

TERMINY POJAWIANIA SIĘ I ROZWOJU *Phytophthora infestans* [MONT.]
DE BARY W ZMIENNYCH WARUNKACH POLA UPRAWNEGO

Barbara Sawicka

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: barbara.sawicka@ar.lublin.pl

Streszczenie. W latach 1993-1998 badano wpływ odmian ziemniaka, warunków glebowych i atmosferycznych na terminy pojawiania się i rozwoju *Phytophthora infestans*. Doświadczenie polowe przeprowadzono w Parczewie metodą bloków zrandomizowanych, w trzech powtórzeniach. Do estymacji zależności między cechami zdrowotności roślin oraz bulw ziemniaka a warunkami meteorologicznymi i glebowymi pola uprawnego zastosowano model regresji wielomianowej. Współczynnik determinacji przyjętych układów równań spełnił postulowany przez wielu autorów poziom, co pozwala uważać przyjętą metodę za wiarygodną.

Słowa kluczowe: ziemniak, odmiany, zaraza, opady, temperatura, kwasowość gleby

WSTĘP

Zaraza ziemniaka wywołana przez *Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary, to najważniejsza gospodarczo i najgroźniejsza choroba ziemniaka. Jej szkodliwość polega na obniżaniu plonu i bezpośrednim porażeniu bulw. Te z kolei zakażone przez *P. infestans* gniją w czasie przechowywania i są wtórnie atakowane przez inne grzyby i bakterie, zwiększając dodatkowo straty. Wielkość tych strat w świecie określa się, na 8-10%, co jest równoważne 3 mld \$ [18]. W Polsce, gdzie ochrona przed zarazą jest prowadzona tylko na około 40% plantacji ziemniaka, średnie straty plonu wynoszą 20-25% [4-6,10,11]. Duże obszary jednolitych genetycznie odmian, jak i powstanie typów heterotalicznych sprzyjają rozwojowi epidemii zarazy ziemniaka [5,8,21-22]. Stąd też poszukuje się zależności między przebiegiem warunków atmosferycznych, odpornością odmian na tego patogena, a terminami pojawiania i tempem szerzenia się *P. infestans* na roślinach ziemniaka. Wśród czynników, które wywierają znaczny wpływ na

termin pojawiania i tempo szerzenia się tego patogena można wymienić: zmiany mikro- i ekoklimatu, lokalizację ognisk pierwotnych infekcji, środowisko glebowe, podatność odmian na *P. infestans*, czynniki agrotechniczne oraz warunki przechowywania [4,11-17,20]. Odpowiednia kwasowość gleby może zmniejszyć akumulację materii organicznej w tkankach roślin, co może sprzyjać rozwojowi patogena lub ograniczać go. Z kolei odpowiednia zawartość przyswajalnych makro- i mikrośladników w glebie może sprzyjać obniżeniu wilgotności w łanie rośliny uprawnej, a tym samym opóźnić termin pojawiania się *Phytophthora infestans* [6,11,14,20,22]. Wpływ zmian mikro- i ekoklimatu oraz cechy fizyko-chemiczne gleby na procesy zachodzące w roślinach oraz na ich cechy odpornościowe, nie jest całkowicie poznany toteż niniejsza praca może przyczynić się do wyjaśnienia tego zagadnienia.

