

ARTYKUŁ ORYGINALNY

Ekonomiczna efektywność stosowania fungicydów w ochronie ziemniaka przed *Phytophthora infestans* oraz *Alternaria* spp.

Economic effectiveness of using fungicides in the protection of potato against *Phytophthora infestans* and *Alternaria* spp.

Milena Pietraszko*

Streszczenie

Celem badań przeprowadzonych w latach 2014–2016 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Jadwisinie była ocena efektywności ekonomicznej zastosowania fungicydów w zwalczaniu sprawców zarazy ziemniaka oraz alternariozy na roślinach czterech odmian jadalnych ziemniaka o różnej odporności na *Phytophthora infestans*. Doświadczenie obejmowało dwa obiekty: kontrola – bez stosowania fungicydów oraz ochrona – w której wykonano od 3 do 5 zabiegów chemicznych. Na obiekcie chronionym, uzyskano wzrost plonu bulw o 20,4%, a wartość produkcji uratowanej wyniosła średnio 4181,8 zł/ha. W latach badań, w których warunki meteorologiczne sprzyjały rozwojowi zarazy ziemniaka i alternariozy stwierdzono wysoką opłacalność stosowania fungicydów. Orientacyjny wskaźnik kosztów (E_2) mieścił się w zakresie 2,5–4,0, co oznacza, że wykonany zabieg ochrony roślin stanowił od 2,5 do 4,0% wartości uzyskanego plonu bulw z 1 hektara.

Słowa kluczowe: ziemniak, plon, ochrona roślin, wskaźniki ekonomiczne

Abstract

The aim of the research carried out in 2014–2016 at the Plant Breeding and Acclimatization Institute in Jadwisin was to assess the economic effectiveness of the use of fungicides in combating the causative agents of potato blight and alternaria on plants of four edible potato varieties with different resistance to *Phytophthora infestans*. The experiment included two objects: control – without chemical protection and protection – in which from 3 to 5 chemical treatments were performed. In the protected object obtained increase of yield of tubers was 20.4%. The value of saved production amounted to an average of 4.181.8 zł/ha. In the years of research in which meteorological conditions favored the development of late blight and alternaria, high profitability of using fungicides was found. Orientation index of profitability (E_2) was in the range of 2.5–4.0, which means that the performed plant protection treatment constituted from 2.5 to 4.0% of the value of the obtained tuber yield per 1 hectare.

Key words: potato, plant protection, economical coefficient

Wstęp / Introduction

Ziemniak porażany jest przez liczne patogeny, które nie tylko zmniejszają wielkość plonu, ale również pogarszają jego jakość. Jednym z najgroźniejszych jest organizm grzybobopodobny *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, sprawca zarazy ziemniaka. Straty plonu powodowane przez tę chorobę na niechronionych plantacjach mogą dochodzić do 70% (Keskse 2013). Drugą istotną chorobą okresu wegetacji ziemniaka jest alternarioza wywoływana przez grzyby rodzaju *Alternaria* spp. (*Alternaria solani*, *Alternaria alternata*). Szkodliwość alternariozy jako czynnika obniżającego plon jest aktualnie mniejsza niż zarazy ziemniaka, ale choroba nabiera coraz większego znaczenia ze względu na obserwowane zjawisko ocieplania klimatu. Przeciętne straty powodowane przez sprawców alternariozy na niewłaściwie chronionych plantacjach wynoszą od 5 do 78% (Pasche i wsp. 2004). Strategia ochrony roślin przed wymienionymi chorobami opiera się w pierwszej kolejności na zastosowaniu prawidłowej agrotechniki i wykorzystaniu odporności odmian na patogeny, a w dalszej kolejności na aplikacji fungicydów. W warunkach intensywnej produkcji oraz silnej presji patogenu, zapobieganie chorobom metodami agrotechnicznymi często okazuje się niewystarczające i niezbędne jest zastosowanie ochrony chemicznej.

