

SYLWESTER SOBKOWIAK
HANNA ZARZYCKA
RENATA LEBECKA
EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA

Zakład Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Młochowie

Reakcja wzorców w testach odporności ziemniaka na *Phytophthora infestans*

Reaction of potato standards to *Phytophthora infestans* in resistance tests

W latach 2000–2004 oceniano reakcje odpornościowe odmian i rodów ziemniaka stanowiących wzorce do badania odporności materiałów hodowlanych na *Phytophthora infestans* — sprawcy zarazy ziemniaka. Stosowano wzorce używane od wielu lat oraz takie, które włączono do badań w 2004 roku. Odporność niektórych starszych wzorców uległa przełamaniu przez nowe rasy patogena. Wzorce takie powinny być zastąpione przez odmiany lub rody ziemniaka, reagujące stabilnie pod względem ekspresji odporności. W prezentowanej pracy oceniano stabilność ekspresji odporności wzorców na *P. infestans* w testach listkowych, plastrowych i bulwowych. Najbardziej stabilne w testach listkowych okazały się wrażliwa odmiana Irys, odporna odmiana Wawrzyn i ród DG 94-15. W testach plastrowych najbardziej stabilne były odmiany Irys i Bzura, a ród DG 94-15 jako wzorec odporny okazał się średnio stabilny. W teście bulwowym największą stabilnością odznaczały się odmiany Sokół i Meduza, które reagowały jak odmiany średnio odporne. Odmiana Irys będąca wzorcem wrażliwości, w teście bulwowym reagowała bardzo stabilnie, ale na pograniczu odmian podatnych i średnio odpornych. Wysoką wartość współczynników korelacji obserwowano w testach listkowych i plastrowych między poszczególnymi latami oraz w testach plastrowych między poszczególnymi terminami testów. Wysoka stabilność porażenia wzorców w testach listkowych i plastrowych wskazuje na przydatność tych metod do oceny odporności ziemniaka na *P. infestans*. Zmienna reakcja wzorców w teście bulwowym wskazuje na konieczność analizy stabilności wzorców bądź dopracowanie metody oceny odporności bulw w tym teście. Z odmian stanowiących grupę standardów zalecanych przez projekt Eucablight, które oceniano w testach listkowych przez jeden rok, najmniejszą zmiennością charakteryzowały się odmiana Bintje jako wzorec podatności i odmiany Escort i Robijn jako wzorce średnio odporne.

Słowa kluczowe: wzorce odporności, zaraza ziemniaka

Resistance reaction to *Phytophthora infestans* of potato standards used for a long time and of those introduced lately were examined in laboratory tests in 2000–2004. The resistance of some older standards has been broken down by the new *P. infestans* races. These standards ought to be replaced by the new ones, showing stability in the expression of resistance. The level and stability of resistance expression was evaluated in tests performed on leaflets, tuber slices and in whole tubers. High values of correlation coefficients were observed among years for leaflet tests, and among dates for tuber slices tests. These results indicate that the both choice of tests and their realization were correct. Highly stable

reaction of standards in both leaflet and tuber slices tests confirmed the proper use of methods applied to assess the resistance and a suitable choice of the standard. However, the whole tuber test was found to be less stable and it ought to be improved. In leaflet tests, the most stable expression of resistance was observed in a susceptible standard cv. Irys, resistant cv. Wawrzyn and clone DG 94-15. The resistance reaction in tuber slice tests was most stable in the susceptible standard cv. Irys and moderately resistant cv. Bzura, whereas it was medium stable in the resistant standard clone DG 94-15. In the whole tuber tests, the expressions of resistance was most stable in the standard cv. Irys, moderately resistant cvs Sokół and Meduza, and it was medium stable in the clone DG 94-15.

Key words: late blight, resistance standards

WSTĘP

Dobór właściwej metody oceny odporności ziemniaka stanowi ważny element w pracach hodowlanych nad uzyskaniem ziemniaka odpornego na *Phytophthora infestans*. Wybrana metoda powinna spełniać szereg warunków: przede wszystkim powinna dawać powtarzalne wyniki, a ponadto powinna być tania, łatwa w zastosowaniu, a jednocześnie zapewniać szybkie przetestowanie dużych ilości materiału hodowlanego (Zarzycka i Sujkowski, 1988; Zarzycka, 2001 a). Do oceny odporności ziemniaka na *P. infestans* w IHAR O/ Młochów, obok oceny polowej stosowane są trzy metody laboratoryjne: test listkowy stanowiący wstęp do oceny odporności nadziemnych części ziemniaka na *P. infestans* oraz testy z zakażaniem całych bulw i test na plastrach wyciętych z bulw (Zarzycka, 2001 a i b). Wyniki oceny rodów i badanych odmian w danym roku i w latach badań porównuje się z wynikami otrzymanymi dla wzorców — odmian lub rodów ziemniaka o znanym poziomie odporności w stosunku do tego patogena (Colon i in., 1995; Siczka, 2001).

Wzorce są wielokrotnie oceniane w prowadzonym teście, gdyż są umieszczane w każdym pojemniku, obok badanego materiału hodowlanego, co pozwala na kontrolę skuteczności prowadzonych zakażeń (Siczka i in., 1979).

Wzorce odporności powinny być wymieniane, jeśli ich odporność zostanie przełamana przez nowe rasy patogena (Zarzycka i Sobkowiak, 1997) lub, gdy zostaną wykreślone z rejestru odmian i uzyskanie zdrowego materiału sadzeniakowego jest utrudnione.

Celem badań przedstawionych w omawianej pracy była ocena reakcji odpornościowej wzorców na *P. infestans* stosowanych w standardowych testach badania odporności materiałów hodowlanych ziemniaka, przeprowadzonych w Oddziale Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Młochowie w latach 2000–2004.

MATERIAŁ I METODY

Odporność na *Phytophthora infestans* części nadziemnej ziemniaka oceniano w teście listkowym, a bulw — w teście plastrowym i bulwowym.

MATERIAŁ

Test listkowy

W testach oceny odporności listków ziemniaka na *P. infestans* przeprowadzonych w latach 2001–2004 jako wzorce zastosowano odmiany o zróżnicowanym poziomie odporności na *P. infestans*: Irys (3), Sokół (4), Meduza (8), Bzura (8) i Wawrzyn (8) orazrody IHAR Młochów: DG 94–15 (8) i DG 94–668 (4). W nawiasach podano ocenę (skala 1–9, gdzie 9 = najodporniejszy) odporności naci na *P. infestans* wg COBORU, a w przypadku rodów wg oceny własnej. W roku 2004 wycofano odmiany Irys i Sokół, a wprowadzono do badań grupę standardów zalecanych przez projekt „Eucablight”, charakteryzujących się zróżnicowaną odpornością naci na zarazę ziemniaka: Eersteling (2), Bintje (3), Gloria (5), Alpha (5), Escort (7), Robijn (8).

Testy listkowe w 2001 roku przeprowadzono w dwóch terminach i odporność każdego wzorca na *P. infestans* oceniano na 50 listkach w każdym teście, w 2002 testy przeprowadzono w sześciu terminach i w zależności od terminu testu poszczególne wzorce oceniano na 6–60 listkach, w 2003 testy przeprowadzono w dziewięciu terminach i wzorce oceniano na 18–39 listkach, w 2004 testy wykonano w pięciu terminach i wzorce oceniano na 21–45 listkach. Liczba testowanych listków w danym terminie zależała od ilości testowanych rodów hodowlanych, co determinowało liczbę pojemników, w których umieszczano wzorce.

