

Received: 02.03.2021 / Accepted: 23.04.2021

ARTYKUŁ ORYGINALNY

Perspektywy chemicznego zwalczania chwościka buraka (*Cercospora beticola* Sacc.) na podstawie badań laboratoryjnych

Perspectives of chemical controlling *Cercospora* leaf spot (*Cercospora beticola* Sacc.) based on laboratory tests

Agnieszka Kiniec^{A,1*}, Katarzyna Pieczul^{B,2}, Ilona Świerczyńska^{C,2}, Dariusz Górski^{D,1}

Streszczenie

Chwościk buraka wywołany przez *Cercospora beticola* Sacc. należy do chorób buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.) o istotnym znaczeniu ekonomicznym. Celem badań było wytypowanie substancji czynnych, możliwych do stosowania w ochronie buraka cukrowego, które mogłyby zastąpić substancje wycofywane lub nieskuteczne ze względu na wzrost odporności patogena. W badaniach wykorzystano 14 izolatów *C. beticola* oraz substancje czynne: spiroksamina, boskalid, fluopyram, biksafen, fluoksapyroksad, krezoksym metylu, prochloraz, cyprodynil, pentiopyrad, izopyrazam. Analizy polegały na ocenie hamowania wzrostu poszczególnych izolatów przez wybrane substancje w stężeniach 1, 5 i 25 µg/ml. Spośród badanych substancji czynnych w stężeniach 1, 5 i 25 µg/ml wzrost kolonii *C. beticola* najlepiej hamowały prochloraz i krezoksym metylu. Cyprodynil i spiroksamina najskuteczniej ograniczały wzrost izolatów jedynie w najwyższym testowanym stężeniu – 25 µg/ml. Pozostałe badane substancje czynne słabo ograniczały wzrost kolonii. Wyniki badań sugerują, że chemiczna ochrona buraka cukrowego będzie dużym wyzwaniem dla plantatorów.

Słowa kluczowe: *Cercospora beticola*, ochrona buraka cukrowego, fungicydy

Abstract

The *Cercospora* leaf spot caused by *Cercospora beticola* Sacc. is one of the most important economic diseases of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). The aim of the study was to select active substance that can be used in the protection of sugar beet, which could replace the withdrawn or ineffective substance due to the increased resistance of the pathogen. In the study used 14 isolates of *C. beticola* and active substances: spiroxamine, boscalid, fluopyram, bixafen, fluoxapyroxad, kresoxim-methyl, prochloraz, cyprodinil, pentiopyrad, isopyrazam. The analysis consisted of assessing the growth inhibition of individual isolates by selected substances in concentrations of 1, 5, and 25 µg/ml. Among the tested active substances at concentrations of 1, 5, and 25 µg/ml, the growth of *C. beticola* isolates was most effectively inhibited by prochloraz and kresoxim-methyl. Cyprodinil and spiroxamine most effectively inhibited the growth of isolates only in the highest tested concentration – 25 µg/ml. The remaining active substances tested poorly limiting the growth of the colony. Results suggest that chemical protection of sugar beet will be a great challenge for growers.

Key words: *Cercospora beticola*, sugar beet protection, fungicides

¹Institut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Terenowa Stacja Doświadczalna w Toruniu
Pigwowa 16, 87-100 Toruń

²Institut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań

*corresponding author: a.kiniec@iorpib.poznan.pl

ORCID: ^A0000-0002-0024-8482, ^B0000-0001-6856-3211, ^C0000-0002-2922-5962, ^D0000-0003-4545-0788

Wstęp / Introduction

Chwościk buraka wywołany przez *Cercospora beticola* Sacc. należy do chorób o istotnym znaczeniu ekonomicznym we wszystkich rejonach uprawy buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.) (Holtshulte 2000; Wolf i Verreet 2002). Grzyb najszybciej rozwija się w wysokiej temperaturze (od 25 do 30°C) i wilgotności powietrza powyżej 90% (Wallin i Loonan 1972; Wolf i wsp. 2001). W warunkach sprzyjających rozwojowi patogenu plantacje wymagają intensywnej ochrony chemicznej, gdyż choroba może doprowadzić do całkowitego zamierania liści. Straty plonu korzeni mogą wtedy sięgać ponad 40% (Smith i Ruppel 1973; Shane i Tseng 1992). Nasilenie występowania patogenu można ograniczać metodami niechemicznymi i chemicznymi. W Polsce do ochrony buraka cukrowego przed chwościkiem zarejestrowanych jest kilkadziesiąt preparatów zawierających substancje czynne jedynie z 4 grup chemicznych: strobiluryn, triazoli, benzimidazoli oraz morfolin (Anonim 2021a). Część z tych substancji czynnych np. epoksykonazol, w najbliższym czasie zostanie usunięta z listy substancji zarejestrowanych do ochrony buraka cukrowego. Wycofanie epoksykonazolu spowoduje zmniejszenie liczby dostępnych preparatów do zwalczania chwościka o 22 produkty (Anonim 2021a). Kolejnym problemem w skutecznej ochronie plantacji jest wzrastająca odporność *C. beticola* na substancje czynne z grup strobiluryn i triazoli oraz niemal całkowita odporność na benzimidazole (Piszczek 2010; Kiniec i wsp. 2017, 2019; Trkulja i wsp. 2017).