Stosowanie fungicydów stanowi kluczowy element pielęgnacji plantacji ziemniaka, istotnie wpływając na wielkość i jakość plonu ziemniaka (Nowacki 2012). Choć ochrona chemiczna roślin nie jest czynnikiem plonotwórczym, to zabezpiecza plon i zapewnia efektywność pozostałych nakładów (Golinowska 2009a). W produkcji rolniczej bierze się pod uwagę nie tylko wysokość uzyskanych plonów, ale także opłacalność produkcji, co wiąże się z kosztami poniesionymi na ochronę roślin. Dlatego oprócz prowadzenia badań nad skutecznością zwalczania sprawców chorób, istotnym elementem jest także bieżąca analiza uzyskiwanych efektów ekonomicznych wykonywanych zabiegów ochronnych. Efektywność ekonomiczna ochrony roślin określa zysk ekonomiczny uzyskany w wyniku przeprowadzonych zabiegów (Golinowska 2009b). W aspekcie ekonomicznym

nakłady poniesione na ochronę roślin powinny być opłacalne. Oznacza to, że efekt zysku wynikający ze wzrostu produkcji powinien być większy od poniesionego nakładu (Golinowska 2002).

Celem badań była ocena efektywności ekonomicznej stosowania fungicydów w zwalczaniu sprawców zarazy ziemniaka oraz alternariozy na roślinach odmian ziemniaka o różnej odporności na *P. infestans*.

Materiały i metody / Materials and methods

Dwuczynnikowe doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2014–2016 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym Oddział w Jadwisinie, na glebie lekkiej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego. Zabiegi agrotechniczne przedstawiono w tabeli 1. Doświadczenie założono w trzech powtórzeniach. Obiekty pierwszego czynnika stanowiły sposoby ochrony roślin: kontrola – bez stosowania fungicydów oraz ochrona – w której wykonano od 3 do 5 zabiegów z zastosowaniem fungicydów (tab. 2). Obiekty drugiego czynnika stanowiły cztery jadalne odmiany ziemniaka, z grupy średnio wczesnych. Odmiany różniły się stopniem odporności na *P. infestans* (skala 9-stopniowa): odmiany Oberon i Malaga – 3,5, odmiana Jurata – 4 i odmiana Ametyst – 6.

Obserwacje rozwoju chorób prowadzono 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. Oceny porażenia roślin przedstawiono za pomocą tempa szerzenia się objawów chorobowych, wyrażonego jako współczynnik regresji porażenia w czasie, obliczony według wzoru:

$$\frac{1}{t_2 - t_1} \times$$

$\times [L_n \text{ porażenia końcowego} - L_n \text{ porażenia początkowego}]$
gdzie:

t_1 – liczba dni od daty zerowej do wystąpienia pierwszych objawów,

Tabela 1. Zabiegi agrotechniczne zastosowane na polu doświadczalnym, Jadwisin 2014–2016
Table 1. Agrotechnical treatments in the experimental field, Jadwisin 2014–2016

Zabiegi agrotechniczne – Crop production practice	
Nawożenie – Fertilization	około 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, P: 53 kg/ha, K: 150 kg/ha
Zwalczanie chwastów – Weed control	Linurex 500 SC – 1,8 l/ha Titus 25 WG + Trend 90 EC – 60 g + 100 ml/ha
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, Calypso 480 SC – 75 ml/ha

Tabela 2. Środki ochrony roślin zastosowane w wariancie chronionym, Jadwisin 2014–2016**Table 2.** Products used in the experiment, Jadwisin 2014–2016

Liczba zastosowań fungicydu na obiekcie chronionym – The number the fungicide uses on the protected object					
Środki ochrony roślin Chemical products	substancja czynna i jej ilość active substance and its amount	dawka dose	rok – year		
			2014	2015	2016
Banjo 400 SC	fluazinam – 20%, dimethomorph – 20%	0,8 l/ha	0	0	1
Cabrio Duo 112 EC	dimethomorph – 6,9%, pyraclostrobin – 3,8%	2,5 kg/ha	0	0	1
Pyton Consento 450 SC	propamocarb hydrochloride – 33,30%	2 l/ha	2	1	0
Revus 250 SC	fenamidone – 6,66%	0,6 l/ha	1	0	1
Ridomil Gold MZ 67,8 WG	metalaxyl M – 3,8%, mancozeb – 64,0%	2,5 kg/ha	1	2	2
Liczba zastosowanych oprysków – Number of sprays applied			4	3	5

t_2 – 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.

