniaczano-glukozowo-agarowej (PDA) schłodzonej do temp. 45°C w takich ilościach, aby uzyskać odpowiednie stężenie substancji czynnej

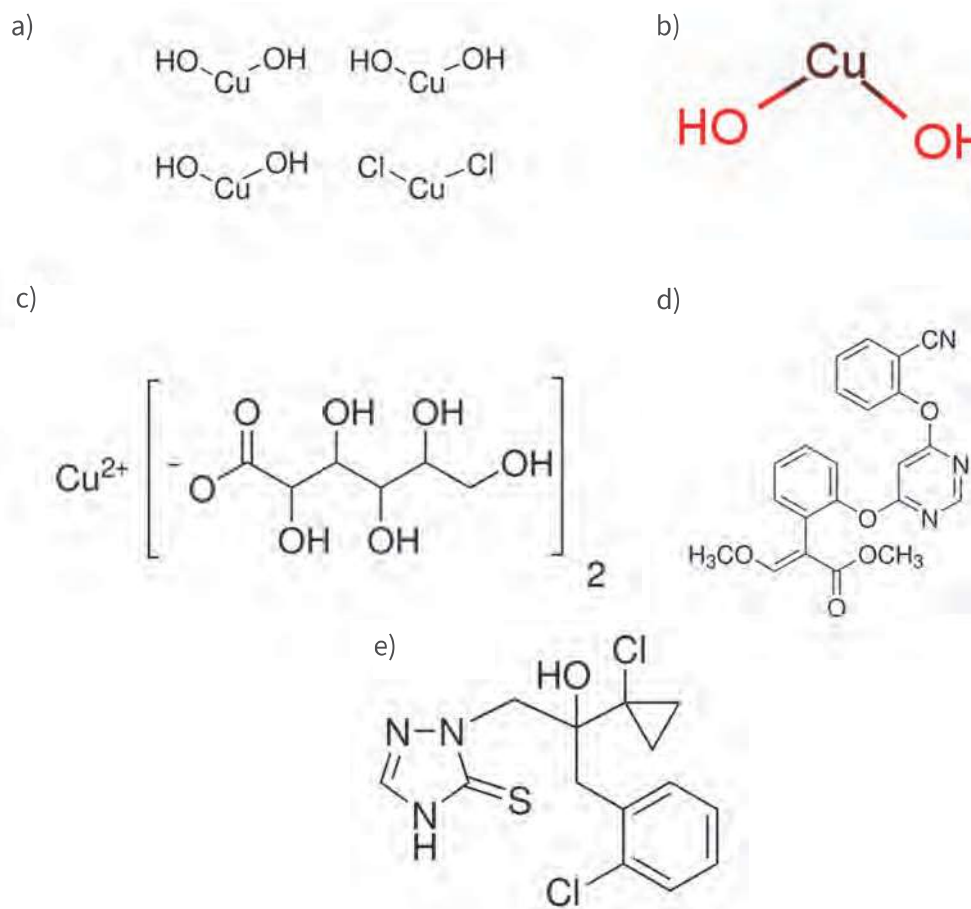


Figure. Structural formulas of active substances used in the studies; a) copper hydroxide, b) copper oxychloride, c) copper heptagluconate, d) azoxystrobin, e) prothioconazole

Rysunek. Wzory strukturalne substancji czynnych wykorzystanych w badaniach; a) wodorotlenek miedzi, b) tlenochlorek miedzi, c) heptaglukonian miedzi, d) azoksystrobina, e) protiokonazol



Dr inż. Monika GRZANKA (ORCID: 0000-0003-1470-7026) w roku 2018 ukończyła studia z zakresu rolnictwa na Wydziale Rolnictwa i Bioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Stopień doktora w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo uzyskała w 2022 r. Pracuje na stanowisku adiunkta w Katedrze Agronomii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Specjalność – ochrona roślin, zmiany formy substancji aktywnej lub parametrów cieczy opryskowej, stres roślin wywołany przez różne czynniki, selektywność preparatów w stosunku do roślin uprawnych oraz biologiczna ochrona i biostymulacja roślin.