Test oceny odporności plastrów wyciętych z bulw i całych bulw

W testach oceny odporności na *P. infestans* plastrów wyciętych z bulw i całych bulw przeprowadzonych w latach 2000–2003 jako wzorce użyto odmian: Irys (3), Sokół (6), Meduza (5) i Bzura (4) oraz rodów: DG 94–15 (8) i DG 94–668 (5).

Testy na plastrach wyciętych z bulw w 2000 roku przeprowadzono w pięciu terminach i w zależności od terminu testu, odporność każdego wzorca na *P. infestans* oceniono na 42–114 plastrach, w 2001 testy wykonano w jedenastu terminach i wzorce badano na 6–72 plastrach, w 2002 testy przeprowadzono w pięciu terminach i wzorce oceniano na 18–72 plastrach, w 2003 testy wykonano w pięciu terminach i wzorce oceniano na 24–78 plastrach.

Testy na całych bulwach w 2000 roku przeprowadzono w dwóch terminach i w zależności od terminu testu, odporność każdego wzorca na *P. infestans* badano na 90 lub 114 bulwach, w 2001 testy wykonano w pięciu terminach i wzorce oceniono na 3–66 bulwach, w 2002 testy przeprowadzono w pięciu terminach i wzorce oceniano na 6–54 bulwach, w 2003 testy przeprowadzono w pięciu terminach i wzorce oceniano na 6–78 bulwach.

Liczba testowanych plastrów i bulw w danym terminie, podobnie jak przy testach listkowych, zależała od ilości testowanych rodów hodowlanych, co determinowało liczbę pojemników z badanymi wzorcami.

METODY

Test listkowy

Ocenę odporności listków ziemniaka na *P. infestans* przeprowadzano w czerwcu i lipcu. W pojemnikach plastikowych zawierających listki ocenianego materiału hodowlanego, umieszczano po trzy listki każdego wzorca. Testy przeprowadzono według metody opisanej przez Zarzycką (2001 a).

Ocena porażenia listków była przeprowadzana po siedmiu dniach od inokulacji, według skali 9-stopniowej, gdzie 9 = nieporażony.

Test oceny odporności plastrów wyciętych z bulw i całych bulw

Większość testów plastrowych wykonano w listopadzie, niektóre były przeprowadzone we wrześniu, październiku, grudniu lub styczniu. Testy oceny odporności całych bulw przeprowadzono w październiku i listopadzie, a niektóre we wrześniu i grudniu. Zastosowano metody opisane przez Zarzycką (2001 b).

Ocena porażenia plastrów była przeprowadzana po 5–8 dniach od inokulacji, w zależności od reakcji wzorców na *P. infestans* według skali 9-cio stopniowej, gdzie 9 = nieporażony.

Ocenę porażenia bulw przeprowadzano na bulwach po ich podłużnym przekrojeniu po 14 dniach od inokulacji według skali 9-stopniowej, gdzie 9 = nieporażony.

Przygotowanie inokulum i zakażanie

Do inokulacji listków, plastrów i bulw ziemniaka używano izolatów *P. infestans* charakteryzujących się wysokim poziomem agresywności (1–2 według skali 9-stopniowej, gdzie 1 oznacza największą agresywność) i szerokim zakresem wirulencji (9–10 czynników wirulencji). Przed zakażaniem ziemniaka izolaty były wielokrotnie pasażowane na tkankach ziemniaka podatnych odmian Bintje lub Tarpan, gdyż po pierwszej izolacji przechowywano je na żytniej pożywce pod olejem parafinowym w temperaturze 7°C, wskutek czego mogło dojść do obniżenia ich infekcyjności (Zarzycka, 1996). Izolaty pasażowanie przed zakażaniem odznaczały się dobrą żywotnością oraz wysoką i stabilną patogennością.

W testach listkowych, plastrowych i bulwowych inokulum sporządzono ze sporangiów, doprowadzając ich koncentrację w wodzie dejonizowanej do poziomu 5×10^4 w 1 ml.

Metody statystyczne

Istotność różnic między poszczególnymi wzorcami we wszystkich testach wykazano na podstawie analizy wariancji stosując test Tukeya.

Prawidłowość oceny w poszczególnych terminach testów w danym roku oraz ogólnie między latami analizowano za pomocą współczynnika korelacji r , stosując liniowy model $y = a + b \cdot x$ (Pietkiewicz, 1976), a uzyskane wyniki oceny zamieszczono w tabelach 1–5. Do obliczeń współczynnika korelacji między latami badań wzięto tylko te odmiany lub rody, które badano we wszystkich latach.

Prawidłowość reakcji danego wzorca oceniono za pomocą odchylenia standardowego SD na podstawie wyników z wszystkich terminów testów. Mniejsza wartość odchylenia standardowego oznacza, że wyniki z porażenia danego wzorca znajdują się bliżej wartości średniej i określają większą stabilność danego wzorca.

Dla ułatwienia porównania reakcji odpornościowej wzorców przyjęto podział na trzy klasy, zależnie od intensywności porażenia według skali 9- stopniowej (Zarzycka, 1993). Za odporne uznano genotypy porażone w stopniu 7,1–9,0 za średnio odporne — porażone w stopniu 4,1–7,0, a za podatne — porażone w stopniu 1,0–4,0 (Zarzycka, 2001 a).

WYNIKI

Ekspresja odporności wzorców w testach listkowych

Odmiana Irys stosowana jako wzorzec podatności w latach 2001–2003 w 16 testach porażała się w granicach od 1,0 do 3,9 (tab. 1). We wszystkich testach odmiana ta porażała się istotnie silniej od stabilnie reagujących wzorców odpornych odmiany Wawrzyn i rodu DG 94-15. Jej porażenie w dwóch testach nie różniło się istotnie od porażenia zmienne reagującej odmiany Bzura, a w jednym teście nie różniło się od porażenia odmiany Sokół. Odmiana Irys w jednym teście porażała się słabiej, w stopniu 5,1, ale była istotnie silniej zainfekowana od pozostałych wzorców badanych. Jako wzorzec podatności odmiana Irys reagowała dość stabilnie, gdyż jej odchylenie standardowe (SD) w testach nie przekraczało wartości 1,0 stopnia. Odmiana reagowała zgodnie z oczekiwaniem jako wzorzec podatności.

Tabela 1

Porażenie odmian i rodów ziemniaka stanowiących wzorce w testach oceny odporności listków na *Phytophthora infestans* w latach 2001–2004 (w stopniach porażenia w skali 9-stopniowej, gdzie 1 = całkowite porażenie)

Infection with *Phytophthora infestans* in susceptible and resistant standards in potato leaflet tests in 2001–2004 (according to 1–9 scale, where 1 = totally infected)