Efektywność ekonomiczną zastosowanych zabiegów ochronnych obliczono według wskaźników opisanych przez Golinowską (2002, 2009a):

$$P_u = (P_2 - P_1) \times C, \quad W_{pk} = \frac{P_u}{K_z}, \quad E_2 = \frac{E_1 \times 100}{P_2},$$

gdzie:

P_u – produkcja uratowana (zł/ha),

P_1 – plon bulw w wariancie kontrolnym (t/ha),

P_2 – plon bulw w wariancie chronionym (t/ha),

C – cena 1 tony produktu chronionego (zł),

W_{pk} – wskaźnik pokrycia kosztów, definiuje w jakim stopniu wartość plonu uratowanego pokryła koszty zabiegu. Wskaźnik większy od jedności oznacza, że koszty zabiegów zostały zrekompensowane przez produkcję uratowaną, a mniejszy sytuację przeciwną,

K_z – koszt zabiegu (zł),

E_1 – orientacyjny wskaźnik opłacalności zabiegu, określający liczbę ton produktu chronionego, która równoważy koszty zabiegów ochronnych (t),

E_2 – orientacyjny wskaźnik kosztów, przedstawiający procent plonu plantacji chronionej, który należy przeznaczyć na pokrycie kosztów zabiegów ochrony roślin (%).

Do obliczenia wyżej wymienionych wskaźników przyjęto ceny ziemniaka i zastosowanych środków ochrony roślin obowiązujące w poszczególnych latach badań (Seremak-Bulge 2014, 2015, 2016). Koszt wykonania jednego zabiegu przyjęto na średnim poziomie 60 zł/ha. Według przyjętych stawek łączne koszty zastosowania fungicydów (K_z) wyniosły w 2014 roku 877 zł/ha, w 2015 roku – 776 zł/ha, a w roku 2016 – 1124 zł/ha. Obliczona wartość orientacyjnego wskaźnika opłacalności zabiegu (E_1) wskazuje, że koszty zastosowania fungicydów były równoważone przez 1,4 tony bulw potomnych w 2014 roku, 0,9 tony w roku 2015 i 1,6 tony w roku 2016.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą dwuczynnikowej analizy wariancji ANOVA z zastosowaniem programu statystycznego STATISTICA v. 13.3. Istotność różnic testowano testem Tukeya na poziomie $\alpha = 0,05$. Pozostałe obliczenia wykonano w programie Microsoft Excel Office 356.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Warunki meteorologiczne / Meteorological conditions

Warunki meteorologiczne podczas prowadzenia badań były zróżnicowane (tab. 3). Okres wegetacji 2014 roku charakteryzował się podwyższoną temperaturą powietrza oraz suszą panującą od maja do lipca. Łączna suma opadów dla okresu wegetacji była równa 286,8 mm. W 2015 roku odnotowano długotrwałą suszę i podwyższoną temperaturę powietrza. Suma opadów od kwietnia do września wyniosła zaledwie 190,5 mm. 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.

Występowanie chorób / The occurrence of diseases

Warunki meteorologiczne, odmiana oraz warianty ochrony roślin miały istotny wpływ na występowanie analizowanych chorób ziemniaka (tab. 4). W omawianym okresie oceniane choroby stanowiły umiarkowane zagrożenie dla roślin ziemniaka. Rozwój zarazy ziemniaka przebiega szybciej w latach charakteryzujących się dużą liczbą dni z opadami deszczu, wysoką wilgotnością względną powietrza oraz umiarkowaną temperaturą powietrza. Natomiast występowaniu alternariozy sprzyja ciepła i sucha pogoda, w której okresy suszy przeplatane są niezbyt dużymi, ale często padającymi deszczami (Harrison 1992; Kapsa 2007, 2008; Osowski 2007). Wyniki badań potwierdzają powyższe tezy. Bardzo duże niedobory opadów w roku 2015 spowodowały, że w ogóle nie odnotowano objawów porażenia roślin przez

Tabela 3. Suma opadów atmosferycznych i średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji ziemniaka w latach badań (2014–2016) w Jadwisinie

Table 3. The sum of precipitation and mean monthly temperatures during the vegetative growth period in the years 2014–2016 for Jadwisin