Dr hab. Łukasz SOBIECH, prof. UPP (ORCID: 0000-0002-2584-9911), w roku 2008 ukończył studia na Wydziale Rolnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, uzyskując stopień magistra rolnictwa. W 2013 r. uzyskał stopień doktora nauk rolniczych, a w 2021 r. stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo na Wydziale Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii UPP. Pracuje na stanowisku profesora w Katedrze Agronomii UPP. Specjalność – zagadnienia związane z ochroną roślin, ze szczególnym uwzględnieniem problemów uodpornienia chwastów na herbicydy oraz wykorzystania adiuwantów w praktyce rolniczej, a także formułacje środków ochrony roślin oraz nawozów oraz niechemiczna ochrona roślin.

Table 2. The effect of selected products on *Sclerotinia sclerotiorum* growth in vitroTabela 2. Wpływ zastosowanych produktów na ograniczanie wzrostu grzybnia *Sclerotinia sclerotiorum*

Obiekt	Dawka (kg lub L/200 L wody)	Średnica grzybnia, cm	Hamowanie wzrostu grzybnia, %
Kontrola	-	8,60	-
Wodorotlenek miedzi	0,4	7,37	14
Wodorotlenek miedzi	0,6	5,03	42
Wodorotlenek miedzi	1,0	3,65	58
Tlenochlorek miedzi	0,6	3,90	55
Tlenochlorek miedzi	1,0	2,10	76
Heptaglukonian miedzi	1,0	0,00	100
Heptaglukonian miedzi	2,0	0,00	100
Heptaglukonian miedzi	3,0	0,00	100
Azoksystrobina	1,0	0,00	100
Protiokonazol	1,0	0,00	100
NIR (0,05)		0,344	

Table 3. The effect of selected products on *Botrytis cinerea* growth in vitroTabela 3. Wpływ zastosowanych produktów na ograniczanie wzrostu grzybnia *Botrytis cinerea*

Obiekt	Dawka, kg lub L/200 L wody	Średnica grzybnia, cm	Hamowanie wzrostu grzybnia, %
Kontrola	-	8,60	-
Wodorotlenek miedzi	0,4	5,07	41
Wodorotlenek miedzi	0,6	4,82	44
Wodorotlenek miedzi	1,0	3,90	55
Tlenochlorek miedzi	0,6	3,80	56
Tlenochlorek miedzi	1,0	3,37	61
Heptaglukonian miedzi	1,0	0,00	100
Heptaglukonian miedzi	2,0	0,00	100
Heptaglukonian miedzi	3,0	0,00	100
Azoksystrobina	1,0	1,23	86
Protiokonazol	1,0	0,00	100
NIR (0,05)		0,219	

Table 4. The effect of selected products on *Rhizoctonia cerealis* growth in vitroTabela 4. Wpływ zastosowanych produktów na ograniczanie wzrostu grzybnia *Rhizoctonia cerealis*

Obiekt	Dawka, kg lub L/200 L wody	Średnica grzybnia, cm	Hamowanie wzrostu grzybnia, %
Kontrola	-	8,60	-
Azoksystrobina	1,0	0,00	100
Protiokonazol	1,0	0,00	100
Wodorotlenek miedzi	0,4	0,00	100
Wodorotlenek miedzi	0,6	0,00	100
Wodorotlenek miedzi	1,0	0,00	100
Tlenochlorek miedzi	0,6	0,00	100
Tlenochlorek miedzi	1,0	0,00	100
Heptaglukonian miedzi	1,0	0,00	100
Heptaglukonian miedzi	2,0	0,00	100
Heptaglukonian miedzi	3,0	0,00	100
NIR (0,05)		0,000	