W ochronie buraka cukrowego przed chwościkiem w innych krajach zarejestrowane są różne substancje czynne. Niezarejestrowana w Polsce do zwalczania *C. beticola* trifloksystrobina dozwolona jest w USA, Holandii, Szwajcarii, Słowacji czy Mołdawii (Secor i wsp. 2020; Anonim 2021d, 2021e, 2021h, 2021i). W naszym kraju substancję tę można stosować w zbożach, sadownictwie oraz roślinach warzywnych (Anonim 2021a). Pikoksystrobinę mogą aplikować plantatorzy buraka cukrowego w Maroku, Turcji i Szwajcarii (Anonim 2021c, 2021i, 2021j). W Polsce ta strobiluryna nie jest zarejestrowana w żadnej uprawie. W USA, Turcji i Mołdawii dopuszczony do ograniczania rozwoju chwościka jest flutriafol, który w naszym kraju jest zarejestrowany w zbożach i rzepaku (Secor i wsp. 2020; Anonim 2021a, 2021d, 2021j). Także protiokonazol w Polsce można stosować głównie w zbożach i rzepaku, a na plantacjach buraczanych ten triazol aplikuje się w USA, Holandii, Szwajcarii oraz Mołdawii (Secor i wsp. 2020; Anonim 2021a, 2021d, 2021e, 2021i). W niektórych krajach do ochrony plantacji buraczanych przed *C. beticola* dopuszczone są preparaty typu multi-site. W USA od lat stosuje się związki cyny, szczególnie wodorotlenek trifenylocyny – TPTH (Secor i wsp. 2020). Ponadto w USA, ale także m.in. w Szwajcarii, Słowacji, Rumunii, Grecji czy Niemczech rolnicy mogą korzystać ze środków grzybobójczych opartych na różnych związkach miedzi (Anonim 2021b,

2021f, 2021g, 2021h, 2021i). W Polsce fungicydy miedziowe są dopuszczone do stosowania w roślinach warzywnych, ozdobnych oraz w sadownictwie (Anonim 2021a). Inny środek kontaktowy – mankozeb – jest stosowany przez plantatorów np. w USA, Maroku czy Grecji (Anonim 2021b, 2021c, 2021k). W naszym kraju substancja ta jest dozwolona w leśnictwie, zbożach, roślinach warzywnych czy ozdobnych. Co więcej, mankozeb jest zarejestrowany do ochrony przed chwościkiem buraka ćwikłowego, ale już nie cukrowego (Anonim 2021a).

Nowe substancje czynne pojawiają się w ochronie roślin niezwykle rzadko. W 2019 roku w USA do ochrony buraka cukrowego przed chwościkiem zarejestrowano (tylko na ograniczonym obszarze) mefentriflukonazol. Jednak badania przeprowadzone na potrzeby raportu 2019 Sugarbeet Research and Extension Reports ujawniły, że nawet izolaty pozyskane z plantacji buraka cukrowego 2 lata wcześniej wykazywały obniżoną wrażliwość na ten triazol (Secor i wsp. 2020). W Polsce mefentriflukonazol jak dotąd jest dopuszczony do stosowania wyłącznie w zbożach (Anonim 2021a). W ochronie buraka cukrowego przed *C. beticola* w naszym kraju od lat nie pojawiła się żadna nowa substancja czynna.

Celem badań było wytypowanie w testach laboratoryjnych substancji czynnych, możliwych do stosowania w ochronie buraka cukrowego. Żadna z testowanych substancji czynnych nie jest zarejestrowana do zwalczania chwościka w Polsce. Większość substancji wybranych do badań jest dopuszczona do stosowania w ochronie buraka cukrowego w innych krajach.

Materiały i metody / Materials and methods

Do badań wytypowano 14 izolatów *C. beticola* ze scharakteryzowanym poziomem odporności na stosowane w naszym kraju substancje czynne z grupy strobiluryn (azoksystrobina), benzimidazoli (tiofanat metylowy) i triazoli (epoksykonazol) (tab. 1). Izolaty zbierano w latach 2013–2018 na terenie całej Polski. Wszystkie pochodziły z naturalnie porażonych roślin buraka cukrowego. Kolekcja izolatów jest przechowywana w warunkach chłodniczych (w temperaturze 4°C), na szalkach z pożywką PDA (Potato Dextrose Agar, Difco) zabezpieczonych parafilmem. Izolaty są odnawiane co 6 miesięcy.

Z porażonych liści wycinano fragmenty o powierzchni 0,25 cm², które odkażano powierzchniowo w wybielaczu ACE (Procter & Gamble; podchlorynu sodu < 5%, węglan sodu 5%, wodorotlenek sodu < 1%) przez 30 s. Po odkażeniu skrawki płukano dwukrotnie w sterylnej wodzie destylowanej, suszono ręcznikiem papierowym i wykładano na pożywkę PDA. Wzrastające, pojedyncze kolonie o cechach morfologicznych *C. beticola* przeszczepiano na nową pożywkę PDA. Wszystkie izolaty zostały zidentyfikowane na

Tabela 1. Hamowanie wzrostu izolatów *Cercospora beticola* przez substancje czynne stosowane w Polsce w stężeniu 1 µg/ml
Table 1. Growth inhibition of *Cercospora beticola* isolates by active substances used in Poland at a concentration of 1 µg/ml