Rok / miesiąc Year / month	Średnia temperatura powietrza – Mean air temperature [°C]						
	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
Suma opadów – The sum of precipitation [mm]							
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

Tabela 4. Wpływ chemicznej ochrony na występowanie objawów porażenia przez sprawców alternariozy i zarazy ziemniaka na roślinach różnych odmian w latach 2014–2016

Table 4. The effect of chemical control on the occurrence of early blight and late blight symptoms on plants of various cultivars in 2014–2016

Rok Year	Odmiana Cultivar	Porażenie roślin przez <i>Alternaria</i> spp. Disease severity of early blight		Skuteczność Effectiveness [%]	Tempo szerzenia zarazy ziemniaka Rate of late blight development		Skuteczność Effectiveness [%]
		kontrola control	ochrona protection		kontrola control	ochrona protection	
2014	Oberon	5,5 ab	7,5 c	36,4	0,078	0	100
	Jurata	4,5 a	7,0 c	55,6	0**	0	–
	Malaga	5,0 a	6,5 bc	30,0	0,091	0	100
	Ametyst	4,5 a	7,0 c	55,6	0	0	–
Średnia – Mean		4,8 a	7,0 b	44,4	0,042	0	100
		5,9 a			0,021		
2015	Oberon	5,0 ab	7,5 bc	50,0	0	0	–
	Jurata	4,5 a	6,5 b	44,4	0	0	–
	Malaga	6,0 b	6,5 b	8,3	0	0	–
	Ametyst	8,0 c	8,0 c	*	0	0	–
Średnia – Mean		5,9 a	7,1 b	34,2	0	0	–
		6,2 a			0		
2016	Oberon	6,0 abc	7,0 cd	16,7	0,221	0,081	63,3
	Jurata	5,0 a	6,5 bcd	30,0	0,213	0,081	62,0
	Malaga	6,0 abc	6,0 abc	–	0,213	0	100
	Ametyst	5,5 ab	7,5 d	36,4	0,081	0	100
Średnia – Mean		5,6 a	6,7 b	27,7	0,182	0,041	81,3
		6,5 a			0,111		

Średnie w kolumnach oraz w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie ($p < 0,05$)

Means in columns and rows marked with the same letter do not differ statistically ($p < 0,05$)

*brak różnic między kontrolą a ochroną – no differences between untreated and protection

**nie stwierdzono rozwoju objawów zarazy ziemniaka – no symptoms of potato blight were developed

P. infestans. Warunki pogodowe 2014 roku sprzyjały występowaniu alternariozy (średni stopień porażenia roślin wynosił 5,9) oraz umiarkowanie rozwojowi zarazy na plantacji ziemniaka (średnie tempo szerzenia choroby było równe 0,021). Z kolei rok 2016, o ponadprzeciętnych opadach był najbardziej korzystny dla zarazy ziemniaka (średnie tempo

szerzenia tej choroby było równe 0,111) i najmniej korzystny dla rozwoju alternariozy (średni stopień porażenia roślin wynosił 6,5).

W 2014 roku, zakres porażenia roślin alternariozą wynosił 4,5–7,5. Zastosowane fungicydy ograniczyły porażenie roślin chorobą od 30,0% u odmiany Malaga do 55,6%

u odmiany Jurata i Ametyst. W 2014 roku zaraza ziemniaka wystąpiła na niechronionych roślinach dwóch odmian o najniższej odporności na patogena (3,5). Tempo szerzenia wynosiło 0,091 u odmiany Malaga i 0,078 u odmiany Oberon. Zastosowane środki ochrony całkowicie zabezpieczyły rośliny przed objawami *P. infestans*.

W 2015 roku, zakres porażenia roślin alternariozą wynosił 4,5–8,0. Najmniejsze porażenie liści (8,0 stopni) wystąpiło u odmiany Ametyst i było jednakowe na dwóch porównywanych obiektach. Zastosowanie fungicydów pozwoliło ograniczyć uszkodzenie liści od 8,3% u odmiany Malaga do 50,0% u odmiany Oberon.