Dr hab. Robert IDZIAK, prof. UPP (ORCID: 0000-0002-1621-9184), w roku 1997 ukończył studia na Wydziale Rolniczym Akademii Rolniczej w Poznaniu (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu), uzyskując stopień magistra rolnictwa. W 2001 r. uzyskał stopień doktora nauk rolniczych, a w 2014 r. stopień doktora habilitowanego nauk rolniczych na Wydziale Rolnictwa i Bioinżynierii tej samej uczelni. Obecnie pracuje na stanowisku profesora w Katedrze Agronomii UPP. Specjalność – optymalizacja zwalczania chwastów w roślinach uprawnych, wpływ adiuwantów na parametry cieczy opryskowych zawierających pestycydy, optymalizacja doboru adiuwantów i nawozów mineralnych jako dodatków wspomagających działanie herbicydów, odporność chwastów na herbicydy (przyczyny, mechanizmy, przeciwdziałanie) oraz zastosowanie metod niechemicznych w ochronie roślin.

odpowiadające dawce połowej środka zawierającego badaną substancję. Uzyskaną mieszaninę pożywki i środków rozlewano na szalki Petriego. Doświadczenie założono w 4 powtórzeniach. Kombinację kontrolną stanowiła czysta pożywka PDA (bez dodatku środków). Na zestaloną pożywkę na szalkach Petriego, w ich środkową część, nanoszono krążki poszczególnych kultur gatunków grzybów o średnicy 4 mm. Płytki inkubowano w temp. 20°C w kontrolowanych warunkach komory Bindera. Pomiar średnicy kultur w każdej kombinacji wykonano po przerośnięciu powierzchni pożywki przez grzybnie w danym obiekcie kontrolnym. Obliczono średni przyrost grzybnia w milimetrach, a następnie ze wzoru (1) obliczono procent hamowania wzrostu grzybnia danego patogenu przez badane substancje:

$$Ow = (K - F/K) \cdot 100 \quad (1)$$

w którym Ow oznacza zahamowanie wzrostu, K wzrost grzyba na płytkach kontrolnych, a F wzrost grzyba na płytce z dodatkiem substancji wpływającej na wzrost.

Wszystkie doświadczenia wykonano w 3 niezależnych seriach. Wyniki z poszczególnych serii uśredniono i przeanalizowano statystycznie. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji (ANOVA) dla doświadczeń jednoczynnikowych w układzie bloków losowych, natomiast najmniejszą istotną różnicę (NIR) obliczono dla poziomu ufności $p < 0,05$ za pomocą testu Tukeya.

Wyniki badań

Zastosowane w doświadczeniu *in vitro* formy miedzi w poszczególnych dawkach wykazywały zróżnicowane działanie w ograniczaniu wzrostu grzyb-

ni *S. sclerotiorum* i *B. cinerea* wyizolowanych z rzepaku (tabele 2 i 3). Badania wykazały natomiast całkowite zahamowanie wzrostu grzybnia *R. cerealis* po aplikacji wszystkich kombinacji badawczych w porównaniu z kontrolą. Działanie to było niezależne od użytej formy miedzi (tabela 4).

Dla wszystkich badanych gatunków grzybów zastosowanie miedzi w formie heptaglukonianu miedzi w dawkach 1,0, 2,0 i 3,0 L/200 L H_2O pozwoliło na całkowite zahamowanie wzrostu grzybnia (100% hamowania). Takie

działanie wykazywały również substancje czynne wchodzące w skład syntetycznych fungicydów: protiokonazol oraz azoksystrobina (poza niewielkim wzrostem grzybni *B. cinerea* po użyciu azoksystrobiny).