MATERIAŁ I METODY

Analizę wyników oparto na doświadczeniu polowym, przeprowadzonym w latach 1993-1998 w Parczewie na glebie biellicowej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego, o odczynie od 4,3 do 5,6 pH, kompleksu żytniego słabego. Gleba ta odznaczała się zawartością od niskiej do wysokiej przyswajalnego fosforu, potasu – bardzo wysoką, magnezu – niską do średniej, miedzi – niską do wysokiej; cynku – wysoką, manganu – średnią do wysokiej i żelaza – niską do średniej. Warstwa orna gleby zawierała od 1,24 do 1,84% próchnicy. Eksperyment przeprowadzono metodą bloków zrandomizowanych w trzech powtórzeniach. Badano 20 odmian ziemniaka wszystkich grup wczesności. Nawożenie mineralne i organiczne było na stałym poziomie (90 kg N, 39 kg P i 112 kg K oraz 25 t·ha⁻¹ obornika). Zabiegi pielęgnacyjne wykonywano zgodnie z wymogami najnowszej agrotechniki. W okresie wegetacji prowadzono ocenę porażenia roślin przez *P. infestans* w polu od momentu pojawienia się pierwszych objawów choroby, co 10 dni w skali 9^o [9]. W czasie zbioru określono wysokość plonu i pobrano próby bulw po 10 kg z każdej kombinacji i powtórzenia w celu oznaczenia zainfekowania ich przez *P. infestans*. Wyniki oceny porażenia naci zarazą opracowano statystycznie za pomocą rachunku regresji liniowej. Porażenie to wyrażano w wartościach logarytmicznych odpowiadających stopniom skali 9^o korzystając ze wzoru: $y = \log e \frac{x}{1-x}$, gdzie x – wartości wyrażone w % lub setnych częściach jednośc. Tempo szerzenia się *P. infestans* obliczono wg Pietkiewicza [9]. Wyniki oceny zakażenia bulw opracowano za pomocą analizy wariancji, a istotność różnic – testem Tukey'a. Analizę statystyczną wykonano na wartościach transformowanych [19]. Wyniki porażenia naci oraz bulw tym patogenem poddano również analizie korelacji i regresji wielomianowej. Parametry funkcji określano metodą najmniejszych kwadratów, a weryfikację istotności

testem *t* Studenta. W opracowaniu statystycznym za zmienną zależną y_1 przyjęto porażenie naci przez *P. infestans*, za zmienną y_2 – straty masy bulw wywołane zakażeniem tym patogenem, zaś zmienne niezależne od x_1 do x_{16} przedstawiono w tabeli 1. Zamieszczone w tabelach regresje obliczono według wzoru: $y = a + b_j x_j$, gdzie y – oznacza zmienną zależną, a – wyraz wolny, b – wartość współczynnika regresji x – zmienną niezależną. Zmienność analizowanych wyników charakteryzowano za pomocą średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego (tab. 1). Przebieg pogody w okresie wegetacji poszczególnych lat badań przedstawia rysunek 1 i tabela 2.

Tabela 1. Statystyczna charakterystyka zmiennych niezależnych (Średnie lat 1993-1998)

Table 1. Statistical characteristics of independent variables (Mean values for 1993-1998)

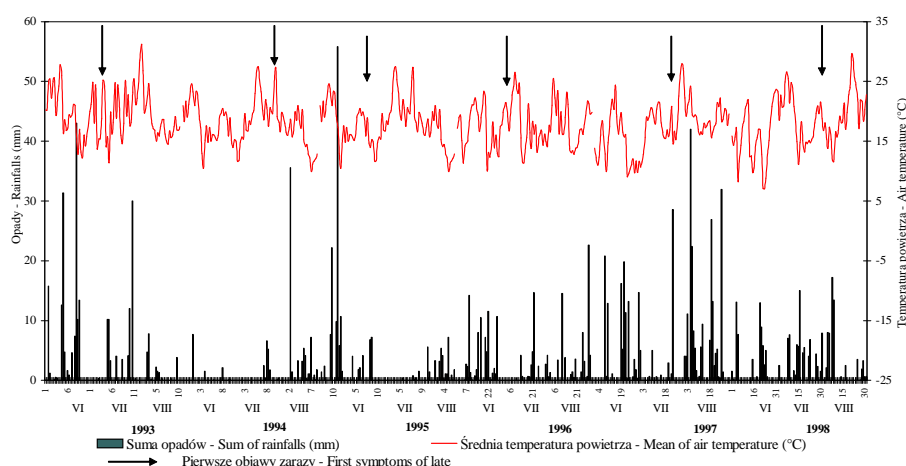
Zmienne niezależne – Independent variables															
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}
Średnie arytmetyczne – Arithmetical means															
35	5,0	15,6	25,2	2,0	1,5	72,0	7,33	699	0,08	1,5	0,9	133	18	4,3	4,1
Odchylenie standardowe – Standard deviations															
10	0,7	5,9	8,5	0,4	0,8	20,1	1,88	170	0,06	0,3	0,3	45	1	0,5	0,5