Nazwa Name	Numer testu No. of test													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	
	2001		2002						2003					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Irys	3,2 <i>d</i> ¹	3,5 <i>e</i>	3,0 <i>c</i>	3,2 <i>c</i>	1,9 <i>d</i>	3,4 <i>e</i>	1,0 <i>d</i>	1,4 <i>d</i>	5,1 <i>d</i>	3,7 <i>b</i>	2,3 <i>d</i>	3,5 <i>c</i>	3,0 <i>d</i>	
Sokół	4,8 <i>c</i>	5,1 <i>d</i>	4,5 <i>b</i>	4,9 <i>b</i>	3,2 <i>bc</i>	5,1 <i>c</i>	2,5 <i>c</i>	2,6 <i>c</i>	6,2 <i>c</i>	4,2 <i>b</i>	3,1 <i>c</i>	3,0 <i>c</i>	4,7 <i>c</i>	
Bzura	4,3 <i>c</i>	5,9 <i>c</i>	3,7 <i>c</i>	2,9 <i>c</i>	2,5 <i>cd</i>	4,1 <i>de</i>	1,5 <i>d</i>	1,6 <i>d</i>	—	—	—	—	—	
Meduza	6,9 <i>b</i>	7,9 <i>b</i>	8,2 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	5,8 <i>b</i>	7,4 <i>b</i>	4,0 <i>b</i>	4,8 <i>b</i>	8,3 <i>ab</i>	8,3 <i>a</i>	6,1 <i>b</i>	8,7 <i>a</i>	8,0 <i>ab</i>	
DG 94— 15	7,7 <i>a</i>	8,9 <i>a</i>	8,7 <i>a</i>	8,6 <i>a</i>	7,5 <i>a</i>	8,2 <i>a</i>	7,8 <i>a</i>	8,4 <i>a</i>	7,8 <i>b</i>	8,8 <i>a</i>	7,3 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	7,4 <i>b</i>	
DG 94— 668	4,3 <i>c</i>	5,0 <i>d</i>	3,0 <i>c</i>	3,4 <i>c</i>	3,5 <i>b</i>	4,8 <i>cd</i>	2,8 <i>e</i>	2,6 <i>c</i>	—	—	—	—	—	
Wawrzyn	—	—	—	—	—	—	—	—	9,0 <i>a</i>	8,8 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	7,8 <i>b</i>	8,1 <i>a</i>	
Z.W.	r = 0,97**					r = 0,86* – 0,95**								

c.d. Tabela 1

Nazwa Name	Numer testu No. of test										\bar{x}	SD ²	Zakres Range
	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII				
	2003				2004								
1	15	16	17	18	19	20	21	22	23		24	25	26
Irys	1,9 <i>d</i>	3,9 <i>d</i>	2,7 <i>c</i>	3,4 <i>b</i>	—	—	—	—	—	—	2,9	1,00	1,0–5,1
Sokół	3,4 <i>c</i>	4,9 <i>c</i>	3,2 <i>c</i>	3,7 <i>b</i>	—	—	—	—	—	—	4,1	1,06	2,5–6,2
Bzura	—	—	—	—	—	4,2 <i>c</i>	—	—	—	—	3,4	1,42	1,5–5,9
Meduza	7,3 <i>b</i>	8,6 <i>ab</i>	7,7 <i>b</i>	7,9 <i>a</i>	8,2	7,3 <i>b</i>	8,0 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	8,1 <i>a</i>	—	7,4	1,22	4,0–8,7
DG 94–15	8,1 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	7,8 <i>b</i>	8,2 <i>a</i>	—	8,7 <i>a</i>	8,7 <i>a</i>	8,3 <i>a</i>	8,4 <i>a</i>	—	8,3	0,54	7,3–9,0
DG 94–668	—	—	—	—	—	3,2 <i>d</i>	—	—	—	—	3,6	0,87	2,6–5,0
Wawrzyn	8,4 <i>a</i>	8,1 <i>b</i>	9,0 <i>a</i>	8,2 <i>a</i>	—	—	—	—	—	—	8,4	0,45	7,8–9,0
Z.W.	r = 0,86 ^{ns} — 0,99**						—				ogółem — total ³ r = 0,76 ^{ns} — 0,99**		

Z.W. — Zakres współczynników korelacji; Range of correlation coefficients

** , * — Istotność korelacji odpowiednio przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$; Significant correlation at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

¹ Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie istotnie ($\alpha = 0,05$) wg testu Tukeya

The values in columns signed with the same letters do not differ significantly ($\alpha = 0.05$) according to the Tukey's test

² Odchylenie standardowe; Standard deviation

Odmiana Sokół w ośmiu testach reagowała jako odmiana podatna, a w czterech testach poraziła się na tym samym poziomie istotności jak wrażliwa odmiana Irys. W pozostałych dziewięciu zachowywała się jak odmiana średnio odporna i była porażona w granicach od 4,2 do 6,2 stopnia. Jako wzorzec wykazywała znaczną zmienność w ekspresji odporności, a jej odchylenie porażenia od wartości średniej (SD) wynosił 1,06 stopnia.

Odmiana Bzura wykazywała dużą zmienność w ekspresji odporności: w czterech testach na dziewięć zachowywała się jak odmiana średnio odporna (porażenie od 4,1 do 5,9 stopnia), a w pozostałych zachowywała się jak podatna (porażenie od 1,5 do 3,7 stopnia). W sześciu testach poraziła się na tym samym poziomie istotności jak wrażliwa odmiana Irys. Odporność odmiany Bzura w testach było bardzo niestabilne (SD = 1,42). W testach listkowych jej wysoka odporność polowa na *P. infestans* została przełamana.

Odmiana Meduza w 17 testach na 22 zachowywała się jak odmiana odporna, a w czterech — jak średnio odporna. W jednym teście nie różniła się istotnie wrażliwością od średnio odpornej odmiany Sokół, a w dwunastu testach nie różniła się od stabilnie reagującego odpornego rodzaju DG 94-15. W jednym teście nie różniła się istotnie od dość stabilnie reagującego rodzaju DG 94-668. Odmiana Meduza w testach listkowych wykazywała dość dużą zmienność jako wzorzec odporny (SD = 1,22).

Odmiana Wawrzyn jako odmiana bardzo odporna, oceniana przez jeden sezon, reagowała bardzo stabilnie (SD = 0,45) (porażenie 7,8–9,0) (tab. 1).

Ród DG 94-15 jako wzorzec o wysokiej odporności listków reagował bardzo stabilnie (SD = 0,54). Zakres jego reakcji odpornościowej mieścił się w granicach od 7,3 do 9,0). Jego oporność w trzech testach była wysoka (7,4–7,8), ale jednak istotnie niższa od odpornej odmiany Wawrzyn. W dwóch innych testach odporność tego rodu wynosiła 9,0 i była istotnie wyższa od odporności odmiany Wawrzyn.

Ród DG 94-668 w sześciu na dziewięć testów reagował jak podatny (porażenie od 2,6 do 3,5). W pozostałych testach wzorzec ten reagował jak średnio odporny (porażenie 4,3–5,0). Można uznać, że ekspresja tego rodu była na granicy odmian podatnych i średnio odpornych i była w miarę stabilna (SD = 0,87).

Porównywano z sobą za pomocą współczynnika korelacji uszeregowanie odmian we wszystkich terminach w latach 2001–2003. Stwierdzono, że zmienność reakcji wzorców wahała się dla porównywanych par terminów testów w zakresie od $r = 0,76$ (nieistotny przy $p > 0,05$) do $r = 0,99$ (istotny przy $p \leq 0,01$).

Odmiany wzorców europejskich oceniane w testach listkowych przez jeden sezon

Z ocenianych w pięciu testach przez jeden sezon wzorców, odmiana Bintje reagowała najbardziej stabilnie (SD = 0,35). Porażenie tej odmiany było wysokie i wynosiło 2,5–3,3 stopnia (tab. 2).

