

Rozwój chorób grzybowych oraz wielkość plonu bulw w zależności od intensywności ochrony ziemniaka

Development of potato fungal diseases and the amount of tuber yield depending on the scope of protection

Milena Pietraszko^{ORCID}

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin -Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Jadwisinie,
ul. Szaniawskiego 15, 05–140 Jadwisin,
✉ m.pietraszko@ihar.edu.pl

W latach 2014–2016 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Oddział w Jadwisinie przeprowadzono doświadczenie mające na celu ocenę wpływu różnej intensywności ochrony chemicznej na porażenie roślin ziemniaka przez *Phytophthora infestans* i *Alternaria* spp. oraz wielkość plonu bulw. Badano odmiany różnej wczesności i odporności na zarazę. Porównywano trzy warianty ochrony fungicydowej: obiekt kontrolny (bez ochrony), ochrona ograniczona (1–3 zabiegi) i ochrona intensywna (4–5 zabiegów). Udowodniono wpływ lat badań, ochrony i odmian na rozwój chorób grzybowych oraz wysokość plonu bulw. Średnio dla lat badań, najniższy stopień porażenia roślin alternariozą oraz najwolniejsze tempo szerzenia zarazy i jednocześnie największy plon bulw odnotowano w kombinacji z ochroną intensywną. Wzrost plonów spowodowany działaniem fungicydów wyniósł średnio 19%. Największy średni wzrost plonu – 21,3%, uzyskano dla wariantu ochrony intensywnej w porównaniu do obiektu kontrolnego. Istotne zróżnicowanie pomiędzy ochroną intensywną a ograniczoną pod względem rozwoju chorób i wielkości plonu było uzależnione od presji patogenów w danym roku badań.

Słowa kluczowe: badania polowe, choroby grzybowe, plon, ochrona fungicydowa, ziemniak

In the years 2014–2016 at the Plant Breeding and Acclimatization Institute in Jadwisin, an experiment was carried out to assess the impact of various ranges of chemical protection on the infestation of potato plants by *Phytophthora infestans* and *Alternaria* and the amount of tuber yield. Varieties of different earliness and resistance to late blight were tested. The following fungicide protection scopes were compared: control (without protection), limited protection (1–3 treatments) and intensive protection (4–5 treatments). The influence of years, protection ranges and varieties on the development of fungal diseases and the amount of tuber yield was proved. On average, for the years of research, the lowest degree of plant infestation with *Alternaria* and the slowest rate of the spread of late blight and the highest tuber yield was recorded for intensive protection. The average increase in yields caused by the application of fungicides was 19%. The highest average yield increase - 21.3% was achieved between control and intensive protection. A significant differentiation between intensive and limited protection in terms of disease development and yield was dependent on pathogen pressure in the year of the study.

Key words: field experimentation, fungicide protection, plant diseases, potato, yields

Wstęp

Wśród wielu chorób zagrażających plantacjom ziemniaka największe znaczenie ma zaraza, której sprawcą jest patogen grzybopodobny *Phytophthora infestans* (*P. infestans*) (Mont.) de Bary). Występowanie choroby istotnie wpływa na pogorszenie plonowania, jakość bulw oraz zwiększenie strat podczas przechowywania. Straty ilościowe i jakościowe plonu spowodowane zniszczeniem naci uzależnione są od terminu wystąpienia patogenu oraz intensywności infekcji, co związane jest głównie z warunkami pogodowymi i stopniem podatności uprawianych odmian. Im wcześniejsze porażenie roślin i korzystniejsze warunki pogodowe do rozwoju

choroby tym większe straty plonu. Proces infekcyjny zachodzi w warunkach wysokiej wilgotności i temperaturze powietrza w granicach 12–15°C. Dalszy rozwój choroby przebiega intensywnie w temperaturach wyższych od 18°C i ciągłej wysokiej wilgotności w łanie. Straty plonu na niechronionych plantacjach mogą dochodzić do 70% (Hoffman, Schmutterer, 1983; Kapsa, 2001; Kapsa i Sawicka 2001; Keskse, 2013).

Ochrona plantacji ziemniaka przed *P. infestans* opiera się na działaniach profilaktycznych, m.in. niszczeniu źródeł zakażenia, stosowaniu wczesnych terminów sadzenia, podkiewkowaniu lub pobudzaniu sadzeniaków oraz uprawie odmian

odpornych. Oprócz wymienionych wyżej metod agrotechnicznych i hodowlanych, powszechnie stosuje się ochronę chemiczną, w postaci nalistnej aplikacji fungicydów zarejestrowanych do zwalczania zarazy ziemniaka. O skuteczności ochrony chemicznej decyduje kilka czynników, z których najważniejszymi są: termin rozpoczęcia ochrony, terminy kolejnych zabiegów, dobór i kolejność zastosowanych fungicydów, w zależności od fazy rozwojowej rośliny i presji patogenu.

Drugą chorobą okresu wegetacji ziemniaka jest alternarioza powodowana przez grzyby z rodzaju *Alternaria* spp. (*Alternaria solani*, *Alternaria alternata*). Szkodliwość alternariozy jako czynnika obniżającego plon jest znacznie mniejsza niż zarazy ziemniaka, dlatego jest nieco lekceważona przez rolników. Jednak z uwagi na obserwowane zjawisko ocieplania klimatu, choroba ta nabiera coraz większego znaczenia. Według Reinoch (1974) i Frya (1994) straty w plonie powodowane przez alternariozę wahają się w granicach 20%–30%, a na odmianach szczególnie podatnych mogą przekraczać 50%. Według nowszych doniesień straty plonu szacowane są od 5 do 78% (Waals, i in., 2004; Pasche, i in., 2004, 2005). Rozwojowi choroby sprzyja ciepła i sucha pogoda, w której okresy suszy przeplatane są niezbyt dużymi, ale często padającymi deszczami. Patogen rozwija się lepiej na roślinach ziemniaka uprawianych na glebach lekkich, ubogich w składniki pokarmowe, roślinach z niedoborem azotu, osłabionych, niedożywionych, starzejących się lub wcześniej zaatakowanych przez inne patogeny (Kapsa, 2004, Osowski, 2007). Strategia zapobiegania i ochrony roślin przed alternariozą

opiera się na zastosowaniu prawidłowej agrotechniki, wykorzystaniu odporności odmian oraz aplikacji chemicznych preparatów fungicydowych.