x_1 – terminy porażenia zarzą – dates of late blight necroses; x_2 – kwasowość gleby pH w KCl – soil acidity in pH in KCl; x_3 – zawartość przyswajalnego fosforu w mg·100 g⁻¹ gleby – content of available phosphorus in mg·100 g⁻¹ of soil; x_4 – zawartość przyswajalnego potasu w mg·100 g⁻¹ gleby – content of available potassium in mg·100 g⁻¹ of soil; x_5 – zawartość przyswajalnego magnezu w mg·100 g⁻¹ gleby – content of available magnesium in mg·100 g⁻¹ of soil; x_6 – zawartość przyswajalnej miedzi w mg·kg⁻¹ gleby – content of available cuprum in mg·kg⁻¹ of soil; x_7 – zawartość przyswajalnego manganu w mg·kg⁻¹ gleby – content of available manganese in mg·kg⁻¹ of soil; x_8 – zawartość przyswajalnego cynku w mg·kg⁻¹ gleby – content of available zinc in mg·kg⁻¹ of soil; x_9 – zawartość przyswajalnego żelaza w mg·kg⁻¹ gleby – content of available ferrum in mg/kg of soil; x_{10} – zawartość CaCO₃ w % – content of CaCO₃ in %; x_{11} – zawartość próchnicy w % – content of humus in %; x_{12} – współczynnik hydrotermiczny okresu VI-VIII – hydrothermal coefficient of period VI-VIII; x_{13} – suma opadów VI-VIII w mm – sum of rainfall of period VI-VIII in mm; x_{14} – temperatura powietrza okresu VI-VIII w °C – air temperature of period VI-VIII in °C; x_{15} – odporność odmian na zarzę naci w skali 9° – resistance of varieties to late blight of haulm in 9° scale; x_{16} – odporność odmian na zarzę bulw w skali 9° – resistance of varieties to late blight of potato tubers in 9° scale.

WYNIKI I DYSKUSJA

Pierwsze symptomy zarazy ziemniaka obserwowano po upływie 42-73 dni od sadzenia, w zależności od roku badań i 44-81 dni w zależności od odmiany (tab. 2). Cechy odpornościowe badanych odmian decydowały istotnie o terminie pojawienia się *P. infestans* na roślinach, porażeniu 50% powierzchni blaszek

liściowych oraz tempie szerzenia się zarazy na częściach nadziemnych roślin. Wpływ odporności związanej z odmianą na te cechy zdrowotności roślin potwierdzają badania Croxall'a i Smith'a [1], Kapsy [4-6], Pietkiewicza [9], Rudkiewicz [11], Sawickiej [11-13, 15], Sawickiej i Kapsy [17].



Rys. 1. Przebieg codziennych temperatur powietrza i opadów w okresie czerwiec-sierpień w latach 1998-2000 wg Stacji IMGW we Włodawie

Fig. 1. Daily air temperatures and rainfall in July-August in 1993-1998 in Włodawa according to IMGW

Tempo szerzenia się badanego czynnika chorobotwórczego było największe w 1997 roku, najmniejsze zaś w roku 1996 (tab. 2, rys. 2). Związane to było z rozkładem opadów i temperatur powietrza w okresie czerwiec-sierpień oraz z nasileniem zarazy na bulwach ze zbioru poprzedniego roku. Potwierdzają to badania Pietkiewicza i Rudkiewicz [10], Rudkiewicz [11] oraz Wierzejskiej-Bujakowskiej [20]. Croxall i Smith [1] stwierdzili również zależność między terminem zniszczenia naci, a liczbą bulw porażonych w następnym roku.

Do wcześniejszego zniszczenia powierzchni liści przyczyniły się również warunki glebowe i niska odporność odmian na tego patogena (tab. 3, rys. 3). Wzrost temperatury powietrza w okresie czerwiec-sierpień o 1°C , w granicach od $16,6$ do $19,4^{\circ}\text{C}$, wywarł ujemny wpływ na tempo szerzenia się *Phytophthora infestans* na roślinach ziemniaka. Opady w okresie czerwiec-sierpień, w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej, przyczyniły się do zwiększenia tempa szerzenia się zarazy o wartości zamieszczone w tabeli 3. Należy jednak liczyć się z tym, że zarówno opady jak i temperatura powietrza nie są bezpośrednią przyczyną tego zjawiska. Stwarzają one, zwłaszcza przy wysokich