Tabela 2

Ocena standardowych odmian ziemniaka, zastosowanych zgodnie z projektem „Eucablight”, w testach oceny odporności listków na *Phytophthora infestans* w roku 2004 (w stopniach porażenia w skali 9-stopniowej, gdzie 1 = całkowite porażenie)

Infection with *Phytophthora infestans* in standard susceptible and resistant potato cultivars, used according to the „Eucablight” project, in leaflet tests in 2004 (according to 1-9 scale, where 1 = totally infected)

Nazwa Name	Numer testu — No. of test					\bar{x}	SD ²	Zakres Range
	I	II	III	IV	V			
Eersteling	3,0 <i>b</i> ¹	3,2 <i>c</i>	1,8 <i>c</i>	2,9 <i>c</i>	1,6 <i>d</i>	2,5	0,74	1,6-3,2
Bintje	2,6 <i>b</i>	3,2 <i>c</i>	2,5 <i>c</i>	3,3 <i>c</i>	2,9 <i>c</i>	2,9	0,35	2,5-3,3
Gloria	3,1 <i>b</i>	4,3 <i>bc</i>	2,2 <i>c</i>	4,8 <i>b</i>	2,2 <i>cd</i>	3,3	1,19	2,2-4,8
Alpha	3,6 <i>b</i>	4,6 <i>b</i>	3,9 <i>b</i>	4,5 <i>b</i>	2,7 <i>cd</i>	3,9	0,77	2,7-4,6
Escort	5,2 <i>a</i>	5,4 <i>ab</i>	5,2 <i>a</i>	6,1 <i>a</i>	4,9 <i>b</i>	5,4	0,45	4,9-6,1
Robijn	5,5 <i>a</i>	6,1 <i>a</i>	5,0 <i>ab</i>	4,7 <i>b</i>	6,1 <i>a</i>	5,5	0,63	4,7-6,1
Z.W.	3,8	4,5	3,4	4,4	3,4	3,9	—	

Z.W. — Zakres współczynników korelacji; Range of correlation coefficients

** , * — Istotność korelacji odpowiednio przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$

Significant correlation at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

¹ Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie istotnie ($\alpha = 0,05$) wg testu Tukeya.

The values in columns signed with the same letters do not differ significantly ($\alpha = 0.05$) according to the Tukey's test

² Odchylenie standardowe; Standard deviation

Odmiana ta w czterech, na pięć przeprowadzonych testów, reagowała na tym samym poziomie istotności jak podatna na zarazę ziemniaka odmiana Eersteling. W czterech testach nie różniła się istotnie od dość zmiennie reagującej odmiany Gloria.

Odmiana Eersteling poraziła się silnie w granicach 1,6–3,2, ale była nieco mniej stabilna (SD = 0,74) od odmiany Bintje. Jej porażenie w jednym teście było istotnie silniejsze od odmiany Bintje.

Odmiana Gloria porażała się najmniej stabilnie (SD = 1,19). W trzech testach poraziła się na poziomie odmian podatnych Bintje i Eersteling (2,2–3,1), a w dwóch na poziomie odmian średnio odpornych Robijn i Escort (4,3–4,8).

Odmiana Alpha w trzech testach poraziła się na poziomie odmian podatnych (2,7–3,9), a w dwóch na poziomie odmian średnio odpornych (4,5–4,6). Charakteryzowała się większą zmiennością porażenia (SD = 0,77) od średnio odpornych odmian Escort i Robijn oraz od wrażliwej odmiany Bintje. W dwóch testach reagowała na tym samym poziomie istotności jak odmiany wrażliwe Bintje Eersteling. W niektórych testach poraziła się podobnie jak średnio odporne odmiany Escort i Robijn.

Odmiany Escort i Robijn odznaczały się dużą stabilnością jako wzorce średnio odporne (SD odpowiednio 0,45 i 0,63). Odmiany te w trzech testach nie różniły się od siebie poziomem istotności porażenia. Odmiana Robijn poraziła się w jednym teście istotnie silniej (4,7) niż odmiana Escort (6,1), a w innym — słabiej (odpowiednio 6,1 i 4,9).

Ekspresja odporności wzorców w testach plastrowych i bulwowych

Odmiana Irys w testach plastrowych w ciągu czterech lat badań reagowała stabilnie (SD = 0,80) i tylko w jednym teście na 26 została porażona na poziomie odmian średnio odpornych (porażenie wynosiło 4,2) (tab. 3).

Tabela 3

Porażenie odmian i rodów ziemniaka stanowiących wzorce w testach oceny odporności plasterów na *Phytophthora infestans* w latach 2000–2003 (w stopniach porażenia w skali 9-stopniowej, gdzie 1 = całkowite porażenie)

The average levels of infection with *Phytophthora infestans* in susceptible and resistant standards in potato tuber slice in 2000–2003 (according to 1–9 scale, where 1 = totally infected)

Nazwa Name	Numer testu No. of test															
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
	2000								2001							
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Irys	1,4 <i>d</i> ¹	2,7 <i>cd</i>	1,3 <i>d</i>	1,5 <i>d</i>	1,2 <i>e</i>	1,8 <i>c</i>	3,2 <i>e</i>	2,3 <i>e</i>	2,3 <i>c</i>	4,2 <i>c</i>	2,6 <i>d</i>	3,2 <i>d</i>	2,4 <i>c</i>	1,4 <i>d</i>	1,8 <i>e</i>	1,6 <i>e</i>
Sokół	2,7 <i>c</i>	3,3 <i>c</i>	2,5 <i>c</i>	2,4 <i>c</i>	2,5 <i>d</i>	3,6 <i>b</i>	6,2 <i>c</i>	4,3 <i>c</i>	3,9 <i>b</i>	5,8 <i>b</i>	5,9 <i>c</i>	4,4 <i>c</i>	4,4 <i>b</i>	3,7 <i>c</i>	3,7 <i>c</i>	5,0 <i>c</i>
Bzura	2,5 <i>c</i>	2,5 <i>d</i>	2,0 <i>c</i>	2,4 <i>c</i>	1,6 <i>e</i>	3,2 <i>bc</i>	4,9 <i>d</i>	3,0 <i>d</i>	3,3 <i>b</i>	4,6 <i>c</i>	3,0 <i>d</i>	3,8 <i>cd</i>	4,6 <i>b</i>	3,3 <i>c</i>	2,9 <i>d</i>	3,0 <i>d</i>
Meduza	5,9 <i>b</i>	6,8 <i>b</i>	5,6 <i>b</i>	5,2 <i>b</i>	4,5 <i>c</i>	8,9 <i>a</i>	8,3 <i>b</i>	7,7 <i>b</i>	8,4 <i>a</i>	8,6 <i>a</i>	8,0 <i>b</i>	8,1 <i>b</i>	8,4 <i>a</i>	7,5 <i>b</i>	6,2 <i>b</i>	7,8 <i>b</i>
DG 94-15	8,4 <i>a</i>	7,9 <i>a</i>	7,4 <i>a</i>	6,7 <i>a</i>	5,9 <i>b</i>	9,0 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	8,8 <i>a</i>	8,8 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	8,9 <i>a</i>	8,2 <i>a</i>	7,7 <i>a</i>	8,6 <i>a</i>
DG 94-668	8,8 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	7,3 <i>a</i>	6,3 <i>a</i>	6,7 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	8,9 <i>a</i>	8,9 <i>a</i>	8,8 <i>a</i>	8,8 <i>a</i>	8,7 <i>a</i>	8,4 <i>a</i>	5,9 <i>b</i>	9,0 <i>a</i>
Z.W.	r = 0,97** - 0,99**								r = 0,94** - 0,99**							