Celem pracy była ocena wpływu zastosowania różnej intensywności ochrony na porażenie roślin ziemniaka przez *P. infestans* i *Alternaria* spp. oraz wielkość plonu bulw odmian o różnej wczesności i odporności na te patogeny.

Material i metody

Badania przeprowadzono w latach 2014–2016 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin-PIB Oddział w Jadwisinie, na glebie lekkiej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego. Ziemniak uprawiano w systemie konwencjonalnym. Zabiegi agrotechniczne przedstawiono w tabeli 1. Ze względu na długotrwałą suszę panującą przez cały czerwiec 2015 roku, rośliny ziemniaka wymagały nawodnienia. Na polu doświadczalnym wykonano czterokrotnie nawadnianie, w łącznej dawce 80 mm. Doświadczenia polowe zakładano w układzie trzech bloków, stanowiących trzy następujące warianty ochrony fungicydowej:

- brak ochrony (obiekt kontrolny);
- ochrona ograniczona, rozpoczęta po stwierdzeniu wystąpienia objawów zarazy ziemniaka w polu, wykonano 1–3 zabiegi;
- ochrona intensywna, rozpoczęta zabiegiem profilaktycznym, przed wystąpieniem objawów zarazy, obejmująca wykonanie 4–5 zabiegów (tab. 2, tab. 2.1).

W każdym bloku materiał badawczy stanowiło 11 odmian ziemniaka należących do różnych grup wczesności i różnej odporności na *P. infestans*.

Tabela 1
Table 1

Zabiegi agrotechniczne zastosowane na polu doświadczalnym. Jadwisin 2014–2016

Agronomic inputs in experimental field. Jadwisin 2014–2016

Plodozmian i zabiegi agrotechniczne / Crop production practice	
Nawożenie Fertilization	ok. 5 t słomy pszennej na przyoranie + 1 kg azotu mineralnego na 100 kg słomy + międzyplon z gorczycy białej Plowed rye straw + 1 kg mineral nitrogen per 100 kg straw + catch crop, N: 100 kg·ha ⁻¹ , P: 53 kg·ha ⁻¹ , K: 150 kg·ha ⁻¹
Nawadnianie w 2015 Irrigation on 2015	80 mm
Zwalczanie chwastów Weed control	Linurex 500 SC – 1,8 l·ha ⁻¹ Titus 25 WG + Trend 90 EC – 60g + 100ml·ha ⁻¹
Zwalczanie stonki Colorado potato beetle control	Insektycydy chemiczne 2–3 razy w sezonie Chemical insecticides 2–3 times per season Actara 25 WG – 40 g·ha ⁻¹ ; Calypso 480 SC – 75 ml·ha ⁻¹

Tabela 2
Table 2Zabiegi przed chorobami grzybowymi w zależności od intensywności ochrony
Treatments of fungicides depending on scope of protection

Ochrona fungicydowa <i>The fungicides protection</i>	Lata badań / <i>Years</i>					
	2014		2015		2016	
	Preparat <i>Chemical preparation</i>	Liczba zabiegów <i>Number of treatments</i>	Preparat <i>Chemical preparation</i>	Liczba zabiegów <i>Number of treatments</i>	Preparat <i>Chemical preparation</i>	Liczba zabiegów <i>Number of treatments</i>
Brak ochrony <i>No protection</i>	–	0	–	0	–	0
Ograniczona <i>Limited</i>	Ekonom MC 72,5 WP – 2 kg ha ⁻¹	2	Pyton Consento 450 SC – 2 l ha ⁻¹	1	Ridomil Gold MZ 67,8 WG – 2,5 kg ha ⁻¹	3
	Revus 250 SC – 0,6 l ha ⁻¹				Revus 250 SC – 0,6 l ha ⁻¹	
Intensywna <i>Intensive</i>	Pyton Consento 450 SC – 2 l ha ⁻¹	4	Ridomil Gold MZ 67,8 WG – 2,5 kg ha ⁻¹	5	Ridomil Gold MZ 67,8 WG – 2,5 kg ha ⁻¹	5
	Ridomil Gold MZ 67,8 WG – 2,5 kg ha ⁻¹		Ridomil Gold MZ 67,8 WG – 2,5 kg ha ⁻¹		Ridomil Gold MZ 67,8 WG – 2,5 kg ha ⁻¹	
	Pyton Consento 450 SC – 2 l ha ⁻¹		Pyton Consento 450 SC – 2 l ha ⁻¹		Banjo 400 SC – 0,8 l ha ⁻¹	
	Revus 250 SC – 0,6 l ha ⁻¹		Pyton Consento 450 SC – 2 l ha ⁻¹		Cabrio Duo 112 EC – 2,5 kg ha ⁻¹	
			Revus 250 SC – 0,6 l ha ⁻¹		Revus 250 SC – 0,6 l ha ⁻¹	

Tabela 2.1
Table 2.1Rodzaje substancji aktywnych stosowanych preparatów
Types of active substances of the preparations used