Numer izolatu Isolate number	Rok Year	Województwo Voivodeship	Miejscowość Locality	Substancja czynna Active substance		
				azoksystrobina azoxystrobin [%]	tiofanat metylu thiophanatemethyl [%]	epoksykonazol epoxiconazole [%]
CB 1	2013	lubelskie Lublin Voivodeship	Grabowiec	57,25 b	0,00 b	0,00 h
CB 2	2015	łódzkie Łódź Voivodeship	Garbalin	43,38 c	0,00 b	33,13 e
CB 3	2016	lubelskie Lublin Voivodeship	Wereszyn	72,88 a	0,00 b	100,00 a
CB 4	2018	lubelskie Lublin Voivodeship	Alojzów	74,25 a	0,00 b	100,00 a
CB 5		lubelskie Lublin Voivodeship	Wielobycz	14,13 d	100,00 a	40,25 d
CB 6		lubelskie Lublin Voivodeship	Michałów	13,25 de	0,00 b	66,38 b
CB 7		lubelskie Lublin Voivodeship	Tarnawka Pierwsza	7,88 f	0,00 b	49,00 c
CB 8		lubelskie Lublin Voivodeship	Jarosławiec	59,88 b	0,00 b	16,00 g
CB 9		lubelskie Lublin Voivodeship	Wierszycza	14,75 d	0,00 b	48,63 c
CB 10		pomorskie Pomeranian Voivodeship	Krzywe Koło	16,00 d	0,00 b	22,75 f
CB 11		pomorskie Pomeranian Voivodeship	Nowy Staw	57,75 b	100,00 a	100,00 a
CB 12		zachodniopomorskie zachodniopomorskie Voivodeship	Wierzbno	9,50 ef	0,00 b	40,50 d
CB 13		kujawsko-pomorskie kujawsko-pomorskie Voivodeship	Wilczkowo	8,38 f	100,00 a	38,25 de
CB 14		kujawsko-pomorskie kujawsko-pomorskie Voivodeship	Januszkowo	75,38 a	0,00 b	100,00 a

Średnie oznaczone tymi samymi literami (w kolumnach) nie różnią się istotnie (P = 0,05, Tukey's HSD)
 Means followed by same letter (in column) do not significantly differ (P = 0.05, Tukey's HSD)

podstawie makro- i mikroskopowych cech morfologicznych gatunku (Ellis 2001).

W badaniach wykorzystano następujące substancje czynne: spiroksamina, boskalid, fluopyram, biksafen, fluoksapyroksad, krezoksym metylu, prochloraz, cyprodynil, pentiopyrad i izopyrazam (Sigma). Każda z substancji czynnych została rozpuszczona w metanolu w stężeniu 5 mg/ml i dodana do pożywki w takiej ilości, aby końcowe stężenie substancji czynnej w pożywce wynosiło 1, 5 i 25 µg/ml. Wszystkie badania wykonane były w warunkach laboratoryjnych i polegały na ocenie hamowania wzrostu poszczególnych izolatów przez wybrane substancje czynne. Na pożywki z określonym stężeniem substancji

czynnej zaszczerpiano niewielki fragment pobrany z dwutygodniowej grzybni rosnącej na pożywce PDA bez dodatku fungicydu. Kontrolę stanowiły kolonie rosnące na czystej pożywce PDA. Doświadczenie wykonano w 3 powtórzeniach. Po 7 dniach inkubacji w temperaturze pokojowej (20–23°C) mierzono wzrost liniowy wszystkich izolatów i wyznaczano średni stopień hamowania wzrostu grzybni przez badane substancje czynne w stosunku do wzrostu kolonii kontrolnej rosnącej na czystej pożywce PDA według wzoru (Bugbee 1995):

$$\frac{\text{średni wzrost kolonii na podłożu kontrolnym} - \text{średni wzrost kolonii na podłożu z substancją czynną}}{\text{średni wzrost kolonii na podłożu kontrolnym}} \times 100$$

Po kolejnych 7 dniach wykonano drugi pomiar. Do porównania średniego procentu hamowania wzrostu izolatów przez badane fungicydy zastosowano analizę wariancji i wielokrotny test Tukeya przy poziomie istotności 0,05. Analizy statystyczne przeprowadzono w programie ARM 2021.0 (Agriculture Research Manager).

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Na podstawie wyników wielokrotnego testu Tukeya na poziomie istotności 0,05 można stwierdzić, że badana grupa izolatów charakteryzowała się zmiennością wrażliwości na badane substancje czynne. Średni wzrost badanych izolatów

C. beticola we wszystkich stężeniach najsilniej ograniczał prochloraz (tab. 2, 3). Jednocześnie, prochloraz wyłącznie w stężeniu 25 µg/ml pozwalał na ograniczenie średniego wzrostu badanych izolatów o minimum 50%. Wyniki te dotyczyły obydwu terminów obserwacji. Wzrost *C. beticola* o minimum 50% hamowały także cyprodynil i spiroksamina w stężeniu 25 µg/ml (I termin obserwacji). W drugim terminie wartości te były nieco niższe i wynosiły odpowiednio 49,35 i 46,79%. Krezoksym metylu we wszystkich badanych stężeniach hamował średni wzrost izolatów o 29,13–43,63% (I termin obserwacji) oraz o 21,52–32,17% (II termin obserwacji). Nieco niższą skutecznością w stężeniach 1 i 5 µg/ml charakteryzował się cyprodynil, ograniczając

Tabela 2. Średnie zahamowanie wzrostu izolatów *Cercospora beticola* przez substancje czynne po 7 dniach inkubacji
Table 2. Mean growth inhibition of *Cercospora beticola* isolates by active substances after 7 days incubation