opadach w okresie od czerwca do sierpnia, sprzyjające warunki rozwoju *P. infestans* jak i innych chorób grzybowych, które ograniczają asymilację roślin i uniemożliwiają uzyskanie przez rośliny ziemniaka maksymalnej masy plonu. Przy przejściu z kwaśnego na lekko kwaśny odczyn gleby obserwowano wzrost tempa rozprzestrzeniania się tego patogena. Podwyższenie zasobności gleby w przyswajalny P_2O_5 , K_2O i Cu w glebie o jednostkę przyczyniło się również do zwiększenia tego współczynnika. Do ograniczenia rozprzestrzeniania się *P. infestans* na roślinach ziemniaka przyczyniła się również odporność naci na tego patogena, jak również współczynnik hydrotermiczny w okresie czerwiec-lipiec w zakresie od 0,6 do 1,2. Wpływ cech odpornościowych na porażenie roślin *P. infestans* potwierdzają badania Kapsy [5,6], Rudkiewicz [11], Sawickiej [12-16] oraz Sawickiej i Kapsy [17].

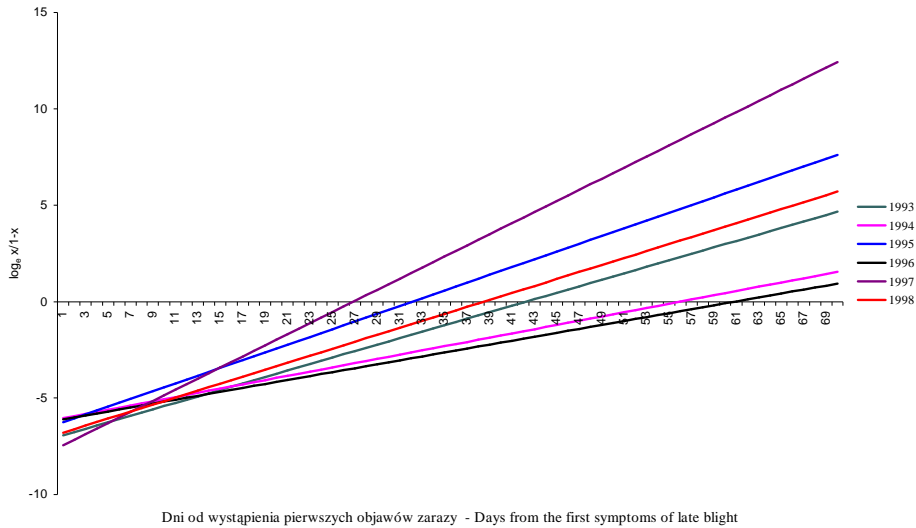
Tabela 2. Charakterystyka niektórych czynników meteorologicznych i rozwoju *Phytophthora infestans*
Table 2. Characteristics of some meteorological factors and of *Phytophthora infestans* development

Wyszczególnienie Specification		Lata – Years					
		1993	1994	1995	1996	1997	1998
Współczynniki hydrotermiczne* Hydrothermal coefficients	VI	1,6	1,9	1,9	0,7	0,9	1,4
	VII	1,5	0,2	0,2	1,4	3,7	1,2
	VIII	0,4	0,6	0,6	1,1	0,9	2,2
Daty pierwszych nekroz zarazowych Dates of first late blight necroses	A	21.06	15.06	14.06	09.06	30.06	10.07
	B	24.06	20.06	18.06	11.06	02.07	13.07
	C	01.07	28.06	24.06	20.06	09.07	18.07
	D	08.07	06.07	03.07	25.06	14.07	24.07
	E	10.07	15.07	11.07	06.07	17.07	28.07
Współczynniki tempa szerzenia się zarazy Coefficients of rate of late blight spread		0,168	0,110	0,201	0,102	0,288	0,181
Udział masy bulw porażonych <i>Phytophthora infestans</i> (%) Share of tuber mass with <i>Phytophthora infestans</i> (%)		5,6	4,6	7,6	2,1	9,8	5,4