Preparat / <i>Chemical preparation</i>	Substancja aktywna i jej ilość / <i>Active substance and its amount</i>
Banjo 400 SC	Fluazynam/Fluazinam – 20%, Dimetomorf/Dimethomorph – 20%
Cabrio Duo 112 EC	Dimetomorf/Dimethomorph – 6,9%, Piraklostrobina/Pyraclostrobin – 3,8%
Ekonom MC 72,5 WP	Mankozeb/Mancozeb – 68%, Cymoksanił/Cymoxanil – 4,5%
Pyton Consento 450 SC	Chlorowodorek propamokarbu/Propamocarb hydrochloride – 33,30% Fenamidon/Fenamidone – 6,66%
Revus 250 SC	Mandipropamid/Mandipropamid – 25%
Ridomil Gold MZ 67,8 WG	Metalaksyl M/Metalaxyl M – 3,8%, Mankozeb/Mancozeb – 64,0%

Grupy wczesności odmian i odporności na zarazę poszczególnych grup podano w tabeli 3. Obserwacji rozwoju chorób dokonywano co siedem dni. Porażenie roślin określano za pomocą stopnia porażenia w skali dziewięciostopniowej, w której 9 oznacza brak objawów choroby, a 1- całkowite zniszczenie naci. Ocenę porażenia zarazą przedstawiono za pomocą tempa szerzenia się choroby obliczoną jako współczynnik regresji porażenia w czasie. Tempo szerzenia zarazy obliczono według wzoru:

$$1/(t_2-t_1) \cdot [L_n \text{ porażenia końcowego} - L_n \text{ porażenia początkowego}]$$

gdzie:

t1 – liczba dni od daty zerowej do wystąpienia pierwszych objawów,

t2 – liczba dni od daty zerowej, do daty gdy

stopień porażenia w kolejnym terminie obserwacji nie jest większy od poprzedniego (Roztropowicz, 1999).

Po zbiorze określano wielkość plonu bulw z poszczególnych wariantów ochronnych. Wyniki opracowano za pomocą ANOVA programu statystycznego STATISTICA 13.3. Istotność różnic testowano testem Tukeya na poziomie $\alpha_{0,05}$.

Wyniki

Warunki pogodowe w okresie wegetacji i terminy wystąpienia pierwszych objawów chorób

Warunki termiczno-wilgotnościowe w poszczególnych miesiącach okresu wegetacji przedstawiono w tabeli 4, a terminy wystąpienia pierwszych objawów chorób grzybowych roślin ziemniaka

Tabela 3
Table 3

Grupy wczesności odmian i odporności na zarazę (*Phytophthora infestans*)

Characteristics of potato cultivars

Grupa wczesności <i>Maturity group</i>	Odporność roślin na <i>P. infestans</i> <i>Resistance to P. infestans</i>	Liczba badanych odmian <i>Number of cultivars</i>
Bardzo wczesna <i>Very early</i>	2–3	2
Wczesna <i>Early</i>	3–4	3
Średnio wczesna <i>Middly early</i>	3,5–6	4
Średnio późna <i>Middly late</i>	5	2

Tabela 4
Table 4

Suma opadów atmosferycznych i średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji ziemniaka w latach badań (2014–2016) w Jadwisinie

Total monthly rainfall (R) and mean monthly temperatures (T) during the vegetative growth period in the years 2014–2016 for Jadwisin

Rok/miesiąc <i>Year/month</i>	Średnia temperatura powietrza (°C) <i>Mean air temperature (°C)</i>						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
2014	10,3	14,1	15,8	21,4	18,3	14,7	15,8
2015	8,3	12,9	17,5	19,6	22,5	15,1	16,0
2016	9,3	15,3	18,7	19,6	18,4	15,7	16,2
Średnia wielolecia <i>Multi-year average</i> 1967–2013	7,9	13,7	16,6	18,5	17,9	13,2	14,6
	Suma opadów (mm) <i>Sum of rainfall (mm)</i>						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
2014	61,1	41,3	69,8	23,5	79,2	11,9	286,8
2015	27,8	39,5	15,4	62,6	8,6	36,6	190,5
2016	31,4	92,2	85,4	103,6	61,4	9,5	383,5
Średnia wielolecia <i>Multi-year average</i> 1967–2013	36	56	76	77	60	49	354,0

w tabeli 5.

Okres wegetacji 2014 roku charakteryzował się podwyższoną temperaturą powietrza oraz suszą panującą od maja do lipca. W okresie tym odnotowano opady mniejsze w porównaniu do okresu wieloletniego (1967–2013) o około 74 mm. W drugiej dekadzie lipca po wystąpieniu umiarkowanych opadów, zaistniały korzystne warunki dla rozwoju infekcji *P. infestans*. Pierwsze objawy zarazy ziemniaka zaobserwowano 22 lipca na obiekcie kontrolnym (bez ochrony) oraz obiekcie z ochroną ograniczoną, jednak susza panująca w kolejnych dniach lipca zahamowała dalszy rozwój choroby. Wcześniej na plantacji wystąpiły objawy porażenia roślin alternariozą. Pierwsze objawy choroby stwierdzono 16 czerwca na roślinach odmian wczesnych, na wszystkich porównywanych w badaniu obiektach ochronnych.

W 2015 roku warunki pogodowe w okresie wegetacji ziemniaka charakteryzowały się długotrwałą suszą. W okresie tym suma opadów wyniosła zaledwie 190,5 mm i była mniejsza od średniej wielolecia o ponad 163 mm. Największy deficyt wody odnotowano w czerwcu i sierpniu. Ponadto okres wegetacji charakteryzował się podwyższoną temperaturą powietrza. Takie warunki termiczno-wilgotnościowe nie sprzyjały rozwojowi chorób grzybowych. Pomimo deszczowania plantacji, nie zaobserwowano na roślinach objawów infekcji wywołanej przez *P. infestans*. Natomiast pierwsze objawy porażenia alternariozą stwierdzono 22 czerwca na roślinach niechronionych oraz na obiekcie z ograniczoną ochroną, a dopiero 20 lipca na roślinach rosnących na obiekcie z intensywną ochroną fungicydową.