Substancja czynna Active substance	Stężenie substancji czynnej The concentration of active substance		
	1 µg/ml	5 µg/ml	25 µg/ml
Spiroksamina – Spiroxamine	9,86 c	15,13 c	50,82 ab
Boskalid – Boscalid	9,87 c	11,17 c	18,79 de
Fluopyram – Fluopyram	8,90 c	9,35 c	13,20 e
Biksafen – Bixafen	7,92 c	11,43 c	21,67 de
Fluksapyroksad – Fluxapyroxad	12,96 c	10,15 c	13,50 e
Krezoksym metylu – Kresoxim-methyl	29,13 ab	37,34 ab	43,63 bc
Prochloraz – Prochloraz	37,66 a	48,70 a	61,33 a
Cyprodynil – Cyprodinil	16,06 bc	32,14 b	57,41 ab
Pentiopyrad – Penthiopyrad	7,56 c	9,89 c	21,33 de
Izopyrazam – Isopyrazam	13,18 c	14,43 c	33,58 cd

Średnie oznaczone tymi samymi literami (w kolumnach) nie różnią się istotnie (P = 0,05, Tukey's HSD)
Means followed by same letter (in column) do not significantly differ (P = 0.05, Tukey's HSD)

Tabela 3. Średnie zahamowanie wzrostu izolatów *Cercospora beticola* przez substancje czynne po 14 dniach inkubacji
Table 3. Mean growth inhibition of *Cercospora beticola* isolates by active substances after 14 days incubation

Substancja czynna Active substance	Stężenie substancji czynnej The concentration of active substance		
	1 µg/ml	5 µg/ml	25 µg/ml
Spiroksamina – Spiroxamine	7,15 bc	13,04 cd	46,79 a
Boskalid – Boscalid	7,11 bc	4,76 d	10,35 cd
Fluopyram – Fluopyram	5,41 c	3,50 d	5,35 d
Biksafen – Bixafen	5,25 c	5,97 d	11,44 cd
Fluksapyroksad – Fluxapyroxad	7,29 bc	4,02 d	6,25 d
Krezoksym metylu – Kresoxim-methyl	21,52 ab	27,82 b	32,17 b
Prochloraz – Prochloraz	31,45 a	44,47 a	59,46 a
Cyprodynil – Cyprodinil	9,82 bc	23,15 bc	49,35 a
Pentiopyrad – Penthiopyrad	5,14 c	3,87 d	12,16 cd
Izopyrazam – Isopyrazam	7,83 bc	8,91 cd	23,43 bc

Średnie oznaczone tymi samymi literami (w kolumnach) nie różnią się istotnie (P = 0,05, Tukey's HSD)
Means followed by same letter (in column) do not significantly differ (P = 0.05, Tukey's HSD)

średni wzrost kolejno o 16,06 i 32,14% (I termin obserwacji) oraz 9,82 i 23,15% (II termin obserwacji). Do najslabiej działających związków należały boskalid, fluopyram i fluoksapyroksad, ograniczając średni wzrost badanych izolatów jedynie o kilka-kilkanaście procent w obydwu terminach obserwacji, we wszystkich badanych stężeniach. Niską, kilku lub kilkunastu procentową skutecznością hamowania wzrostu izolatów w stężeniu 1 i 5 µg/ml cechowały się także spiroksamina, biksafen, pentiopyrad i izopyrazam. Poza spiroksaminą substancje te w stężeniu 25 µg/ml w I terminie obserwacji hamowały wzrost izolatów o 21,33–33,58% w stosunku do kontroli.

Uzyskane wyniki wskazują na duże trudności z wytypowaniem substancji zapewniających skuteczną ochronę plantacji przed chwościkiem buraka. Substancjami o najlepszych średnich wynikach hamowania były prochloraz, następnie krezoksym metylu i cyprodynil. Jednak cyprodynil, podobnie jak spiroksamina wykazywał 50% skuteczność hamowania wzrostu izolatów *C. beticola* dopiero w najwyższej testowanej dawce 25 µg/ml. W Polsce cyprodynil jest zarejestrowany do zwalczania chorób grzybowych w zbożach, roślinach warzywnych oraz sadownictwie (Anonim 2021a). Jednak termin pozwolenia do stosowania dla tej substancji wygasa 30.04.2021 roku. W USA cyprodynil przeciwko *C. beticola* mogą aplikować plantatorzy buraka ćwikłowego. Prochloraz jest zarejestrowany do zwalczania chwo-

ścika na plantacjach buraka cukrowego w Turcji (Anonim 2021j). Stosowanie krezoksymu metylu jest dozwolone w Szwajcarii i na Słowacji (Anonim 2021h, 2021i), a spiroksaminę mogą aplikować plantatorzy w Mołdawii (Anonim 2021d). W tym ostatnim kraju do ograniczania rozwoju *C. beticola* w buraku cukrowym zarejestrowany jest boskalid, który jednak nie okazał się skuteczny w hamowaniu wzrostu grzyba w tym badaniu. Przeprowadzone analizy laboratoryjne wykazały również, że fluoksapyroksad, dopuszczony do stosowania w USA czy Turcji, tylko w nieznacznym stopniu ograniczał rozwój *C. beticola* (Secor i wsp. 2020; Anonim 2021j).