W 2016 roku, zakres porażenia roślin alternariozą wynosił 5,0–7,5. Ochrona chemiczna ograniczyła porażenie powierzchni liści alternariozą od 16,7% u odmiany Oberon do 36,4% u odmiany Ametyst. Na roślinach odmiany Malaga nie stwierdzono różnic w nasileniu objawów choroby między poletkami kontrolnymi i chronionymi. Najszybsze tempo szerzenia zarazy ziemniaka wystąpiło na niechronionych roślinach trzech odmian o niskiej odporności na patogena (3,5–4) i wynosiło od 0,213 do 0,221. Najniższy współczynnik rozwoju zarazy ziemniaka na obiekcie kontrolnym wynosił 0,081 i został stwierdzony dla odmiany Ametyst o wysokiej odporności na patogena (6). W wariantach chronionym, zastosowane fungicydy całkowicie zabezpieczyły

przed sprawcą zarazy ziemniaka rośliny odmian Malaga i Ametyst. Na pozostałych roślinach chronionych tempo szerzenia choroby wynosiło 0,081. Skuteczność ochrony z zastosowaniem fungicydów mieściła się w zakresie 62,0–100,0%. Generalnie, odmiany podatne na patogena, bardzo dobrze reagowały na zastosowaną ochronę.

Ocena ekonomiczna zastosowanych zabiegów / Economic evaluation of the applied treatments

Opłacalność ochrony chemicznej ziemniaka określona za pomocą wskaźników opłacalności przedstawiona została w tabeli 5. Największe plony zebrano w 2016 roku (średnia 59,7 t/ha), zaś najmniejsze w roku 2015 (średnia 23,1 t/ha). Wielkość plonu była dodatnio skorelowana z sumą opadów. W latach 2014 i 2016 udowodniono istotny wpływ ochrony roślin na plon bulw badanych odmian.

W roku 2014 wzrost plonów w stosunku do kontroli wahał się od 7,6 do 14,2 t/ha. Efektywność produkcyjna zabiegów uzyskana dla poszczególnych odmian wyrażona wartością plonu uratowanego wynosiła od 4598 zł/ha do 8591 zł/ha (średnio 6745,8 zł/ha). Wartość produkcji uratowanej rekompensowała koszty ochrony każdej z badanych odmian. Wskaźnik pokrycia kosztów (W_{pk}) wyniósł od 5,2 do 9,8. Najkorzystniejsze wartości uzyskano dla

Tabela 5. Efektywność ekonomiczna zastosowania fungicydów w zależności od odmiany ziemniaka w latach 2014–2016
Table 5. Economic efficiency of the use of fungicides depending on the potato cultivar in 2014–2016

Rok Year	Odmiana Cultivar	P_1 [t/ha]	P_2 [t/ha]	P_u [t/ha]	P_u [PLN/ha]	W_{pk}	E_2 [%]
2014	Oberon	23,8 bc	38,0 ab	14,2	8591	9,8	3,7
	Jurata	18,7 abc	28,3 c	9,6	5808	6,6	4,9
	Malaga	22,9 bc	36,1 ab	13,2	7986	9,1	3,9
	Ametyst	33,9 abc	41,5 a	7,6	4598	5,2	3,4
Średnia – Mean		24,8 b	36,0 a	11,2	6745,8	7,7	4,0
		30,4 b					
2015	Oberon	20,9 a	22,0 a	1,1	957	1,2	3,9
	Jurata	22,5 a	22,3 a	-0,2	-174	-0,2	3,8
	Malaga	20,0 a	23,0 a	3	2610	3,4	3,7
	Ametyst	27,8 a	26,2 a	-1,6	-1392	-1,8	3,2
Średnia – Mean		22,8 a	23,4 a	0,6	500,3	0,7	3,7
		23,1 c					
2016	Oberon	61,0 ab	71,4 a	10,4	7228	6,4	2,2
	Jurata	53,4 ab	60,9 ab	7,5	5212	4,6	2,6
	Malaga	50,0 b	54,8 ab	4,8	3336	3,0	2,9
	Ametyst	59,1 ab	66,9 ab	7,8	5421	4,8	2,4
Średnia – Mean		55,9 b	63,5 a	7,6	5299,3	4,7	2,5
		59,7 a					

Średnie w kolumnach oraz w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie ($p < 0,05$)