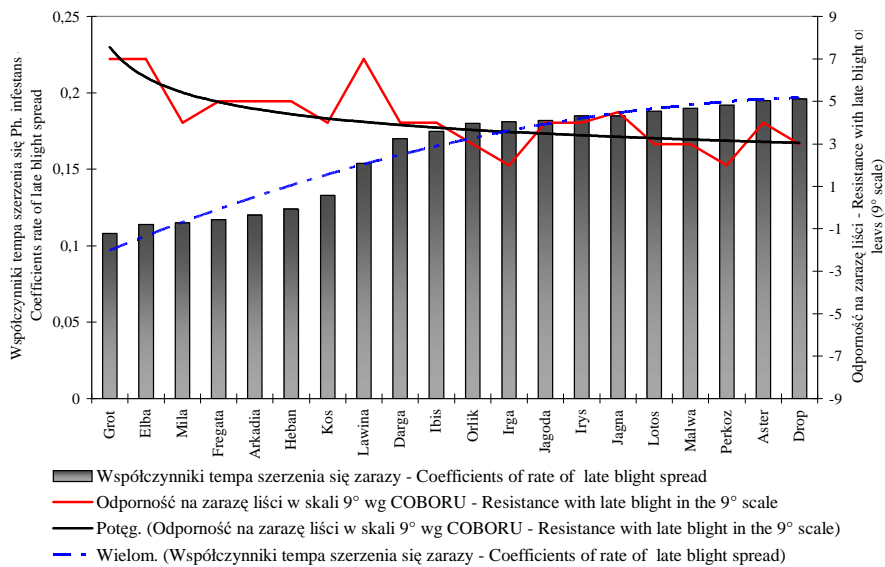
A – odmiany bardzo wczesne – very early cultivars; B – odmiany wczesne – early cultivars; C – odmiany średnio wczesne – medium early cultivars; D – odmiany średnio późne – medium late cultivars, E – odmiany późne – late cultivars,

x = suma opadów x 10/suma średnich dobowych temperatur powietrza = precipitation sum x 10/sum of mean daily air temperatures,

** 9 brak porażenia – no infection, 1 – 100 % porażonej powierzchni – whole surface infected.



Rys. 2. Tempo szerzenia się *Phytophthora infestans* w latach 1993-1998
Fig. 2. Potato late blight spread in 1993-1998



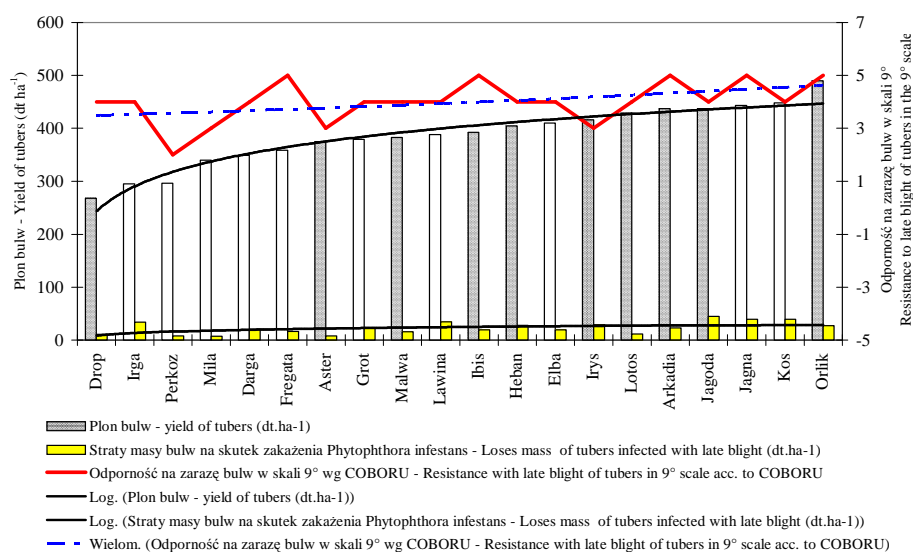
Rys. 3. Wpływ odporności odmiany na tempo szerzenia się zarazy na roślinach ziemniaka
Fig. 3. Influence of cultivars resistance to the rate of late blight spread on potato plants

Tabela 3. Wartości współczynników regresji tempa szerzenia się *Phytophthora infestans* (y_1) oraz masy bulw zainfekowanych *Phytophthora infestans* (y_2) przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ **Table 3.** Values of regression coefficients of late blight spread (y_1) and tubers mass infected with late blight (y_2) at the significance level of $\alpha = 0.05$