Okres wegetacji 2016 roku był wilgotny i ciepły. Od maja do końca sierpnia odnotowano ponadprzeciętne opady deszczu. W całym sezonie wegetacji suma opadów wyniosła 383,5 mm i była większa od średniej wielolecia o ok. 30 mm, ale rozkład opadów był bardzo nierównomierny. Średnia

temperatura powietrza dla całego okresu wegetacji wyniosła 16,2°C i była większa od średniej wielolecia o 1,6°C. Średnie dobowe temperatury powietrza w lipcu i sierpniu dochodziły do 25°C, a w czerwcu nawet do 27,5°C. Mimo znacznych opadów, liczba godzin o wysokiej wilgotności względnej była niewielka ze względu na wysoką temperaturę. Upalna pogoda powodowała szybkie zasychanie roślin w łanie. Pomimo to, pierwsze objawy choroby zaobserwowano 19 lipca na obiekcie bez ochrony (odmiany z grupy wczesnych), 2 dni później objawy choroby stwierdzono na obiekcie z ograniczoną ochroną. Na obiekcie z zastosowanym zabiegiem profilaktycznym choroba wystąpiła późno – 29 lipca i nie odnotowywano jej dalszego rozwoju. Pierwsze objawy porażenia roślin alternariozą zaobserwowano 20 czerwca, na wszystkich porównywanych w badaniu obiektach ochronnych.

Rozwój alternariozy ziemniaka (*Alternaria* spp.)

Warunki pogodowe w latach badań wpłynęły w sposób istotny na poziom porażenia roślin (tab. 6). Istotnie najniższy stopień porażenia roślin alternariozą, wynoszący 6,7 (w skali dziesięciostopniowej) odnotowano w roku 2015. Największe porażenie – 5,7 wystąpiło w 2014 roku. Nie udowodniono statystycznie istotnej różnicy między stopniem porażenia roślin w latach 2014 i 2016. Stwierdzono istotne różnice w rozwoju choroby w zależności od intensywności zastosowanej ochrony fungicydowej. Najbardziej porażone były rośliny uprawiane na obiekcie bez ochrony, następnie na poletkach z ograniczoną ochroną i najmniej po zastosowaniu ochrony intensywnej. W rozwoju alternariozy wczesność odmian miała również duże znaczenie, ale istotne różnice udowodniono pomiędzy odmianami wczesnymi i pozostałymi grupami wczesności. Stopień porażenia roślin w grupie odmian wczesnych był istotnie największy.

Rozwój zarazy ziemniaka (*P. infestans*)

Tempo szerzenia się zarazy ziemniaka

Tabela 5
Table 5

Terminy wystąpienia pierwszych objawów chorób grzybowych roślin ziemniaka

Dates of first symptoms of fungal disease

Ochrona fungicydowa <i>The fungicides protection</i>	Choroba / Disease; Lata badań / Years					
	Alternarioza/ <i>Early blight</i>			Zaraza ziemniaka/ <i>Late blight</i>		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Brak ochrony / <i>No protection</i>	16.06	22.06	20.06	22.07	X	19.07
Ograniczona / <i>Limited</i>	16.06	22.06	20.06	22.07	X	21.07
Intensywna / <i>Intensive</i>	16.06	20.07	20.06	X*	X	29.07

*- Objawy choroby nie wystąpiły / *no symptoms*

Tabela 6
Table 6Najwyższy stopień porażenia roślin ziemniaka przez *Alternaria* spp w zależności od zakresu ochrony, wczesności odmian i latMaximum degree of infestation by *Alternaria* depending on the scope of protection, cultivar earliness and years

Grupa wczesności <i>Earliness</i>	Rok badań / <i>Year</i> /; Ochrona fungicydowa / <i>The fungicides protection</i>									Średnio <i>Mean</i>
	2014			2015			2016			
	Brak ochrony <i>No protection</i>	Ograniczona <i>Limited</i>	Intensywna <i>Intensive</i>	Brak ochrony <i>No protection</i>	Ograniczona <i>Limited</i>	Intensywna <i>Intensive</i>	Brak ochrony <i>No protection</i>	Ograniczona <i>Limited</i>	Intensywna <i>Intensive</i>	
Bardzo wczesna <i>Very early</i>	5,3	7,0	7,5	7,0	7,0	7,0	6,3	5,0	6,8	6,5 b**
Wczesna <i>Early</i>	4,5	4,8	6,5	6,3	6,0	7,0	3,8	6,0	5,5	5,5 a
Średnio wczesna <i>Middly early</i>	4,7	5,8	6,7	5,7	7,0	7,1	5,6	7,1	6,5	6,2 b
Średnio późna <i>Middly late</i>	4,8	5,0	6,0	6,5	7,5	7,3	6,3	5,5	7,3	6,2 b
Średnia dla ochrony <i>Mean for protection</i>	4,8 a*	5,6 abc	6,6 cd	6,3 bcd	6,9 cd	7,1 d	5,5 ab	5,9 bcd	6,5 bcd	X
Średnia dla lat <i>Mean for years</i>		5,7 a*			6,7 b			6,0 a		X

*- Średnie w wierszach oznaczone z tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($P < 0.05$)
Means in lines marked with the same letter do not differ statistically ($P < 0.05$)