Means in columns and rows marked with the same letter do not differ statistically ($p < 0.05$)

P_1 – plon bulw w wariantach niechronionych – yield in the unprotected variant, P_2 – plon bulw w wariantach chronionych – yield in the protected variant, P_u – produkcja uratowana – yield saved, W_{pk} – wskaźnik pokrycia kosztów – cost covering ratio, E_2 – orientacyjny wskaźnik kosztów – index of the costs

odmiany Oberon i Malaga. Najniższą wartość stwierdzono u odmiany Ametyst. Średnio, koszty poniesione na ochronę zwróciły się ponad 7-krotnie. Najniższą wartością orientacyjnego wskaźnika kosztów (E_2), równą 3,4, charakteryzowała się odmiana Ametyst. Zaś najwyższą jego wartość (4,9) uzyskano dla odmiany Jurata, co oznacza, że koszty zastosowania fungicydów stanowiły u tej odmiany 4,9% wartości uzyskanego plonu bulw z 1 hektara.

W roku 2015 przyrost plonu uzyskany w efekcie zastosowanych zabiegów wykazały dwie odmiany – Oberon i Malaga. Wzrost plonów u tych odmian w stosunku do kontroli wynosił odpowiednio 1,1 i 3,0 t/ha. Uzyskana wartość przyrostu plonu u tych odmian wynosiła od 957 do 2610 zł/ha. Wskaźnik pokrycia kosztów mieścił się w zakresie od 1,2 do 3,4. Korzystniejsze wartości uzyskano dla odmiany Malaga. Koszty poniesione na ochronę roślin tej odmiany zwróciły się blisko 3,5-krotnie. Orientacyjny wskaźnik kosztów (E_2) wynosił 3,7 dla odmiany Malaga i 3,9 dla odmiany Oberon. W przypadku odmian Jurata i Ametyst, zastosowanie fungicydów było nieopłacalne. Wskazują na to ujemne wartości plonu uratowanego oraz wskaźnika pokrycia kosztów.

W 2016 roku przyrost plonów w wariantach chronionym w porównaniu z kontrolą wahał się od 4,8 do 10,4 t/ha. Efektywność produkcyjna zabiegów uzyskana dla poszczególnych odmian wyrażona wartością plonu uratowanego wynosiła od 3336 do 7228 zł/ha (średnio 5299,3 zł/ha). Wartość produkcji uratowanej rekompensowała koszty ochrony każdej z badanych odmian. Wskaźnik pokrycia kosztów wyniósł od 3,0 do 6,4. Najkorzystniejszą wartość uzyskano dla odmiany Oberon. Średnio dla wszystkich odmian, koszty poniesione na ochronę zwróciły się 4,7 razy. Orientacyjny wskaźnik kosztów (E_2) wahał się od 2,2 u odmiany Oberon do 2,9 u odmiany Malaga. Średni koszt zastosowania fungicydów stanowił 2,5% wartości uzyskanego plonu bulw z 1 hektara.

Na podstawie przeprowadzonych badań udowodniono, że stosowanie fungicydów było najbardziej korzystne w latach, w których występowała presja ze strony analizowanych patogenów. Większym nasileniem zarazy ziemniaka charakteryzowały się rośliny odmian o niższej odporności na sprawcę choroby. Wyniki te są zgodne z wynikami prac Visker i wsp. (2003), Kapsy (2005), Bernata (2008) oraz Rakotonindraina i wsp. (2012). Mimo bardzo pozytywnej reakcji tych odmian na zastosowaną ochronę, wyliczone dla nich wskaźniki opłacalności zabiegów nie zawsze były najbardziej korzystne w porównaniu z odmianami o wyższej odporności na *P. infestans*. Według Golinowskiej i wsp. (2012) najbardziej istotny wpływ na kształtowanie się orientacyjnych wskaźników opłacalności mają uzyskiwany plon i ceny sprzedaży. Wyniki uzyskane w badaniach własnych potwierdzają tę zależność. Największą opłacalność zabiegów ochronnych, oszacowaną na podstawie orientacyjnego wskaźnika kosztów (E_2) odnotowano w 2016 roku, w którym średni plon bulw był ponad dwukrotnie wyższy