Składniki regresji Terms of regression equation	Jednostka Unit	Wartości współczynników regresji Value of regression coefficient	
		(y_1)	(y_2)
Stała regresji – Constant regression		1,224	10,219
Terminy porażenia zarazą – Dates of late blight necroses (x_1)		0,159	
Kwasowość gleby – Soil acidity (x_2)	pH gleby w KCL soil acidity in KCL	0,515	-46,35
Zawartość przyswajalnego fosforu – Content of available phosphorus (x_3)	mg·100 g ⁻¹ gleby mg·100 g ⁻¹ of soil	0,047	-3,50
Zawartość przyswajalnego potasu – Content of available potassium (x_4)	mg·100 g ⁻¹ gleby mg·100 g ⁻¹ of soil	0,041	-3,31
Zawartość przyswajalnej miedzi – Content of available cuprum (x_6)	mg·kg ⁻¹ gleby mg·kg ⁻¹ of soil	0,141	
Zawartość CaCO ₃ w % – Content of CaCO ₃ (x_{10})	%		-23,71
Zawartość próchnicy w % – Content of humus in % (x_{11})	%		75,76
Współczynnik hydrotermiczny okresu VI-VIII – Hydrothermal coefficient of period VI-VIII (x_{12})		-1,014	1,19
Suma opadów VI-VIII w mm – Sum of rainfall of period VI-VIII in mm (x_{13})	mm	0,008	143,32
Temperatura powietrza okresu VI-VIII – Air temperature of period VI-VIII (x_{14})	°C	-0,282	-31,92
Odporność odmian na zarazę naci - Resistance of varieties to late blight of potato haulm (x_{15})	w skali 9° in the 9° scale	-0,069	10,87
Odporność odmian na zarazę bulw – Resistance of varieties to late blight of potato tubers (x_{16})	w skali 9° in the 9° scale		28,95
Współczynnik determinacji – Determination coefficient (%)		83,8	67,7

Udział bulw z objawami zarazy wynosił przeciętnie 5,9%, co oznacza straty masy plonu około 2,3 t·ha⁻¹. Zainfekowanie bulw zależało w głównej mierze od roku badań (rys. 4). Najwięcej takich bulw obserwowano w 1997 roku, o najwyższej sumie opadów i najwyższym współczynniku hydrotermicznym w lipcu, zaś najmniej – w 1996, o najniższym współczynniku hydrotermicznym w czerwcu (tab. 2). Jednak nawet niski udział masy bulw zakażonych w plonie mógł mieć istotny wpływ na jego wysokość. Rudkiewicz [11] wykazała, iż obniżki plonu spowodowane zainfekowaniem bulw *P. infestans* kształtują się na poziomie 10-73%,

a spadek plonu zależy od terminu zniszczenia naci przez czynnik chrobotwórczy. Badania Croxall'a i Smith'a [1], Pietkiewicza [9], Rudkiewicz [11] i Sawickiej [16] wykazały ponadto zależność między terminem zniszczenia naci, a masą bulw porażonych w następnym roku. Z analizy regresji wynika, iż poprawa kwasowości gleby z kwaśnego na lekko kwaśny, a także wzrost zawartości w niej CaCO_3 , przy jednoczesnym zwiększeniu zasobności gleby w przyswajalny potas i fosfor oraz wzrost temperatury powietrza okresu czerwiec-sierpień, w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej oraz odporność naci i bulw na *P. infestans* mogą ograniczać straty masy bulw na skutek zakażenia ich tym patogenem. Z kolei wzrost opadów w okresie czerwiec-sierpień, zwiększenie współczynnika hydrotermicznego Selaninova oraz wzrost zawartości próchnicy w glebie, w zakresie od odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej, mogą przyczynić się do wzrostu zainfekowania bulw przez omawianego patogena (tab. 3). Współczynnik determinacji układów równań zamieszczonych w tabeli 3 spełnił postulowany przez Kranza i Royale [7] poziom 60%, co pozwala uważać przyjętą metodę za wiarygodną. Rudkiewicz [11] natomiast wykazała wysoką, istotną korelację pomiędzy porażeniem bulw zarazą a współczynnikami hydrotermicznymi sierpnia, opadami września i liczbą dni od początku epidemii do całkowitego zniszczenia naci.