**-. Średnie w kolumnie oznaczone z tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($P < 0.05$)
Means in column marked with the same letter do not differ statistically ($P < 0.05$)

przedstawiono w tabeli 7. Rozwój choroby zależał w sposób istotny od wszystkich badanych czynników, ale największy wpływ miały warunki termiczno-wilgotnościowe panujące w latach badań. Choroba wystąpiła podczas dwóch z trzech analizowanych sezonów i najszybciej szerzyła się w 2016 roku. Średnio dla lat badań zaraza rozwijała się najszybciej na roślinach niechronionych, wolniej na poletku z ograniczoną ochroną i najwolniej po zastosowaniu ochrony intensywniej. W roku o mniejszej presji patogenu (2014) nie zaobserwowano objawów zarazy w wariancie z ochroną intensywną. Różnice w tempie szerzenia się choroby pomiędzy obiektami były znaczne. W roku o znacznej presji patogenu (2016), choroba na roślinach niechronionych rozwijała się ponad dwukrotnie szybciej w porównaniu z roślinami, które chroniono chemicznie po wystąpieniu objawów zarazy i ponad osiem razy szybciej w porównaniu z roślinami które zaczęto chronić przed zarazą jeszcze przed wystąpieniem choroby. Wczesność odmian i ich odporność na patogen miała również istotne znaczenie. Dotyczyło to jednak (podobnie jak w przypadku alternariozy) tylko grupy odmian wczesnych, mniej odpornych na zarazę, u których stwierdzono największe tempo szerzenia

się choroby oraz odmian średnio wczesnych i średnio późnych o wyższej odporności, gdzie tempo jej rozwoju było najwolniejsze.

Plon bulw

Plon bulw zależał istotnie od wszystkich badanych czynników (tab. 8). Największe plony bulw zebrano w 2016 roku, zaś najmniejsze w roku 2015 i były one ponad dwa razy mniejsze niż w roku 2016. Średnio dla trzech lat badań, w kombinacji w której nie stosowano ochrony fungicydowej plon bulw wynosił $32,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, w kombinacji z ochroną ograniczoną – $37,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a po zastosowaniu intensywniej ochrony – $39,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Różnice w plonie bulw w poszczególnych wariantach ochronnych zależały jednak od lat badań. W roku 2014 wszystkie kombinacje pod względem plonu różniły się między sobą istotnie. W latach 2015 i 2016 istotne różnice w uzyskanych plonach stwierdzono jedynie pomiędzy obiektem bez ochrony a pozostałymi. Plony bulw z obiektów z ochroną ograniczoną i intensywną nie różniły się między sobą istotnie w tych latach badań. W latach 2014 i 2016, czyli latach o silniejszej presji ze strony patogenów grzybowych ziemniaka różnice w plonie bulw między kombinacją bez ochrony fungicydowej a ochroną intensywną

Tabela 7
Table 7Tempo szerzenia zarazy ziemniaka w zależności od zakresu ochrony, wczesności odmian i lat
Rate of late blight development depending on the scope of protection, cultivar earliness and years

Grupa wczesności Earliness	Rok badań / Year / Zakres ochrony fungicydowej / Scope of protection									Średnio Mean
	2014			2015			2016			
	Brak ochrony No protection	Ograniczona Limited	Intensywna Intensive	Brak ochrony No protection	Ograniczona Limited	Intensywna Intensive	Brak ochrony No protection	Ograniczona Limited	Intensywna Intensive	
Bardzo wczesna Very early	0	0	0	0	0	0	0,363	0,100	0,039	0,056 ab**
Wczesna Early	0	0	0	0	0	0	0,357	0,141	0,016	0,073 b
Średnio wczesna Middly early	0,061	0,018	0	0	0	0	0,182	0,072	0,041	0,041 a
Średnio późna Middly late	0	0	0	0	0	0	0,116	0,110	0,024	0,027 a
Średnia dla ochrony Mean for protection	0,015 a*	0,004 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0,254 c	0,105 b	0,031 a	X
Średnia dla lat Mean for years		0,006 a			0 a			0,128 b		X

*- Średnie w wierszach oznaczone z tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($P < 0.05$)Means in lines marked with the same letter do not differ statistically ($P < 0.05$)**- Średnie w kolumnie oznaczone z tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($P < 0.05$)Means in column marked with the same letter do not differ statistically ($P < 0.05$)Tabela 8
Table 8Plon bulw (t/ha) w zależności od zakresu ochrony, wczesności odmian i lat
Tuber yield depending on the scope of protection, cultivar earliness and years

Grupa wczesności Earliness	Rok badań / Year / Zakres ochrony fungicydowej / Scope of protection									Średnio Mean
	2014			2015			2016			
	Brak ochrony No protection	Ograniczona Limited	Intensywna Intensive	Brak ochrony No protection	Ograniczona Limited	Intensywna Intensive	Brak ochrony No protection	Ograniczona Limited	Intensywna Intensive	
Bardzo wczesna Very early	20,2	25,9	27,7	25,2	28,8	26,5	47,3	49,5	54,1	33,9 a**
Wczesna Early	20,3	23,6	30,4	23,9	29,8	27,8	49,6	54,8	56,1	35,1 a
Średnio wczesna Middly early	25,3	30,6	36,5	23,2	27,6	24,2	54,2	62,4	62,9	38,5 b
Średnio późna Middly late	24,7	30,3	35,8	20,8	21,8	20,1	51,9	59,8	57,5	35,8 a
Średnia dla ochrony Mean for protection	23,3 a*	28,4 b	33,6 c	23,3 a	27,1 ab	24,6 ab	51,6 d	58,1 e	59,0 e	X
Średnia dla lat Mean for years		28,5 b*			24,9 a			56,3 c		X