Hamowanie wzrostu grzybni *S. sclerotiorum* i *B. cinerea* po zastosowaniu zmniejszonych dawek miedzi w formie wodorotlenku (0,4 i 0,6 L/200 L H₂O) wynosiło 14–44,0%. Zastosowanie tej formy miedzi w dawce 1,0 L/200 L H₂O pozwoliło na ograniczenie wzrostu grzybni tych gatunków o odpowiednio 58 i 55%. Tlenochlorek miedzi w dawce 0,6 L/200 L H₂O wykazywał ograniczanie wzrostu grzybni *B. cinerea* i *S. sclerotiorum* powyżej 50%. Zastosowanie najwyższej dawki tlenochloru miedzi (1,0 L/200 L H₂O) wpłynęło na ograniczenie wzrostu *S. sclerotiorum* o 76% i *B. cinerea* o 61%.

Nowoczesne formy miedzi w ochronie roślin często występują w postaci kompleksów z różnymi substancjami, co zwiększa ich skuteczność i bezpieczeństwo dla środowiska. Dwa najczęściej stosowane kompleksy to miedź skompleksowana z kwasem heptaglukonowym oraz miedź skompleksowana z kwasem lignosulfonowym. Grzanka i współpracownicy⁹⁾ wykazali, że lignosulfonian miedzi i heptaglukonian miedzi osiągnęły do 100% zahamowania wzrostu grzybni gatunków *Fusarium in vitro*. Wyniki te są istotne, ponieważ grzyby rodzaju *Fusarium* są znanymi patogenami porażającymi wiele upraw, w tym pszenicę, która ma zasadnicze znaczenie dla globalnego bezpieczeństwa żywnościowego. W badaniach laboratoryjnych te skompleksowane formy miedzi nie tylko zmniejszyły częstość występowania patogenów, ale także utrzymały energię i zdolność kiełkowania ziarna pszenicy ozimej, wskazując na ich rolę w zwalczaniu sprawców chorób⁹⁾. W badaniach Autorów zastosowanie nowoczesnych form miedzi umożliwiło zahamowanie *in vitro* wzrostu grzybni grzybów *S. sclerotiorum*, *B. cinerea* oraz *R. cerealis* w podobnym zakresie.

Podsumowanie

Potencjał miedzi w ochronie roślin jest poparty badaniami wykazującymi jej skuteczność w ograniczaniu patogennych grzybów. Kluczowe znaczenie ma jednak staranne rozważenie dawek stosowania, użytej formy miedzi i potencjalnego długoterminowego wpływu na zdrowie gleby i pożyteczne

organizmy. Włączenie miedzi do zrównoważonych praktyk rolniczych może zapewnić skuteczne ograniczenie występowania patogenów roślin uprawnych, przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa agrocenozy. Uzyskane pozytywne wyniki badań wskazują na potrzebę rozszerzenia badań w warunkach szklarniowych i polowych.