Wyniki badań wskazują jednocześnie na duże różnice we wrażliwości poszczególnych izolatów na niektóre z badanych substancji czynnych (tab. 4–6). Największy zakres różnic we wrażliwości izolatów odnotowano w przypadku krezoksymu metylu i prochlorazu – substancji o najlepszych wynikach średniej hamowania wzrostu izolatów. Stężenie 1 µg/ml krezoksymu metylu ograniczało wzrost części izolatów aż o ponad 50% (CB 2, CB 4, CB 8 i CB14), podczas gdy innych wcale (CB 5 i CB 12). Podobnie w przypadku prochlorazu, wzrost niektórych izolatów (CB 3, CB 4, CB 11 i CB14) w stężeniu 1 µg/ml ograniczony był o ponad 60%, podczas gdy innych jedynie o 5–20% (CB 1, CB 5, CB 8 i CB 10). Wyniki te wskazują, że substancje czynne, które obecnie zapewniają ograniczanie wzrostu *C. beti-*

Tabela 4. Wyniki pomiarów hamowania wzrostu izolatów *Cercospora beticola* przez substancje czynne w stężeniu 1 µg/ml po 7 dniach inkubacji

Table 4. Measurement results of growth inhibition of *Cercospora beticola* isolates by active substances at a concentration of 1 µg/ml after 7 days incubation

Izolat Isolate	Substancja czynna – Active substance									
	spiroksamina spiroxamine	boskalid boscalid	fluopyram fluopyram	biksafen bixafen	fluoksapyroksad fluxapyroxad	krezoksym metylu kresoxim- -methyl	prochloraz prochloraz	cyprodynil cyprodinil	pentiopyrad penthioopyrad	izopyrazam isopyrazam
CB 1	2,67 a	0,00 b	0,00 c	0,00 e	1,33 bc	42,67 b	12,00 gh	2,67 e	0,00 d	2,67 bc
CB 2	1,33 a	0,00 b	2,67 bc	5,33 de	1,33 bc	53,33 ab	21,33 efg	5,33 e	0,00 d	9,33 abc
CB 3	19,54 a	11,49 ab	5,75 abc	8,05 bcd	24,14 a	48,28 ab	70,12 a	37,93 a	8,05 a-d	10,34 abc
CB 4	16,67 a	22,62 a	9,52 abc	7,14 b-e	16,05 a	59,26 a	62,96 a	24,69 abc	3,70 cd	18,52 abc
CB 5	7,25 a	0,00 b	0,00 c	0,00 e	0,00 c	0,00 d	5,80 h	1,45 e	0,00 d	0,00 c
CB 6	12,22 a	16,67 ab	15,56 ab	17,78 a	20,00 a	5,55 cd	48,89 b	22,22 bc	17,78 a	28,89 a
CB 7	3,85 a	10,26 ab	14,10 ab	6,41 cde	15,38 ab	15,38 c	33,33 cde	20,51 bcd	11,54 abc	10,26 abc
CB 8	3,70 a	3,70 ab	8,64 abc	3,70 de	1,23 bc	55,56 ab	14,81 gh	0,00 e	2,47 cd	12,34 abc
CB 9	6,45 a	17,20 b	5,38 abc	7,53 b-e	11,83 abc	9,68 cd	44,09 bc	21,50 bc	8,60 a-d	15,05 abc
CB 10	16,00 a	17,33 b	13,33 ab	13,33 abc	14,67 ab	6,67 cd	18,67 fgh	12,00 cde	12,00 abc	26,67 ab
CB 11	4,94 a	0,00 ab	4,94 abc	2,47 de	14,81 ab	45,68 ab	65,43 a	6,17 de	0,00 d	2,47 bc
CB 12	18,89 a	8,89 ab	16,67 a	14,44 ab	16,67 a	1,11 cd	30,00 def	12,22 cde	14,45 ab	13,33 abc
CB 13	15,63 a	27,09 a	15,63 ab	19,79 a	22,92 a	11,46 cd	34,38 cd	27,09 ab	17,71 a	17,71 abc
CB 14	15,39 a	2,57 b	12,82 abc	5,13 de	20,51 a	52,57 ab	62,82 a	29,49 ab	5,13 bcd	14,10 abc

Średnie oznaczone tymi samymi literami (w kolumnach) nie różnią się istotnie (P = 0,05, Tukey's HSD)

Means followed by same letter (in column) do not significantly differ (P = 0.05, Tukey's HSD)

Tabela 5. Wyniki pomiarów hamowania wzrostu izolatów *Cercospora beticola* przez substancje czynne w stężeniu 5 µg/ml po 7 dniach inkubacji**Table 5.** Measurement results of growth inhibition of *Cercospora beticola* isolates by active substances at a concentration of 5 µg/ml after 7 days incubation