c.d. Tabela 3

Nazwa Name	Numer testu No. of test										\bar{x}	SD ²	Zakres Range
	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV	XXVI			
	2002				2003								
1	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Irys	3,4 <i>cd</i>	3,1 <i>c</i>	2,7 <i>c</i>	2,4 <i>e</i>	3,3 <i>cd</i>	3,4 <i>c</i>	3,4 <i>d</i>	2,3 <i>d</i>	1,9 <i>c</i>	2,4 <i>e</i>	2,4	0,80	1,2–4,2
Sokół	4,0 <i>c</i>	4,8 <i>b</i>	2,6 <i>c</i>	3,5 <i>d</i>	3,9 <i>c</i>	3,4 <i>c</i>	4,5 <i>c</i>	5,5 <i>c</i>	2,2 <i>c</i>	3,4 <i>d</i>	3,9	1,13	2,2–6,2
Bzura	3,0 <i>d</i>	2,5 <i>c</i>	2,2 <i>c</i>	2,9 <i>de</i>	3,0 <i>d</i>	—	—	—	—	—	3,1	0,84	1,6–4,9
Meduza	5,4 <i>b</i>	5,4 <i>b</i>	6,4 <i>b</i>	5,9 <i>c</i>	4,7 <i>b</i>	6,1 <i>b</i>	6,5 <i>c</i>	7,6 <i>b</i>	6,0 <i>b</i>	5,3 <i>c</i>	6,7	1,33	4,5–8,9
DG 94-15	6,7 <i>a</i>	6,7 <i>a</i>	6,8 <i>b</i>	6,9 <i>b</i>	5,8 <i>a</i>	8,1 <i>a</i>	8,2 <i>a</i>	8,3 <i>a</i>	8,4 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	7,9	1,01	5,8–9,0
DG 94-668	7,2 <i>a</i>	7,2 <i>a</i>	8,1 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	5,4 <i>a</i>	6,5 <i>b</i>	6,3 <i>b</i>	8,1 <i>ab</i>	6,3 <i>b</i>	6,0 <i>b</i>	7,7	1,19	5,4–9,0
Z.W.	r = 0,91* - 0,98**				r = 0,86 ^{ns} - 0,99**						ogółem — total ³ r = 0,86 ^{ns} - 0,99**		

Z.W. — Zakres współczynników korelacji; Range of correlation coefficients

** , * - Istotność korelacji odpowiednio przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$; Significant correlation at $p \leq 0,01$ and $p \leq 0,05$, respectively

^{ns} - Brak istotnej korelacji ($p > 0,05$); No significant correlation ($p > 0,05$)

¹ Wartości kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie istotnie ($\alpha = 0,05$) wg testu Tukeya
The values in columns signed with the same letters do not differ significantly ($\alpha = 0,05$) according to the Tukey's test

² Odchylenie standardowe; Standard deviation

³ Wszystkie testy były porównywane między sobą; All tests were compared with each other

Tabela 4

Porażenie odmian i rodów ziemniaka bulw ziemniaka stanowiące wzorce w testach odporności na *Phytophthora infestans* w latach 2000-2003 (w stopniach porażenia w skali 9-stopniowej, gdzie 1 = całkowite porażenie)

The average levels of infection with *Phytophthora infestans* in susceptible and resistant standards in potato whole tuber tests in 2000-2003 (according to 1-9 scale, where 1 = totally infected)

Nazwa Name	Numer testu No. of test											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
	2000				2001						2002	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Irys	3,9 <i>d</i> ¹	3,0 <i>d</i>	3,7 <i>c</i>	4,3 <i>c</i>	4,7 <i>c</i>	4,6 <i>d</i>	4,3 <i>c</i>	4,5 <i>c</i>	5,1 <i>b</i>	4,9 <i>ab</i>		
Sokół	4,6 <i>cd</i>	4,5 <i>c</i>	5,3 <i>b</i>	5,3 <i>b</i>	5,0 <i>c</i>	6,5 <i>b</i>	6,2 <i>b</i>	5,5 <i>b</i>	5,6 <i>ab</i>	5,3 <i>ab</i>		
Bzura	5,1 <i>c</i>	4,0 <i>c</i>	5,0 <i>b</i>	5,8 <i>b</i>	6,8 <i>b</i>	5,6 <i>c</i>	6,5 <i>b</i>	4,0 <i>d</i>	3,8 <i>c</i>	4,8 <i>b</i>		
Meduza	6,3 <i>b</i>	5,7 <i>b</i>	5,7 <i>b</i>	6,9 <i>a</i>	7,4 <i>ab</i>	7,0 <i>ab</i>	7,0 <i>b</i>	6,0 <i>b</i>	5,4 <i>ab</i>	5,7 <i>a</i>		
DG 94-15	7,2 <i>a</i>	6,8 <i>a</i>	5,0 <i>b</i>	7,6 <i>a</i>	7,8 <i>a</i>	7,6 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	7,1 <i>a</i>	6,0 <i>a</i>	5,3 <i>ab</i>		
DG 94-668	7,2 <i>a</i>	5,9 <i>b</i>	6,7 <i>a</i>	7,1 <i>a</i>	7,3 <i>ab</i>	7,8 <i>a</i>	8,5 <i>a</i>	5,7 <i>b</i>	6,1 <i>a</i>	5,6 <i>ab</i>		
Z.W.	r = 0,95**				r = 0,60 ^{ns} - 0,95**						r = 0,14 ^{ns} - 0,85**	

Nazwa Name	Numer testu No. of test							\bar{x}	SD ²	Zakres Range
	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII			
	2003									
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Irys	4,6 <i>b</i>	4,7 <i>a</i>	4,4 <i>c</i>	4,2 <i>c</i>	3,3 <i>c</i>	4,5 <i>b</i>	3,7 <i>c</i>	4,3	0,57	3,0–5,1
Sokół	5,2 <i>ab</i>	4,3 <i>a</i>	6,0 <i>b</i>	5,7 <i>b</i>	7,0 <i>a</i>	7,5 <i>a</i>	—	5,6	0,88	4,3–7,5
Bzura	4,7 <i>b</i>	3,2 <i>b</i>	—	—	—	—	—	4,9	1,10	3,2–6,8
Meduza	5,3 <i>ab</i>	4,5 <i>a</i>	5,9 <i>b</i>	5,5 <i>b</i>	5,8 <i>b</i>	7,8 <i>a</i>	5,2 <i>b</i>	6,1	0,88	4,5–7,8
DG 94-15	5,0 <i>b</i>	4,3 <i>a</i>	7,1 <i>a</i>	7,0 <i>a</i>	5,5 <i>b</i>	7,3 <i>a</i>	6,2 <i>a</i>	6,5	1,14	4,3–8,0
DG 94–668	5,9 <i>a</i>	2,8 <i>b</i>	6,4 <i>ab</i>	6,3 <i>ab</i>	4,0 <i>c</i>	5,3 <i>b</i>	6,7 <i>a</i>	6,2	1,36	2,8–8,5
Z.W.	r = 0,36 ^{ns} – 0,99**							ogółem — total ³ r = -0,33 ^{ns} – 0,99**		

Z.W. — Zakres współczynników korelacji; Range of correlation coefficients

** , * — Istotność korelacji odpowiednio przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$

Significant correlation at $p \leq 0,01$ and $p \leq 0,05$, respectively

^{ns} – Brak istotnej korelacji ($p > 0,05$)

No significant correlation ($p > 0,05$)

¹ Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie istotnie ($\alpha = 0,05$) wg testu Tukeya

The values in columns signed with the same letters do not differ significantly ($\alpha = 0,05$) according to the Tukey's test

² Odchylenie standardowe; Standard deviation

³ Wszystkie testy były porównywane między sobą; All tests were compared with each other

W pozostałych przypadkach porażała się na poziomie odmian wrażliwych w zakresie od 1,2 do 3,4. Odmiana Irys w testach bulwowych porażała się w pięciu testach na poziomie odmian podatnych (3,0–3,9) i w 12 testach na poziomie odmian średnio odpornych (4,2–5,1) — tab. 4. Odmiana spełniła oczekiwania jako wzorzec podatny w teście plastrowym. W teście bulwowym nie spełniła się jako wzorzec wrażliwy, ale powinna być wzorcem w czasie testów bulwowych, gdyż uzyskała wysoką powtarzalność wyników (SD = 0,57).