Otrzymano: 12-03-2025

Zrecenzowano: 19-03-2025

Zaakceptowano: 20-03-2025

Opublikowano: 18-04-2025

LITERATURA

- [1] Z. Sawinska, M. Kotecka, *Prog. Plant Prot.* 2024, **64**, nr 2, 97, <https://doi.org/10.14199/ppp-2024-010>.
- [2] L. Tamm, B. Thuerig, S. Apostolov, H. Blogg, E. Borgo, P.E. Corneo, S. Fittje, M. de Palma, A. Donko, C. Experton i in., *Agronomy* 2022, **12**, 673, <https://doi.org/10.3390/agronomy12030673>.
- [3] S. Dagostin, H.-J. Schärer, I. Pertot, *Crop Prot.* 2011, **33**, nr 6, 776, doi: 10.1016/j.cropro.2011.02.031.
- [4] F. Behlau, L.I. Canteros, J.B. Jones, J.H. Graham, *Eur. J. Plant Pathol.* 2012, **133**, nr 4, 949, doi: 10.1007/s10658-012-0138-7.
- [5] I. Yruela, *Braz. J. Plant Physiol.* 2005, **17**, nr 2, 145, doi: 10.1590/S1677-04202005000200010.
- [6] J.L. Burkhead, K.A. Gogolin Reynolds, S.E. Abdel-Ghany, C.M. Cohu, M. Pilon, *New Phytol.* 2009, **182**, nr 4, 799, doi: 10.1111/j.1469-8137.2009.02846.x.
- [7] L.M. Ruiz, A. Libedinsky, A.A. Elorza, *Front. Mol. Biosci.* 2021, **8**, 711227.
- [8] Z. Gicz, R. Kalocsai, V. Vona, T. Szakál, E. Lakatos, B. Ásványi, *Cereal Res. Commun.* 2021, **49**, nr 2, 337, doi: 10.1007/s42976-020-00108-y.
- [9] M. Grzanka, Ł. Sobiech, A. Filipczak, J. Danielewicz, E. Jajor, J. Horoszkiewicz, M. Korbas, *Agriculture* 2024, **14**, nr 1, 139, <https://doi.org/10.3390/agriculture14010139>.
- [10] F. Wehrauch, J. Schwarz, [w:] *Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern* (red. K. Wiesinger, K. Cais, S. Obermaier), Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, D-Freising, seria LfL, 2014, 2, 174.
- [11] O. Calicioglu, A. Flammini, S. Bracco, L. Bellù, R. Sims, *Sustainability* 2019, **11**, nr 1, 222, <https://doi.org/10.3390/su11010222>.
- [12] A. Wójtowicz, E. Jajor, M. Wójtowicz, *Prog. Plant Prot.* 2016, **56**, 241.
- [13] L.A. Rothmann, N.W. McLaren, S. Afr. J. Sci. 2018, **114**, nr 3/4, <https://doi.org/10.17159/sajs.2018/20170155>.
- [14] M. Sarven, Q. Hao, J. Deng, F. Yang, G. Wang, Y. Xiao, X. Xiao, *Pathogens* 2020, **9**, 213, <https://doi.org/10.3390/pathogens9030213>.
- [15] B. Cwalina-Ambroziak, A. Stępień, T.P. Kurowski, M. Głosek-Sobieraj, A. Wiktorski, *Arch. Agron. Soil Sci.* 2016, **62**, 1722, <https://doi.org/10.1080/03650340.2016.1171851>.
- [16] K. Pieczul, I. Swierczyńska, *Prog. Plant Prot.* 2014, **54**, nr 2, 174.
- [17] J.R. Lamichhane, E. Osdaghi, F. Behlau, J. Köhl, J.B. Jones, J.-N. Aubertot, *Agron. Sustain. Dev.* 2018, **38**, nr 2, <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0503-9>.
- [18] S. Banik, S.A. Pérez-de-Luque, *Span. J. Agric. Res.* 2017, **15**, nr 2, e1005, <https://doi.org/10.5424/sjar/2017152-10305>.
- [19] A. Oussou-Azo, T. Nakama, M. Nakamura, T. Futagami, M. Vestergaard, *Nanomaterials* 2020, **10**, 1003.
- [20] S. Gaba, A.K. Rai, A. Varma, R. Prasad, A. Goel, *Front. Chem.* 2022, **10**, 966396, <https://doi.org/10.3389/fchem.2022.966396>.
- [21] A. Hafeez, A. Razzaq, T. Mahmood, H.M. Jhazab, *J. Nanosci. Adv. Technol.* 2015, **1**, 6.

Zbudujemy mosty do nowych odkryć

67. ZJAZD NAUKOWY
POLSKIEGO
TOWARZYSTWA
CHEMICZNEGO

22-26 września 2025
WROCŁAW

Politechnika Wrocławska

Uniwersytet
Wrocławski

UNIWERSYTET
PRZYRODNICZY
WE WROCŁAWIU

EuChemS
European Chemical Society

PTCh
TOWARZYSTWO
CHEMICZNE