Izolat Isolate	Substancja czynna – Active substance									
	spiroksamina spiroxamine	boskalid boscalid	fluopyram fluopyram	biksafen bixafen	fluksapyroksad fluxapyroxad	krezoksym metylu kresoxim- -methyl	prochloraz prochloraz	cyprodynil cyprodinil	pentioapyrad penthiopyrad	izopyrazam isopyrazam
CB 1	4,00 ef	2,67 f	0,00 e	2,67 ef	10,67 a-e	56,00 bc	24,00 g	21,33 efg	5,33 de	18,67 a-d
CB 2	8,00 def	10,67 c-f	4,00 cde	4,00 ef	2,67 de	58,67 b	38,67 ef	16,00 g	9,33 bcd	12,00 cde
CB 3	33,33 a	9,19 def	6,90 b-e	12,64 c-f	12,64 a-e	67,82 ab	73,56 a	57,47 a	11,49 bcd	16,09 bcd
CB 4	20,24 bc	25,00 ab	17,86 ab	13,10 b-e	8,64 b-e	81,48 a	70,37 ab	44,44 bc	8,64 cd	8,64 def
CB 5	1,45 f	0,00 f	0,00 e	0,00 f	0,00 e	0,00 e	24,64 g	13,04 g	0,00 e	1,45 f
CB 6	18,89 bc	18,89 a-d	22,22 a	25,56 ab	22,22 a	36,67 cd	61,11 bc	32,22 cde	23,33 a	22,22 abc
CB 7	7,69 def	7,69 ef	6,41 b-e	12,82 cde	5,13 cde	8,97 e	48,72 de	29,49 def	6,41 cde	16,67 a-d
CB 8	12,34 cde	6,17 ef	2,47 de	6,17 def	2,47 e	51,85 bc	32,10 fg	24,69 efg	6,17 cde	8,64 def
CB 9	25,81 ab	6,45 ef	6,45 b-e	18,28 a-d	16,13 a-d	6,45 e	50,54 cd	40,86 bcd	7,53 cde	10,75 def
CB 10	10,67 c-f	28,00 a	14,67 abc	20,00 abc	9,33 a-e	18,67 de	30,67 fg	18,67 fg	17,33 ab	26,67 a
CB 11	12,34 cde	0,00 f	2,47 de	0,00 f	0,00 e	54,32 bc	67,90 ab	29,63 def	0,00 e	2,47 ef
CB 12	18,89 bc	15,55 b-e	21,11 a	17,78 a-d	16,67 abc	2,22 e	44,44 de	31,11 def	14,44 bc	21,11 abc
CB 13	23,96 ab	20,84 abc	13,54 a-d	27,09 a	19,79 ab	14,59 e	43,75 de	38,54 bcd	17,71 ab	23,96 ab
CB 14	15,38 bcd	3,85 f	15,38 abc	0,00 f	12,82 a-e	61,54 b	69,23 ab	50,00 ab	5,13 de	10,25 def

Średnie oznaczone tymi samymi literami (w kolumnach) nie różnią się istotnie (P = 0,05, Tukey's HSD)

Means followed by same letter (in column) do not significantly differ (P = 0.05, Tukey's HSD)

Tabela 6. Wyniki pomiarów hamowania wzrostu izolatów *Cercospora beticola* przez substancje czynne w stężeniu 25 µg/ml po 7 dniach inkubacji**Table 6.** Measurement results of growth inhibition of *Cercospora beticola* isolates by active substances at a concentration of 25 µg/ml after 7 days incubation

Izolat Isolate	Substancja czynna – Active substance									
	spiroksamina spiroxamine	boskalid boscalid	fluopyram fluopyram	biksafen bixafen	fluksapyroksad fluxapyroxad	krezoksym metylu kresoxim- -methyl	prochloraz prochloraz	cyprodynil cyprodinil	pentioapyrad penthiopyrad	izopyrazam isopyrazam
CB 1	48,00 a-d	12,00 cde	10,67 c-f	20,00 b-e	9,33 bcd	60,00 c	56,00 cde	52,00 d	20,00 ab	36,00 abc
CB 2	53,33 abc	24,00 ab	9,33 def	25,33 a-d	6,67 cd	62,67 abc	52,00 def	58,67 bcd	26,67 ab	34,67 abc
CB 3	63,22 a	24,14 ab	8,04 def	21,84 a-d	14,94 bc	78,16 a	75,86 a	68,97 ab	24,14 ab	35,63 abc
CB 4	58,33 ab	22,62 abc	16,67 bcd	34,52 a	8,64 cd	76,54 ab	75,31 a	64,20 a-d	20,99 ab	35,80 abc
CB 5	31,88 d	1,45 e	1,45 f	0,00 f	0,00 d	0,00 f	40,58 f	28,99 e	0,00 c	10,15 d
CB 6	58,89 ab	26,67 ab	23,33 ab	28,89 abc	22,22 ab	32,22 d	73,33 a	61,11 a-d	28,89 a	35,55 abc
CB 7	41,03 bcd	16,67 bcd	2,56 ef	11,54 def	8,98 cd	23,08 de	58,97 bcd	30,77 e	21,79 ab	25,64 c
CB 8	51,85 abc	17,28 a-d	9,88 def	25,93 a-d	11,11 bcd	61,73 bc	58,03 cd	66,67 abc	16,05 ab	37,04 abc
CB 9	56,99 abc	27,96 a	23,66 ab	25,81 a-d	16,13 bc	19,36 de	59,14 bcd	67,74 abc	20,43 ab	36,56 abc
CB 10	38,67 cd	24,00 ab	32,00 a	25,33 a-d	17,33 abc	21,33 de	53,33 de	54,67 cd	26,67 ab	32,00 abc
CB 11	49,38 a-d	6,17 de	3,70 ef	6,17 ef	1,23 d	72,84 abc	72,84 a	51,85 d	12,34 bc	28,40 bc
CB 12	53,33 abc	24,44 ab	14,44 b-e	24,44 a-d	18,89 abc	11,11 ef	67,78 abc	64,44 a-d	22,22 ab	35,56 abc
CB 13	55,21 abc	27,09 ab	22,92 abc	34,38 ab	30,21 a	22,92 de	43,75 ef	59,38 bcd	29,17 a	41,67 ab
CB 14	51,28 abc	8,97 de	7,69 def	17,95 cde	19,23 abc	65,38 abc	70,51 ab	73,08 a	25,64 ab	43,59 a