Rys. 4. Wpływ cech odmianowych na plon bulw oraz straty masy na skutek zakażenia bulw *Phytophthora infestans*

Fig. 4. Influence of cultivars characteristics on the potato yield of tubers and losses of tuber mass infected with late blight

O porażeniu bulw *Phytophthora infestans* w dużym stopniu decydowała odporność odmian na patogena (tab. 3, rys. 4). Posługując się metodą wyznaczania górnej i dolnej granicy wartości cechy dla grup odmian istotnie różniących się między sobą podzielono przebadane odmiany na 3 grupy: odmiany o najniższym udziale bulw z objawami zarazy ziemniaka, u których porażenie wynosi poniżej 4%; odmiany o średnim udziale bulw z objawami chorobowymi, u których porażenie wynosi od 4,1-8%; odmiany o wysokim udziale bulw porażonych tym patogenem, u których zainfekowanie wynosi >8%. Najwyższą odporność na zarazę bulw wykazały odmiany: Aster, Mila, Perkoz, Lotos i Malwa; najniższą zaś – Lawina, Jagna, Kos, Jagoda, Irga (rys. 4). Można przypuszczać, że specyficzne substancje obronne (fitoaleksyny), które w bulwach są aktywatorami reakcji obronnych na czynniki patogene, mogą uruchomić w roślinach spustowy mechanizm odporności na porażenie roślin przez *Phytophthora infestans*. Grzesiuk i Koczowska [3] podają, że związki tego typu mogą spełniać funkcje efektorów ekspresji genomu odporności roślinnej, a także aktywować enzymy, przenosić bodźce fizjologiczne z receptorów membranowych do genomu itp., toteż spełniają w patogenezie i odporności roślin funkcję pierwszych informatorów w nawiązaniu kontaktu pasożytniczego. Roślina w ten ukierunkowany sposób stara się o zachowanie gatunku [3,18].

WNIOSKI

1. Zainfekowaniu roślin *Phytophthora infestans* sprzyjało: niskie pH gleby, wysoka zawartość w niej przyswajalnych form fosforu, potasu i miedzi, zwiększenie opadów w okresie czerwiec-sierpień, zaś ograniczeniu rozprzestrzeniania się tego patogena – odporność naci na *Phytophthora infestans*, podwyższona temperatura powietrza w okresie czerwiec-sierpień oraz niski współczynnik hydrotermiczny w tym okresie.

2. Poprawa kwasowości oraz zasobności gleby w potas, fosfor i wapń, a także wzrost temperatury powietrza okresu czerwiec-sierpień może przyczynić się do ograniczenia strat masy bulw z objawami zarazy. Wzrost zawartości próchnicy w glebie oraz sumy opadów i współczynnika hydrotermicznego Selaninova okresu czerwiec-sierpień, może spowodować wzrost zainfekowania bulw przez tego patogena.

3. Tempo szerzenia się *P. infestans* na częściach nadziemnych oraz udział bulw zainfekowanych tym patogenem, różnicowały cechy odpornościowe badanych odmian. W grupie odmian o najwolniejszym tempie szerzenia się tej choroby znalazły się: Grot, Elba, Mila, Fregata, Arkadia, Heban, Kos i Lawina. Do grupy odmian najbardziej odpornych na zarazę bulw zaliczały się odmiany: Aster, Mila, Perkoz, Lotos i Malwa; do średnio odpornych: Drop, Fregata, Elba, Ibis, Arkadia, Orlik, Darga, Grot, Heban, Irys; do podatnych – Lawina, Jagna, Kos, Jagoda, Irga.