niż w latach 2014–2015. W roku 2014 by zrównoważyły koszty ochrony należało przeznaczyć średnio 4,0% plonu, w roku 2015 – 3,7%, a w roku 2016 – 2,5% produkcji chronionej. Podobne zależności dotyczyły odmian. Opłacalność zabiegów ochronnych była najbardziej korzystna dla tych, które plonowały najwyżej. W roku 2014 była to odmiana Ametyst, a w roku 2016 odmiana Oberon. Wartość wskaźnika kosztów dla tych odmian była najniższa spośród porównywanych odmian i wynosiła odpowiednio: 3,4% i 2,2%. Generalnie, uzyskane wyniki wskazują na wysoką opłacalność przeprowadzonych zabiegów. Wskaźnik E_2 dla roślin okopowych powinien kształtować się na poziomie do 10%, wówczas wskazuje na celowość i opłacalność zabiegów chemicznych stosowanych na plantacji (Zarzecka i wsp. 2015). Golinowska (2002) analizując koszty chemicznej ochrony ziemniaka, stwierdziła wysoką opłacalność zabiegów na podstawie orientacyjnych wskaźników kosztów (E_2) mieszczących się w zakresie od 2,1 do 11,7%.

Ziemniaki jadalne charakteryzują się dużą zmiennością cen, wynikającą w znacznym stopniu ze wzrostu cen środków produkcji oraz wahań cen zbytu. Według Nowackiego (2016), najniższe ceny za ziemniaki rolnicy uzyskują sprzedając bulwy bezpośrednio z gospodarstwa pośrednikiem handlowym. Autor szacuje, że sprzedaż bulw na rynkach hurtowych powoduje wzrost ceny o 67%, na targowiskach miejskich o 93%, a w przypadku sprzedaży ziemniaków konfekcjonowanych bezpośrednio do placówek sklepowych o 135%. O silnym zróżnicowaniu cen zbytu ziemniaka jadalnego świadczy również bardzo wysoki, wynoszący ponad 40% współczynnik zmienności podany przez Rembeżę (2005). Dlatego też poziom uzyskiwanych plonów jest czynnikiem decydującym o wartości produkcji, a tym samym o opłacalności (Skarżyńska 2010).

Wnioski / Conclusions

1. Zastosowanie fungicydów istotnie ograniczyło porażenie roślin ziemniaka przez alternariozę i zarazę ziemniaka oraz spowodowało przeciętny przyrost plonu o 20,4% w stosunku do obiektu kontrolnego. Wielkość produkcji uratowanej w wyniku stosowania zabiegów ochrony roślin wahała się od 1,6 do 14,2 t/ha. Wartość produkcji uratowanej wyniosła od 1392 do 8591 zł/ha.
2. Nadwyżka produkcji rekompensowała koszty ochrony wszystkich badanych odmian ziemniaka tylko w latach o znacznym zagrożeniu ze strony sprawców alternariozy i zarazy. Na podstawie uzyskanych wartości wskaźnika (E_2) stwierdzono wysoką opłacalność stosowania fungicydów dla takich warunków.
3. W roku o małej presji infekcyjnej patogenów, ochrona chemiczna roślin była nieopłacalna. Średnia wartość wskaźnika pokrycia kosztów (W_{pk}) była niższa od jedności.

4. Opłacalność chemicznych zabiegów ochronnych była uzależniona od wielkości uzyskanego plonu bulw. Najbardziej korzystny orientacyjny wskaźnik kosztów (E_2) równy 2,2% uzyskano w roku 2016, sprzyjającym plonowaniu ziemniaka, u odmiany Oberon plonującej najwyższej spośród porównywanych odmian, na poziomie 71,4 t/ha.