Średnie oznaczone tymi samymi literami (w kolumnach) nie różnią się istotnie (P = 0,05, Tukey's HSD)

Means followed by same letter (in column) do not significantly differ (P = 0.05, Tukey's HSD)

cola mogą przestać być skuteczne. Za zjawisko to odpowiada stały wzrost liczebności izolatów odpornych na stosowane substancje czynne. O odporności izolatów na prochloraz decydują te same mechanizmy, co w przypadku triazoli. Izolaty o zwiększonej odporności na prochloraz charakteryzują się najczęściej wysoką odpornością na triazole, co znalazło potwierdzenie w przypadku badanych szczepów. Triazole charakteryzują się umiarkowanym ryzykiem powstawania odporności (Karaoglanidis i Ioannidis 2010). W Polsce i Grecji spadek wrażliwości *C. beticola* na te związki odnotowano po około 10 latach ich stosowania (Karaoglanidis i wsp. 2000; Piszczek 2010). Wcześniej analogiczne zjawisko opisano w przypadku benzimidazoli, które obecnie są grupą nieskuteczną w przypadku zwalczania chwościka buraka (Kiniec i wsp. 2019). Znaczny wzrost odporności izolatów *C. beticola* obserwuje się obecnie w przypadku strobiluryn, które są stosowane w Polsce od początku XXI wieku. W latach 2013–2020 odsetek liczby izolatów odpornych na azoksystorbinę wzrósł z 4,62 do 88,89% (Kiniec i wsp. 2017; dane niepublikowane). Zarówno benzimidazole, jak i strobiluryny należą do substancji o wysokim ryzyku powstawania odporności u grzybów (Karaoglanidis i Ioannidis 2010).

Na szczególną uwagę zasługuje izolat CB 5 charakteryzujący się wysoką odpornością na wszystkie badane substancje czynne. Wzrost liczebności izolatów wieloodpornych w ogólnej populacji patogenu przesądza o braku skuteczności jakichkolwiek substancji, które mogłyby być zastosowane do ochrony roślin. Wzrost częstotliwości występowania takich izolatów, przy jednoczesnym zachowaniu

ich właściwości fizjologicznych jak np. stopień patogeniczności, może doprowadzić do sytuacji, kiedy plantatorzy nie będą dysponować już żadnymi substancjami, które skutecznie zwalczałyby chwościka buraka. W najbliższych latach chemiczna ochrona buraków cukrowych będzie więc dużym wyzwaniem dla plantatorów, dlatego niezwykle istotne jest szukanie alternatywnych sposobów ochrony buraka cukrowego przed tą chorobą. Obejmuje to zarówno szukanie nowych substancji czynnych o wysokiej skuteczności grzybobójczej, jak i uzupełnianie zabiegów fungicydowych środkami agrotechnicznymi czy metodami biologicznymi.

Wnioski / Conclusions

1. Spośród badanych substancji czynnych w stężeniach 1, 5 i 25 µg/ml wzrost kolonii *C. beticola* najsilniej hamowały prochloraz, krezoksym metylu i cyprodynil.
2. Jedynie prochloraz, cyprodynil i spiroksamina zastosowane w stężeniu 25 µg/ml hamowały wzrost grzybni średnio o 50% w stosunku do kontroli.
3. Zastosowanie boskalidu, fluopyramu, biksafenu, fluoksapyroksadu i pentiopyradu w każdym stężeniu hamowało wzrost badanych izolatów jedynie o kilka lub kilkanaście procent.
4. Badane izolaty charakteryzowały się różnicami w stopniu wrażliwości na badane substancje czynne.
5. W badaniach zidentyfikowano izolaty o obniżonej wrażliwości na prochloraz i krezoksym metylu.