PIŚMIENNICTWO

1. **Croxall M.E., Smith L.P.:** The epidemiology of potato blight in the East Midlands. *Ann. Biol.*, 82, 451-466, 1976.
2. **Ducattillon C.:** Late blight warning in Hainaut: advising and application of potato varieties sensitivity. Proceedings of the Workshop on the European network for development of an integrated control strategy for potato late blight. Oostende, Belgium, 29.09-02.10, 156-158, 1999.
3. **Grzesiuk S., Koczowska I.:** Fizjologiczne podstawy odporności roślin na choroby. AR-T, Olsztyn, 1991.
4. **Kapsa J.:** Incidence of late blight (*Phytophthora infestans*) at potato crops and its control in Poland in 1995-1999. Proceedings of the Workshop on the European network for development of an integrated control strategy for potato late blight. Kristiansand, Sweden, 3-6.10, 119-126, 2000.
5. **Kapsa J.:** Late blight (*Phytophthora infestans* [Mont.] De Bary) on potato stems. *Monogr. & Rozpr. Nauk. IHAR*, 11, 1-108, 2001a.
6. **Kapsa J.:** Wykorzystanie postępu biologicznego w ochronie plantacji ziemniaka przed zarazą. *Mat. Konf. Nauk. „Ochrona roślin”*. Bonin, 19-20.04, 23-28, 2001b.
7. **Kranz J., Royale D. L.:** Perspectives in mathematical modelling of plant disease epidemics. *Plant disease epidemiology*. Ed. Scott P.R. Bainbridge A. Blackwell-Scien. Public., 1978.
8. **Nelson R.:** Zaraza ziemniaczana znowu powraca. *Świat Nauki*, 9, 16-17, 1998.
9. **Pietkiewicz J.:** Metodyka oceny porażenia części nadziemnych ziemniaka przez zarazę (*Phytophthora infestans*). *Biul. Inst. Ziemn.*, 32, 51-62, 1985.
10. **Pietkiewicz J., Rudkiewicz F.:** Efekty ochrony ziemniaka przed zarazą (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) w zależności od miejscowości i reakcji odmian. *Ziemniak*, 207-223, 1979.
11. **Rudkiewicz F.:** Terminy pojawu i epidemicznego rozwoju zarazy ziemniaka (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) w warunkach środkowej Polski. *Biul. Inst. Ziemn.*, 25, 153-168, 1980.
12. **Sawicka B.:** Zmienność pojawu i szerzenia się zarazy ziemniaka (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) w warunkach ochrony plantacji i nawożenia azotem. *Biul. Inst. Ziemn.*, 43, 113-122, 1993.
13. **Sawicka B.:** Die Bedrohung der Kartoffelpflanze *Phytophthora infestans* in frühen Änderungen unter Geschützen. 14^{ter} EAPR Zusammenfassungen, Sorrento, Italy, 02-07.05, 726-727, 1999.
14. **Sawicka B.:** Dates of potato late blight appearance and spread (*Phytophthora infestans* [Mont.] De Bary) in changing of atmospheric and soloic conditions. *Conf. EAPR, Hamburg*, 14-19.07, 103-104, 2002.
15. **Sawicka B.:** Wpływ dolistnego stosowania stymulatorów wzrostu na tempo szerzenia się *Phytophthora infestans* na roślinach ziemniaka. *Acta Agrophysica*, 85, 157-168, 2003.
16. **Sawicka B.:** Wpływ ochrony przeciwko zarazie ziemniaka na trwałość przechowalniczą bulw czterech skrobiowych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR*, 232, 207-218, 2004.
17. **Sawicka B., Kapsa J.:** Effect of varietal resistance and chemical protection on the potato late blight (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary). *Proceedings of Conf. Papers. EAPR, Poznań*, 10-15.07, 79-80, 2001.
18. **Schlenzig A., Habermayer J., Zinkernagel V.:** Serological detection of latent infection with *Phytophthora infestans* in potato stems. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pfl.*, 105 (1), 22-33, 1999.
19. **Van der Plank J.E.:** *Plant disease: Epidemics and control*. Academic Press, Neu York, 349, 1963.
20. **Wierzejska-Bujakowska A.:** Wpływ ochrony plantacji przed zarazą na efektywność azotu. *Mat. Konf. Nauk. nt.: Agrotechnika i wybrane zagadnienia z przechowalnictwa.*, Bonin, 19-22, 1987.

21. **Zarzycka H.:** Zagrożenie upraw ziemniaka przez zarazę ziemniaka w świetle zmian zachodzących w polskiej populacji *Phytophthora infestans*. Post. w Ochr. Rośl., 31 (1), 171-177, 1999.
22. **Zarzycka H., Sobkowiak S.:** Formation and survival of *Phytophthora infestans* oospores and their role as a primary infection source of the pathogen. Plant Breed. Seed Sci., 41 (2), 27-38, 1996.

**DATES OF POTATO LATE BLIGHT APPEARANCE AND SPREAD
Phytophthora infestans [MONT.] DE BARY IN CHANGING CONDITIONS
OF ARABLE FIELD**

Barbara Sawicka

Department of Plant Production, University of Agriculture
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: barbara.sawicka@ar.lublin.pl

Abstract. Influence of potato cultivars and soil and atmospheric conditions on the date of occurrence and the spreading rate of *Phytophthora infestans* was evaluated in 1993-1998. The experiment was performed in Parczew by means of randomized blocks in three replications. Model of multi-factor regression analysis accepted for estimation of dependencies between some traits of potato and chosen meteorological and soil elements of cultivated field appeared to be the most useful for estimation of late blight spread of potato tubers. It fulfilled the determination level required by many authors, which allows the method to be considered reliable.

Key words: potato, cultivars, potato blight, cultivars, rainfall, temperature, soil acidity