Odmiana Sokół odznaczała się dużą zmiennością porażenia plastrów (SD = 1,13). W 16 testach plastrowych (na 26 wykonanych) reagowała na poziomie odmian podatnych (2,2–4,0), a w pozostałych reagowała jak odmiana średnio-odporna (4,3–6,2). W sześciu testach plastrowych reagowała podobnie jak wrażliwa odmiana Irys, a w dziesięciu jak średnio-odporna odmiana Bzura. Odmiana ta w testach bulwowych odznaczała się znacznie większą stabilnością (SD = 0,88) niż w testach plastrowych. Wzorzec ten w 15 testach bulwowych, na 16 przeprowadzonych, reagował na poziomie odmian średnio odpornych (4,3–7,0), a tylko w jednym przypadku na poziomie odmian odpornych (7,5).

Odmiana Bzura w 18 testach plastrowych (na 21 wykonanych), porażała się na poziomie odmian podatnych (1,6–3,8), a w trzech testach na poziomie odmian średnio odpornych (porażenie od 4,6 do 4,9). W 11 testach jej porażenie nie różniło się istotnie od wrażliwej stabilnie reagującej odmiany Irys.

Charakteryzowała się dość dużą stabilnością ($SD = 0,84$). W testach bulwowych odmiana Bzura zachowywała się mniej stabilnie ($SD = 1,10$). Odmiana ta w ośmiu testach bulwowych (na 12 wykonanych) reagowała na poziomie odmian średnio odpornych i porażała się w granicach od 4,7 do 5,8 stopnia, a w pozostałych — jak odmiana podatna (od 3,2 do 4,0 stopnia). W dwóch testach bulwowych jej porażenie nie różniło się istotnie od porażenia podatnej odmiany Irys, a w czterech od średnio odpornej odmiany Meduza. Wzorzec ten zachowywał się w miarę stabilnie jako wzorzec podatności w testach plastrowych, a mniej stabilnie w testach bulwowych.

Odmiana Meduza w testach plastrowych charakteryzowała się największą zmiennością z wszystkich użytych wzorców ($SD = 1,33$). W 15 testach (na 26 wykonanych) reagowała jak odmiana średnio odporna (4,5–6,8), a w pozostałych, jak odporna (porażenie 7,5–8,9 stopnia). Wzorzec ten w testach bulwowych był znacznie bardziej stabilny ($SD = 0,88$): w 15 testach bulwowych (na 17 wykonanych) reagował jako odmiana średnio-odporna (4,5–6,9), a tylko w dwóch przypadkach jako odporna (7,4 i 7,8). Reakcję odpornościową tego wzorca w teście bulwowym można uznać za dość stabilną na poziomie odmian średnio odpornych.

Ród DG 94-15 w testach plastrowych odznaczył się średnią stabilnością ($SD = 1,01$): w 19 testach (na 26 wykonanych) reagował prawidłowo jak genotyp odporny (7,4–9,0), a w pozostałych testach jak średnio odporny (porażenie od 5,8 do 6,9). We wszystkich testach plastrowych ród ten był istotnie odporniejszy od odmian Irys, Sokół i Bzura, a w pięciu testach nie różnił się istotnie od odmiany Meduza. W testach bulwowych ród ten wykazał się mniejszą stabilnością ($SD = 1,14$) w stosunku do testów plastrowych: w ośmiu na 17 wykonanych poraził się jak genotyp odporny (7,1–8,0), a w pozostałych — jak średnio odporny (porażenie 4,3–7,0). W trzech testach bulwowych reagował nieistotnie w stosunku do odmiany Irys, a sześciu nie różnił się od odmiany Sokół. Reakcję odpornościową rodu DG 94-15 można uznać za dość stabilną w teście plastrowym i niestabilną w teście bulwowym.

Ród DG 94-668 w 18 w testach plastrowych, na 26 wykonanych, reagował jako genotyp odporny (7,2–9,0). W pozostałych testach charakteryzował się reakcją odpornościową na poziomie genotypów średnio odpornych (5,4–6,7). W 18 testach plastrowych jego odporność była na tym samym poziomie istotności jak rodu DG 94-15. Charakteryzował się jednak znacznie większą zmiennością ($SD = 1,19$) niż ród DG 94-15. W testach bulwowych zachował się bardzo niestabilnie ($SD = 1,36$): na 17 wykonanych poraził się jako genotyp średnio odporny (5,3–6,7), w pięciu jako odporny (porażenie 7,1–8,5), a w dwóch jako podatny (porażenie 2,8–4,0). Ekspresja odporności tego rodu była mało stabilna jako wzorzec odporny w testach plastrowych i bardzo niestabilna jako wzorzec w testach bulwowych.

W badaniach przeprowadzonych w latach 2000–2003 porównywano z sobą za pomocą współczynnika korelacji wszystkie terminy testów plastrowych i bulwowych. Stwierdzono, że zmienność reakcji wzorców dla porównywanych par terminów testów wahała się w zakresie od $r = 0,86$ (przy $p > 0,05$) do $r = 0,99$ (przy $p \leq 0,01$). Znacznie większa zmienność występowała między porównywanymi parami terminów testów

bulwowych: od nieistotnie skorelowanych ($r = -0,33$ przy $p > 0,05$ np. między testem VI i XII) do istotnie skorelowanych ($r = 0,99$ przy poziomie istotności $p \leq 0,01$).

Ocena testów listkowych, plastrowych i bulwowych między porównywanymi latami 2000–2004

Współczynnik korelacji r zastosowano do porównania reakcji wzorców w poszczególnych latach oceny w testach listkowych, plastrowych i bulwowych (tab. 5).

Tabela 5

Współczynniki korelacji odporności na *P. infestans* odmian i rodów wzorcowych ocenianych w testach listkowych, plastrowych i bulwowych w latach 2000–2004 Correlation coefficients for resistance to *P. infestans* of standard cultivars and clones evaluated in leaflet, tuber slice and whole tuber tests in 2000–2004

Test listkowy — Leaflets test			
lata — years	2001	2002	2003
2002	0,99**		
2003	0,98*	0,99**	
2004	0,98*	0,97*	- ¹⁾
Test plastrowy — Tuber slice test			
lata — years	2000	2001	2002
2001	0,98**		
2002	0,98**	0,97**	
2003	0,96**	0,94*	0,94*
Test bulwowy — Whole tuber test			
lata — years	2000	2001	2002
2001	0,97**		
2002	0,77 ^{ns}	0,69 ^{ns}	
2003	0,88 ^{ns}	0,90*	0,98**

** , * Istotna zależność między porównywaną parą lat oceny odpowiednio przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$

Significant correlation between two years of estimation for $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

ns — Brak istotnej zależności między porównywaną parą terminów oceny przy $p > 0,05$

No significant correlation between two years of estimation for $p > 0.05$

¹⁾ Nie obliczano współczynnika korelacji (w latach 2003 i 2004 powtarzały się tylko dwa wzorce)

Significance of correlation was not calculated because only two of the standards applied were the same in 2003 and 2004

Testy listkowe przeprowadzone w porównywanym latach 2001, 2002 oraz 2003 były z sobą silnie skorelowane. Współczynniki korelacji wahały się od $r = 0,97$ (przy $p \leq 0,05$) do $r = 0,99$ (przy $p \leq 0,01$). W testach plastrowych w porównywanym latach także wystąpiły wysokie współczynniki korelacji w zakresie od $r = 0,94$ (przy $p \leq 0,05$) do $r = 0,98$ (przy $p \leq 0,01$).