Literatura / References

- Anonim 2021a. Wyszukiwarka środków ochrony roślin – zastosowanie – Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi – portal gov.pl [dostęp: 14.02.2021].
- Anonim 2021b. Wyszukiwarka środków ochrony roślin – Grecja. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων (minagric.gr) [dostęp: 14.02.2021].
- Anonim 2021c. Wyszukiwarka środków ochrony roślin – Maroko. Index phytosanitaire (onssa.gov.ma) [dostęp: 14.02.2021].
- Anonim 2021d. Wyszukiwarka środków ochrony roślin – Mołdawia. Registrul de Stat – Centrul de stat atestarea si Omologarea produselor de uz fitosanitar (pesticide.md) [dostęp: 14.02.2021].
- Anonim 2021e. Wyszukiwarka środków ochrony roślin – Niderlandy. CTGB Toelatingen [dostęp: 14.02.2021].
- Anonim 2021f. Wyszukiwarka środków ochrony roślin – Niemcy. Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel (bund.de) [dostęp: 14.02.2021].
- Anonim 2021g. Wyszukiwarka środków ochrony roślin – Rumunia. Lista produselor de protectie a plantelor omologate – Ministerul Agriculturii si Dezvoltarii Rurale (madr.ro) [dostęp: 14.02.2021].
- Anonim 2021h. Wyszukiwarka środków ochrony roślin – Słowacja. Vyhľadavanie prípravkov (uksup.sk) [dostęp: 14.02.2021].
- Anonim 2021i. Wyszukiwarka środków ochrony roślin – Szwajcaria. Office fédéral de l'agriculture OFAG – Index des produits phytosanitaires (admin.ch) [dostęp: 14.02.2021].
- Anonim 2021j. Wyszukiwarka środków ochrony roślin – Turcja. Bitki Koruma Ürünleri Veri Tabanı (tarimorman.gov.tr) [dostęp: 14.02.2021].
- Anonim 2021k. 2021 ACSC Recommended Cercospora Leaf Spot (CLS) Spray Program. American Crystal Sugar Company.
- Bugbee W.M. 1995. *Cercospora beticola* tolerant to triphenyltin hydroxide. *Journal of Sugar Beet Research* 32 (4): 167–174.
- Ellis M.B. 2001. More Dematiaceus Hyphomycetes. CABI Publishing, 248 ss.
- Holtschulte B. 2000. *Cercospora beticola* – worldwide distribution and incidence. s. 5–16. W: *Cercospora beticola* Sacc. Biology, Agronomic Influence and Control Measures in Sugar Beet (M.J.C. Asher, B. Holtschulte, M.R. Molard, F. Rosso, G. Steinrücken, R. Beckers, red.). *Advances in Sugar Beet Research*, International Institute for Beet Research 2, Brussels, 215 ss.
- Karaoglanidis G.S., Ioannidis P.M. 2010. Fungicide resistance of *Cercospora beticola* in Europe. s. 189–211. W: *Cercospora Leaf Spot of Sugar Beet and Related Species* (R.T. Lartey, J.J. Weiland, L. Panella, P.W. Crous, C.E. Windels, red.). *The American Phytopathological Society Press*, St. Paul, Minnesota, 296 ss.

- Karaoglanidis G.S., Ioannidis P.M., Thanassouloupoulos C.C. 2000. Reduced sensitivity of *Cercospora beticola* isolates to ster-
oldemethylation-inhibiting fungicides. *Plant Pathology* 49 (5): 567–572. DOI: 10.1046/j.1365-3059.2000.00488.x
- Kinieć A., Pieczul K., Piszczek J. 2019. Ocena zasadności stosowania tiofanatu metylowego w zwalczaniu chwościka buraka
(*Cercospora beticola* Sacc.) na podstawie analizy RFLP. [Evaluation of validity of the use of thiophanate-methyl in controlling
Cercospora leaf spot (*Cercospora beticola* Sacc.) based on RFLP analysis]. *Progress in Plant Protection* 59 (4): 252–257. DOI:
10.14199/ppp-2019-033
- Kinieć A., Pieczul K., Świerczyńska I., Piszczek J. 2017. Wykorzystanie analizy RFLP w monitoringu odporności *Cercospora*
beticola na strobiluryny występującej w buraku cukrowym (*Beta vulgaris* L.). [The use of RFLP analysis in the monitoring
of *Cercospora beticola* strobilurin resistance occurring in sugar beet (*Beta vulgaris* L.)]. *Progress in Plant Protection* 57 (4):
300–304. DOI: 10.14199/ppp-2017-046
- Piszczek J. 2010. Epidemiologia chwościka buraka cukrowego (*Cercospora beticola*) w centralnej Polsce. *Rozprawy Naukowe*
Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego, Zeszyt 23, 70 ss.
- Secor G., Rivera V., Bolton M. 2020. Sensitivity of *Cercospora beticola* to foliar fungicides in 2019. s. 170–177. W: 2019 Sugarbeet
Research And Extension Reports. Vol. 50. Sugarbeet Research and Education Board of Minnesota and North Dakota, 237 ss.
- Shane W.W., Teng P.S. 1992. Impact of *Cercospora* leaf spot on root weight, sugar yield, and purity of *Beta vulgaris*. *Plant Disease*
76 (8): 812–820. DOI: 10.1094/PD-76-0812
- Smith G.A., Ruppel E.G. 1973. Association of *Cercospora* leaf spot, gross sucrose, percentage sucrose, and root weight in sugar-
beet. *Canadian Journal of Plant Science* 53 (3): 695–696. DOI: 10.4141/cjps73-136
- Trkulja N.R., Milosavljević A.G., Milana S., Mitrović M.S., Jović J.B., Toševski I.T., Khan M.F.R., Secor G.A. 2017. Molecular
and experimental evidence of multi-resistance of *Cercospora beticola* field populations to MBC, DMI and QoI fungicides.
European Journal of Plant Pathology 149 (4): 895–910. DOI: 10.1007/s10658-017-1239-0
- Wallin J.R., Loonan D.V. 1972. The increase of *Cercospora* leaf spot in sugar beets and periodicity of spore release. *Phytopatho-
logy* 62: 570–572.
- Wolf P.F.J., Heindl M., Verreet J.A. 2001. Influence of sugar beet leaf mass development on predisposition of the crop to *Cer-
cospora beticola* (Sacc.). *Journal of Plant Diseases and Protection* 108 (6): 578–592.
- Wolf P.F.J., Verreet J.A. 2002. An integrated pest management system in Germany for the control of fungal leaf diseases in sugar
beet: The IPM sugar beet model. *Plant Disease* 86 (4): 336–344. DOI: 10.1094/PDIS.2002.86.4.336