*- Średnie w wierszach oznaczone z tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($P < 0.05$)Means in lines marked with the same letter do not differ statistically ($P < 0.05$)**- Średnie w kolumnie oznaczone z tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($P < 0.05$)Means in column marked with the same letter do not differ statistically ($P < 0.05$)

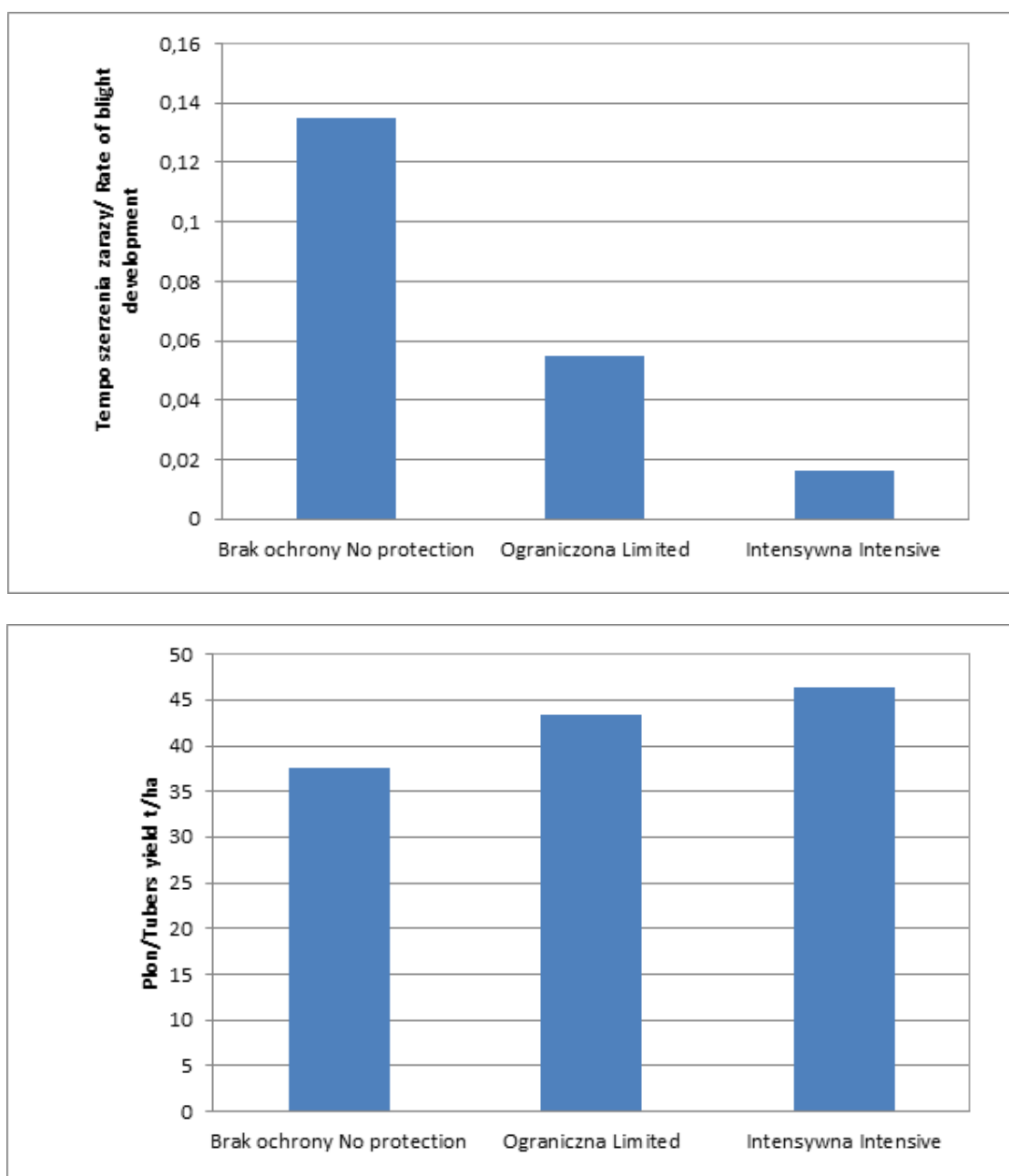
wynosiły odpowiednio 10,3 t·ha⁻¹ i 7,4 t·ha⁻¹. Straty plonu stanowiły w tych latach odpowiednio 44,2% i 14,3%. Natomiast w roku 2015 „nie zarazowym”, różnica ta wynosiła 1,3 t·ha⁻¹, co stanowiło 5,5% utraty plonu. Największy plon uzyskano w grupie odmian średnio wczesnych, zaś najmniejszy u odmian bardzo wczesnych. Istotne zróżnicowanie stwierdzono między odmianami średnio wczesnymi a pozostałymi grupami wczesności.

Średnio dla dwóch lat badań, w których wystąpiła zaraza, największe tempo szerzenia choroby i jednocześnie najmniejszy plon bulw odnotowano

w kombinacji, w której nie stosowano ochrony fungicydowej. Natomiast w kombinacji z ochroną intensywną tempo szerzenia się patogenu było najwolniejsze, a plon bulw największy (rys. 1). Zależność ta, tj. im szybszy rozwój choroby w danej kombinacji, tym mniejszy plon nie była istotna statystycznie ($p=0,1120$) a współczynnik korelacji r wynosił zaledwie $-0,1133$.