W testach bulwowych wzorce reagowały najmniej stabilnie. Najwyżej skorelowana była reakcja wzorców w latach 2000 i 2001 ($r = 0,97$, przy $p \leq 0,01$) oraz w latach 2002 i 2003 ($r = 0,98$ przy $p \leq 0,01$). Najniższą korelację ($p > 0,05$) wykazały wyniki testów bulwowych z porównywanym lat 2001 i 2002 ($r = 0,69$), 2000 i 2002 ($r = 0,77$) oraz 2000 i 2003 ($r = 0,88$).

DYSKUSJA

W badaniach odporności na *P. infestans* każdy z wzorców był oceniany w 17–26 testach, przynajmniej przez trzy lata. Z sześciu wzorców, trzy reagowały stabilnie w testach listkowych (odmiana Irys oraz rody DG 94-15 i DG 94-668), w plastrowych (odmiany Irys i Bzura oraz ród DG 94-15) i bulwowych (odmiany Irys, Sokół i Meduza). Z wzorców ocenianych przez jeden sezon w testach listkowych, dużą stabilność wykazały odmiany Bintje, Wawrzyn, Escort, Robijn i Eersteling, nieco mniejszą odmiana Alpha, a najmniejszą odmiana Gloria. Wyniki te świadczą o dużej zmienności odpornościowej testowanych wzorców. Zmienność ta jest zależna od genotypu oraz od rodzaju stosowanego testu. Wśród wzorców ocenianych przynajmniej przez trzy lata, tylko odmiana Irys charakteryzowała się stabilną reakcją we wszystkich rodzajach testów. Wzorzec DG 94-15 był stabilny w testach listkowych i plastrowych. Wzorzec DG 94-668 charakteryzował się stabilnością reakcji odpornościowej wyłącznie w testach listkowych, odmiana Bzura — w testach plastrowych, a odmiana Meduza — w testach bulwowych. Odmiana Sokół reagowała stabilnie w teście bulwowym, lecz została już wykreślona z Rejestru Odmian i jako wzorzec nie może być używana.

Test listkowy używa się przede wszystkim do wyselekcjonowania i odrzucenia podatnych genotypów ziemniaka (Zarzycka, 1993). Ta ocena powinna być uzupełniona wynikami obserwacji polowych (Zarzycka, 2001 a). Stopień porażenia odmian odpornych zależy w dużym stopniu od lokalnego składu populacji *P. infestans*. Decyduje nie tylko poziom agresywności patotypów, ale również zakres ich wirulencji, ponieważ większość wysoko odpornych genotypów ziemniaka zawiera w sobie geny *R*, łatwo przełamywane przez komplementarne do nich czynniki wirulencji. Przykładem załamania się odporności odmian wskutek zmian zachodzących w populacji patogena może być odmiana Bronka, która była wzorcem odporności naci, lecz w latach 1989–1990 doszło do gwałtownego załamania się jej odporności (Zarzycka i Sobkowiak, 1997). Dość stabilnie odporna odmiana Bzura, opisana przez Świeżyńskiego i wsp. (1993), w cytowanej pracy ulegała silnemu porażeniu oraz wykazywała bardzo dużą zmienność reakcji odpornościowej. W omawianej pracy obserwowano silniejsze porażenie odmian Robijn, Gloria i Alpha, niż wynikałoby to z przypisywanego tym odmianom poziomu odporności. Te różnice mogą wynikać z innej, łagodniejszej metody oceny, stosowanej w krajach pochodzenia tych odmian czy też z powodu stosowania innego, bardziej agresywnego izolatu *P. infestans*. Zgodność wyników oceny zależy w znacznym stopniu od stabilizacji warunków w czasie przeprowadzania testów. Należy zachować stałe warunki przygotowania zawiesiny infekcyjnej, a w czasie inkubacji *P. infestans* zapewnić odpowiednią temperaturę, oświetlenie i wilgotność, gdyż od tego w dużym stopniu zależy uzyskanie powtarzalnych wyników (Zarzycka, 1989 i 1993). Znaczący wpływ na reakcje odpornościowe ma także wiek pobieranych listków, gdyż za młode i za stare listki są bardziej zmienne w reakcji (Malcolmson, 1976; Sieczka, 1979). Należy również uwzględnić położenie listków na roślinie – górne liście wykazywały największą, a dolne najmniejszą odporność (Thurston, 1971; Sieczka, 1979; Carnegie i Colhuon, 1982). Czas inokulacji nie powinien przekraczać kilku godzin, gdyż w miarę upływu czasu spada

infekcyjność inokulum (Zarzycka i Połoszynowicz, 1994; Sobkowiak i in., 1997). Testy listkowe powinny być przeprowadzone w jak najkrótszym czasie, gdyż wiek roślin ma duży wpływ na relacje odpornościowe ziemniaka (Sieczka, 1979). Z drugiej strony (Świeżyński i in., 1997 b) w badaniach przeprowadzonych od czerwca do października, największą zmienność w ekspresji odporności listków między terminami stwierdzono wśród genotypów podatnych na zarazę ziemniaka i o krótkim okresie wegetacji (takich jak np. odmiana Irys). W omawianych badaniach cykl oceny odporności listków na ogół nie trwał dłużej niż miesiąc.

Podobnie jak w teście listkowym, również w teście plastrowym stwierdzono istotne różnice w odporności poszczególnych wzorców w różnych latach oceny oraz ogólnie między terminami w poszczególnych latach. Większość testów (15 z 26) wykonano w listopadzie. Obserwowano różnice w odporności bulw wśród odmian w zależności od terminu oceny (Darsow, 1983; Świeżyński i in., 1993 i 1997a; Lebecka i in., 2006). Według Malcolmson (1981), Stewart i wsp. (1983) oraz Bjora (1987) opóźnione zbiory oraz termin testowania miały czasami znaczny wpływ na wzrost poziomu odporności bulw ziemniaka.

Zmienne wartości współczynników korelacji pomiędzy poszczególnymi terminami oceny odporności plastrów wynoszące od $r = 0,86$ ($p > 0,05$) do $r = 0,99$ ($p \leq 0,01$) oznaczają, że odporność poszczególnych wzorców była zmienna w porównywanych parach testów i prawdopodobnie była zależna od terminu badań (tab. 3). Różnice porażenia wzorców między poszczególnymi terminami oceny mogły wynikać z właściwości izolatu użytego do zakażeń, gdyż jego agresywność może zależeć od wielu czynników. Stwierdzono, że ekspresja agresywności i wirulencji izolatów może zmieniać się okresowo w ciągu roku (Sujkowski, 1986; Sobkowiak i in., 2004).

Badanie odporności całych bulw stosuje się w celu lepszego zróżnicowania poziomu odporności materiałów hodowlanych ziemniaka, charakteryzujących się średnią i wysoką odpornością. Odporność bulw ziemniaka na *P. infestans* zmienia się z czasem przechowywania, w zależności od genotypu ziemniaka. Obserwowano spadek lub wzrost odporności wraz z czasem przechowywania bulw (Zarzycka, 2001 b; Lebecka i in., 2006). Większość testów przeprowadzono w listopadzie, a niektóre już w październiku i w pierwszej dekadzie grudnia. W roku 2001 jeden test przeprowadzono w pierwszej dekadzie września. W ciągu czterech lat oceny podatność bulw poszczególnych odmian lub rodów wzorcowych była istotnie zróżnicowana. Stwierdzono także mniejszą spójność testu bulwowego w korelacji między terminami w danym roku badań, między wszystkimi terminami w czterech latach badań oraz między poszczególnymi latami w porównaniu z testem plastrowym. Nie wykazano także, aby testy bulwowe przeprowadzane bezpośrednio po sobie były ze sobą skorelowane. Na podstawie uzyskanych wyników w latach 2002 i 2003 nie można jednoznacznie wytypować testu bulwowego z prawidłową reakcją wzorców na *P. infestans*. Test inokulacji całych bulw charakteryzował się mniejszą powtarzalnością wyników niż test na plastrach wyciętych z bulw. Według Świeżyńskiego i Domańskiego (1997) ocenę odporności bulw należy przeprowadzać w okresie jesiennym, dwa miesiące po spręcie, w dwóch terminach (w odstępach tygodniowych), gdyż relacje

odpornościowe zmieniają się w miarę dojrzewania przechowywanych bulw. Z drugiej strony Lebecka i i wsp. (2006) zalecają testowanie bulw w okresie od września do końca listopada, w którym to obserwowali najbardziej stabilną ekspresję odporności bulw na *P. infestans*.