Literatura / References

- Bernat E. 2008. Skuteczność ochrony ziemniaka przed zarazą (*Phytophthora infestans*) w zależności od wczesności odmian. [The efficiency of potato protection against late blight (*Phytophthora infestans*) depending on maturity of varieties]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 48 (4): 1495–1501.
- Golinowska M. 2002. Efektywność ochrony roślin w indywidualnych gospodarstwach rolnych południowo-zachodniej Polski. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu 433, 199 ss.
- Golinowska M. 2009a. Nakłady na chemiczną ochronę roślin w gospodarstwach wielkoobszarowych na początku XXI wieku. [Chemical plant protection outlays in vast areas farming at the beginning of 21st century]. Journal of Agribusiness and Rural Development 2 (12): 53–60.
- Golinowska M. 2009b. Ekonomia ochrony roślin w teorii i praktyce. [Economics of plant protection in theory and practice]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 49 (1): 23–33.
- Golinowska M., Walczak F., Tratwal A. 2012. Opłacalność zwalczania szkodników pszenicy ozimej w Polsce w latach 2006–2009. [Cost-effectiveness of winter wheat pests control in Poland in 2006–2009]. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Rolnictwo CII, 588: 53–64.
- Harrison J.G. 1992. The effect of aerial environment on late blight of potato foliage – a review. Plant Pathology 41 (4): 384–416. DOI: 10.1111/j.1365-3059.1992.tb02435.x
- Kapsa J. 2005. Wykorzystanie odporności odmian w ochronie ziemniaka przed zarazą. Ziemniak Polski 15 (4): 20–23.
- Kapsa J. 2007. Effect of climatic conditions on infection pressure of *Phytophthora infestans* and harmfulness of the pathogen to potato crops. [Wpływ warunków klimatycznych na zmienną presję infekcyjną *Phytophthora infestans* i jej szkodliwość na plantacjach ziemniaka]. Journal of Plant Protection Research 47 (4): 357–366.
- Kapsa J. 2008. Wpływ ocieplenia klimatu na populacje wybranych patogenów w uprawach ziemniaka. s. 59–61. W: Nasiennictwo i ochrona ziemniaka. Konferencja Naukowo-Szkoleniowa, Kołobrzeg, 3–4 kwietnia 2008. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików.
- Keskse D. 2013. Overview of epidemiology and management of late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) on potato and tomato crops. International Journal of Research in Agricultural Sciences 6 (4): 79–88.
- Nowacki W. 2012. Integrowana produkcja ziemniaka na tle innych systemów uprawy. [Integrated production of potato in relation to different potato cultivation systems]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 52 (3): 740–745. DOI: 10.14199/ppp-2012-129
- Nowacki W. 2016. Rynek ziemniaków jadalnych w Polsce – stan obecny i perspektywy rozwoju. [Table potatoes market in Poland – current state and perspectives]. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu 18 (1): 196–201.
- Oowski J. 2007. Termin wystąpienia pierwszych objawów alternariozy ziemniaka w zależności od roku i województwa. [Date of the first appearance of early blight symptoms depending on year and voivodeship]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 47 (2): 216–223.
- Pasche J.S., Wharam C.M., Gudmestad N.C. 2004. Shift in sensitivity of *Alternaria solani* in response to QoI fungicides. Plant Disease 88 (2): 181–187. DOI: 10.1094/PDIS.2004.88.2.181
- Rakotonindrina 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 Disease 96 (7): 935–942. DOI: 10.1094/PDIS-09-11-0752
- Rembeza J. 2005. Efektywność ekonomiczna wybranych nakładów w produkcji ziemniaka. Wieś Jutra 2: 30–31.
- Roztropowicz S. 1999. Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie, 24 ss.
- Seremak-Bulge J. 2014. Analizy rynkowe. Rynek ziemniaka. Stan i perspektyw 41. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Seremak-Bulge J. 2015. Analizy rynkowe. Rynek ziemniaka. Stan i perspektyw 42. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Seremak-Bulge J. 2016. Analizy rynkowe. Rynek ziemniaka. Stan i perspektyw 43. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Skarżyńska A. 2010. Sezon sprzedaży ziemniaków jadalnych a opłacalność ich produkcji. [Season of selling potatoes for human consumption in the context of profitability of their production]. Journal of Agribusiness and Rural Development 2 (16): 111–123.
- 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 and leaf age in reflecting resistance to late blight in potato. Pthytopathology 93 (6): 666–674. DOI: 10.1094/PHYTO.2003.93.6.666
- Zarzecka K., Gugęła M., Baranowska A. 2015. Ekonomiczna efektywność regulacji zachwaszczenia na plantacjach ziemniaków. [Economic effectiveness of regulation weed infestation on the potatoes plantations]. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu 17 (2): 260–263.