Dyskusja

Zaraza ziemniaka i alternarioza są chorobami najczęściej występującymi w okresie wegetacji



Rys. 1. Tempo szerzenia zarazy w zależności od zakresu ochrony fungicydowej (średnio dla lat badań 2014 i 2016) i plon bulw (t·ha⁻¹)

Fig. 1. Rate of late blight development depending on scope of protection (mean for years 2014 and 2016) and tuber yield.

ziemniaka. Na skutek zniszczenia części nadziemnej roślin, dochodzi do zahamowania przyrostu bulw i następuje znaczny spadek plonu. Najpowszechniejszą strategią zwalczania chorób grzybowych jest stosowanie zabiegów ochronnych przy użyciu fungicydów. Jednak w dobie ekologizacji rolnictwa dąży się do zminimalizowania i zoptymalizowania stosowania środków ochrony roślin. Niniejsza praca dostarcza informacji dotyczących wpływu stosowania różnych poziomów ochrony fungicydowej na rozwój zarazy i alternariozy na roślinach ziemniaka oraz związany z tym wzrost plonu.

Alternarioza pojawiła się na roślinach jako pierwsza, przed wystąpieniem objawów zarazy ziemniaka. Uzyskane wyniki potwierdziły wcześniejsze badania Zarzyńskiej i Szutkowskiej (2012). Znaczenie warunków klimatycznych dla wystąpienia i rozwoju zarazy podkreślają Harrison (1992) i Kapsa (2007) uważając, że rozwój choroby przebiega szybciej w wilgotnych i chłodnych warunkach. W pracy udowodniono duży wpływ warunków meteorologicznych na wystąpienie infekcji, jej rozwój i wielkość plonów. Opady były parametrem pogody najbardziej różnicującym analizowane zmienne. Bardzo duże niedobory opadów w roku 2015 spowodowały, że w ogóle nie odnotowano objawów porażenia roślin przez *P. infestans*, a porażenie roślin alternariozą było umiarkowane. Mniejszy deficyt wody w 2014 roku sprzyjał występowaniu alternariozy ale umiarkowanie rozwojowi zarazy na plantacji ziemniaka. Z kolei rok 2016, o ponadprzeciętnych opadach najbardziej sprzyjał szerzeniu się zarazy i relatywnie alternariozie. Wielkość plonów również zależała do wielkości opadów, tj. im większe były opady w danym roku, tym plon bulw był większy. Uzyskane zależności są zgodne z obserwacjami i wynikami prac innych autorów (Kapsa, 2004; Zarzyńska, Szutkowska, 2012; Rakotonindraina, 2012).

Średnio dla lat badań, najwyższy stopień porażenia roślin ziemniaka przez *Alternaria* spp. oraz najszybsze szerzenie się *P. infestans* (średnio dla dwóch lat badań, w których patogen wystąpił) stwierdzono na poletkach kontrolnych, na których nie stosowano fungicydów. Znacznie mniejsze porażenie chorobami grzybowymi obserwowano na roślinach rosnących na poletkach z ochroną ograniczoną, w której pierwszy zabieg fungicydem wykonano po stwierdzeniu objawów zarazy na roślinach. W zależności od presji patogenu w danym roku, na obiekcie tym, w całym sezonie wykonano od jednego do trzech zabiegów. Najlepsze zabezpieczenie roślin przed alternariozą i zarazą ziemniaka

uzyskano na poletkach chronionych intensywnie, tj. z zastosowaniem zabiegu profilaktycznego, przed wystąpieniem objawów zarazy. Na obiekcie tym wykonano 4 lub 5 zabiegów chemicznych. Według wielu autorów aplikowanie fungicydów w porównaniu z kontrolą istotnie redukuje nasilenie chorób grzybowych na roślinach (Dowley, i in., 2008; Mantecón, 2007; Kapsa, 2004). Uzyskali oni również istotne różnice w nasileniu infekcji w zależności od rodzaju zastosowanych fungicydów. W badaniach własnych skupiono się z kolei na częstotliwości wykonywania zabiegów. Zgodnie z uzyskanymi wynikami, obiekty z ochroną ograniczoną i ochroną intensywną różniły się między sobą istotnie statystycznie pod względem tempa szerzenia zarazy tylko w roku 2016 tj. o większej presji patogenu.

Zastosowanie fungicydów zahamowało lub zapobiegło rozwojowi infekcji grzybowych i spowodowało znaczny wzrost plonu bulw. Średni wzrost plonów spowodowany działaniem fungicydów w okresie trzech lat badań wyniósł 19%. Największy średni wzrost plonu – 21,3%, uzyskano pomiędzy obiektem kontrolnym a obiektem z ochroną intensywną. Około 17% wyżkę plonu obserwowano na obiekcie z ochroną ograniczoną w porównaniu z niechronioną kontrolą. Różnica w plonie pomiędzy obiektami z ochroną ograniczoną i intensywną wynosiła 6,5%. Największe różnice w plonie pomiędzy obiektami odnotowano w roku 2014, bardziej sprzyjającym występowaniu alternariozy niż zarazie ziemniaka. Na obiekcie z ochroną intensywną zaraza w ogóle nie wystąpiła. Uzyskane wyniki są bardzo zbliżone do wcześniejszych wyników autora oraz prac innych badaczy. Straty plonu wynikające z porażenia plantacji alternariozą na poletkach niechronionych w doświadczeniach polowych wahały się od 6 do 45% (Pietraszko, 2016). Mantecón (2007) podczas dziesięcioletnich badań ocenił wpływ wybranych fungicydów na wielkość i jakość plonu bulw. Średni wzrost plonu spowodowany działaniem preparatów zwalczających alternariozę wyniósł 17,9%. Zaś wzrost plonu spowodowany działaniem preparatów na zarazę ziemniaka był równy 33,8%. Natomiast Dowley i współautorzy (2008) oceniający przez dwadzieścia pięć lat porażenie roślin zarazą w Irlandii, uzyskali wzrost plonów pod wpływem ochrony fungicydowej na poziomie 10,1 t·ha⁻¹. W badaniach własnych średni wzrost plonu w porównaniu z obiektem kontrolnym wyniósł 5,1 t·ha⁻¹ dla ochrony ograniczonej i 6,4 t·ha⁻¹ dla ochrony intensywnej. Wyniki te wskazują, że w latach o umiarkowanej presji ze strony patogenów grzybowych rozpoczęcie

ochrony chemicznej w momencie wystąpienia objawów zarazy w polu zapewnia uzyskanie zadowalającego plonu bulw, tylko nieznacznie niższego od plonu bulw z poletek z ochroną intensywną.