WNIOSKI

1. Analiza zmienności reakcji odpornościowej odmian i rodów wzorcowych prowadzone w latach 2000–2003 w testach listkowych, plastrowych i bulwowych wykazała zróżnicowaną stabilność odmian pod tym względem:
 - w testach listkowych najbardziej stabilnie reagowały: wzorzec wrażliwości odmiana Irys oraz wzorce odporności odmiana Wawrzyn i ród DG 94-15,
 - w testach plastrowych najbardziej stabilnie reagował wzorzec podatności odmiana Irys, dość stabilnie odmiana Bzura, a jako wzorzec odporności dość stabilnie zachowywał się ród DG 94-15,
 - w testach bulwowych jako wzorce odporności sprawdziły się średnio odporne odmiany Sokół i Meduza. Odmiana Irys będąca wzorcem podatności, reagowała stabilnie na pograniczu odmian podatnych i średnio odpornych.
2. Odnotowano wysoką korelację uzyskanych wyników w testach listkowych i plastrowych zarówno między terminami testów jak i latami badań.
3. Test bulwowy wykazał większą zmienność uzyskanego uszeregowania odmian i rodów wzorcowych.

LITERATURA

- Bjor T. 1987. Testing for resistance of potato genotypes to tuber late blight. *Potato Research* 30: 525 — 532.
- Colon L. T., Pudding D. I., Hoogendoorn J. 1995. Breeding for foliar resistance to *Phytophthora infestans* in potato: the influence of test conditions on the results of screening for field resistance. *Proc. EAPR Conf.*, Dublin: 282 — 288.
- Carnegie S. F., Colhoun J. 1982. Susceptibility of potato leaves to *Phytophthora infestans* in relation to plant age and leaf position. *Phytopath. Z.*, 104: 157 — 167.
- Darsow U. 1983. Prüfung unverletzter erntefrischer Kartoffelknollen auf relative Braunfäuleresistenz. *Archiv für Züchtungsforschung* 13: 357 — 366.
- Lebecka R., Sobkowiak S., Zimnoch-Guzowska E. 2006. Resistance of potato tubers to a highly aggressive isolate of *Phytophthora infestans* in relation to tuber age. *Potato Research* 49: 99 — 107.
- Malcolmson J. F. 1976. Assessment of field resistance to blight (*Phytophthora infestans*) in potatoes. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 67: 321 — 325.
- Malcolmson J. F. 1981. Mechanisms of field resistance to potato blight and variability of the pathogen. *Scottish Plant Breeding Station, 60th Annual Report 1980-81*: 110 — 111.
- Pietkiewicz J. B. 1976. Characteristic of horizontal resistance to blight (*Phytophthora infestans*) (Mont.) de Bary in the potato. *Ziemniak* 37: 87 — 127.
- Sieczka M. T. 1979. Próba optymalizacji warunków ziemniaków pod kątem widzenia odporności polowej na *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Praca doktorska, Inst Ziemn. Bonin: 1 — 81.
- Sieczka M. T. 2001. Evaluation of resistance to *Phytophthora infestans* under natural infection pressure. *Monogr. i Rozpr. Nauk. IHAR, Radzików, 10a/2001*: 72 — 74.
- Sobkowiak S., Włodarczyk Z., Zarzycka H. 1997. Wpływ wywaru z bulw ziemniaka na infekcyjność inokulum *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary przy ocenie odporności bulw. *Biul. Inst. Ziemn.* 48: 137 — 142.

- Sobkowiak S., Zarzycka H., Lebecka R., Zimnoch-Guzowska E. 2004. Wpływ koncentracji inokulum i terminów oceny odporności na ekspresję agresywności i wirulencji *Phytophthora infestans* w stosunku do ziemniaka. Biul. IHAR 233: 317 — 331.
- Stewart H. E., McCalmont D. C., Wastie R. L. 1983. The effect of harvest date and the interval between harvest and inoculation on the assessment of the resistance of potato tubers to late blight. Potato Research 26: 101 — 107.
- Sujkowski L. S. 1986. Seasonal variation in pathogenicity of *Phytophthora infestans*. J. Phytopathology 117: 160 — 172.
- Świeżyński K. M., Domański L., Sieczka M. T., Zarzycka H. 1993. Specific resistance to *Phytophthora infestans* in the potato. Genetica Polonica 34: 327 — 336.
- Świeżyński K. M., Domański L. 1997. Porównanie odmian ziemniaka Polski, Niemiec i Holandii pod względem wczesności i jakości bulw. Biul. Inst. Ziemn. 48 (II): 37 — 51.
- Świeżyński K. M., Flis B., Osiecka M., Sieczka M. T., Zarzycka H. 1997 a. Resistance to *Phytophthora infestans* in diploid and tetraploid potato families. 2. Resistance in tubers. Journal of Applied Genetics 38: 33 — 44.
- Świeżyński K. M., Jakuczun H., Sieczka M. T., Zarzycka H. 1997 b. Odporność ziemniaka na *Phytophthora infestans* i jej ocena. Biul. Inst. Ziemn. 48 (I): 117 — 124.
- Thurston D. 1971. Relationship of general resistance: Late blight of potato. Phytopathology 61: 620 — 626.
- Zarzycka H. 1989. Wpływ stężenia i rodzaju inokulum na reakcje odpornościowe ziemniaka na *Phytophthora infestans*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 374: 415 — 424.
- Zarzycka H. 1993. Test listkowy jako metoda oceny odporności ziemniaków na *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Mat. z Symp. PTFit i ART „Biologiczne środowisko uprawne a zagrożenie chorobowe roślin”. Olsztyn, 7-9.09.1993: 443 — 451.
- Zarzycka H. 1996. Effect of various methods of maintenance of *Phytophthora infestans* on its pathogenicity to potato. Plant Breed. Seed Sc. 40 (1-2): 31 — 43
- Zarzycka H. 2001 a. Ocena odporności na zarzę ziemniaka w teście listkowym. Sporządzenie inokulum. Monogr. i Rozpr. Nauk. IHAR, Radzików, 10/2001: 77 — 79.
- Zarzycka H. 2001 b. Ocena odporności bulw na zarzę ziemniaka w teście plastrowym i bulwowym. Monogr. i Rozpr. Nauk. IHAR, Radzików, 10/2001: 80 — 82.
- Zarzycka H., Połozynowicz J. 1994. Wpływ wywaru z bulw na infekcyjność zawiesiny zarodników *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary w stosunku do ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 44: 121 — 130.
- Zarzycka H., Sobkowiak S. 1997. Zagrożenie upraw ziemniaka przez zarzę ziemniaka w świetle zmian zachodzących w polskiej populacji *Phytophthora infestans*. Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin 37 (1): 171 — 177.
- Zarzycka H., Sujkowski L. 1988. Skuteczność testu listkowego jako metody oceny odporności ziemniaków na *Phytophthora infestans*. Rocz. Nauk Roln. s. E, 18, 1: 81 — 87.