Stwierdzono wyraźną zależność pomiędzy odpornością odmiany na patogena a rozwojem chorób. Odmiany z grupy bardzo wczesnych i wczesnych, o niskiej odporności charakteryzowały się szybszym tempem rozwoju zarazy niż odmiany późniejsze o wyższej odporności. Taką zależność potwierdzili Kapsa (2005), Visker (2003) oraz Rakotonindraina (2012). Podobne zależności wystąpiły w przypadku alternariozy. Odmiany wczesne, szybciej starzejące się są bardziej podatne na tę chorobę, co również potwierdzono w badaniach własnych.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że częstotliwość i terminy stosowania fungicydów należy uzależnić od warunków pogodowych i odporności uprawianych odmian na zarazę ziemniaka, uzyskując jednocześnie plony na bardzo zadowalającym poziomie.

Literatura

- Dowley, L. J. Grant, J., Griffin, D. (2008). Yield losses caused by late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) in potato crops in Ireland. *Irish J. Agric. Food Res.*, (47), 69–78
- Fry, W. E. (1994). Role of early blight suppression pest management. W: G. W. Zehder, M. L. Powelson, R. K. Jansson, K.V Raman. *Advance in potato pest biology and management* (166–177). APS Press, Am. Phytopath. Soc. St. Paul. Minnesota USA
- Harrison, J. G. (1992). The effect of aerial environment on late blight of potato foliage – a review. *Plant Pathology* 41: 384 – 416. In: Leonard, K. J. & Fry, W.E. (eds.): *Plant Disease Epidemiology*, Vol. 2. MacMillan, New York, 3–37
- Hoffman, G. M. & Schmuterer, H. O. (1983). *Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 488
- Kapsa, J. (2001). Zaraza (*Phytophthora infestans*/Mont./de Bary) występująca na łodygach ziemniaka. Monografia i Rozprawy Naukowe IHAR 11, 7–10
- Kapsa, J. (2004). Early blight (*Alternaria spp.*) in potato crops in Poland and results of chemical protection. *J. Plant Prot. Res.* 44 (3), 231–238
- Kapsa, J. (2005). Wykorzystanie odporności odmian w ochronie przed zarazą. *Ziem. Pol.* (4), 20–23
- Kapsa, J. (2007). Effect of climatic conditions on infection pressure of *Phytophthora infestans* and harmfulness of the pathogen to potato crops. *J. Plant Protection Res.* 47 (4), 357–366
- Kesksse, D. (2013). Overview of epidemiology and management of late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) on potato and tomato crops. *IJRAS*. Volume 6, Issue 4, ISSN (Online): 2348–3997
- Mantecón, J. D. (2007). Potato yield increases due to fungicide treatment in Argentinian early blight (*Alternaria solani*) and the late blight (*Phytophthora infestans*) field trials during the 1996–2005 seasons. *Plant Health Prog.* doi: 10.1094/PHP-2007-0202-01-RS
- Oowski, J. (2007). Termin wystąpienia pierwszych objawów alternariozy ziemniaka w zależności od roku i województwa. *Prog. Plant Prot.* 47 (2), 216–233
- Pasche J.S., Wharam C.M., and Gudmestad, N.C. (2004). Shift in sensitivity of *Alternaria solani* in response to Q (0) I fungicides. *Plant Dis.* 88, 181–187
- Pasche, J.S., Piche, L.M. and Gudmestad, N.C. (2005). Effect of the F129L mutation in *Alternaria solani* on fungicides affecting mitochondrial respiration. *Plant Dis.* 89, 269–278
- Pietraszko, M., Zarzyńska, K. (2016). Wpływ alternariozy na porażenie roślin i plon ziemniaka w zależności od zakresu ochrony i systemu uprawy. *Ziem. Pol.* (3), 28–34
- Rakotonindraina, T., Chauvin, J. E., Pellé, R., Faivre, R., Chatot, C., Savary, S., Aubertot, J. N. (2012). Modeling of yield losses caused by potato late blight on eight cultivars with different levels of resistance to *Phytophthora infestans*. *Plant Dis.* (96), 935–942
- Rienoch, M. (1974). Alternarioza ziemniaka. *Z Prac Inst. Ziemn.* 1 (2), 19–28
- Roztropowicz, S. (1999). Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie, 24
- Sawicka, B., Kapsa, J. (2001). Effect of varietal resistance and chemical protection on the potato late blight (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) development. *Potato Res.* 44 (3), 303–304
- Waals, J.E., Korsten L., Slippers, B. (2004). Genetic diversity among *Alternaria solani* isolates from potatoes in South Africa. *Plant Dis.* 88, 959–964
- Visker, M.H.P.W., Keizer, L.C.P., Budding, D.J., Van Loon, L.C., Colon L.T., Struik P.C. (2003). Leaf position prevails over plant age in reflecting resistance to late blight in potato. *Phytopathology* (93), 666–674
- Zarzyńska, K., Szutkowska, M. (2012). Rozwój chorób grzybowych oraz plon bulw w uprawie ekologicznej i konwencjonalnej. *J. Res. Appl. Agric. Engin.* 57 (4): 205–210