

GENOTYPOWA I ŚRODOWISKOWA ZMIENNOŚĆ WYSTĘPOWANIA WAD MIĄŻSZU BULW W PLONIE RODÓW HODOWLANYCH ZIEMNIAKA

MILENA PIETRASZKO¹, JOANNA JANKOWSKA, BARBARA LUTOMIRSKA

*Zakład Agronomii Ziemiaka, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowy Instytut Badawczy,
Oddział Jadwisin, ul. Szaniawskiego 15, 05-140 Serock*

Synopsis. Celem pracy było określenie zmienności występowania bulw z wadami wewnętrznymi tj. rdzawą plamistością miąższu i pustowatością w plonie rodów hodowlanych ziemniaka uzyskanych w ośrodkach krajowej hodowli. W badaniach uwzględniono 146 rodów ziemniaka różnej wczesności. Doświadczenia polowe prowadzono w latach 2008–2013, równolegle w Zakładzie Agronomii Ziemiaka IHAR-PIB w Jadwisinie k. Warszawy oraz w trzech miejscowościach położonych w północnych rejonach kraju. Wyniki badań wskazują, że występowanie rdzawej plamistości miąższu u rodów wszystkich analizowanych grup wczesności było determinowane zarówno przez genotyp jak i środowisko uprawy. Natomiast genotypową zmienność występowania pustowatości odnotowano u rodów bardzo wczesnych i wczesnych oraz średnio wczesnych, a istotne oddziaływanie warunków środowiska na tą cechę stwierdzono jedynie w przypadku rodów średnio wczesnych. Wykazano także, że pomiędzy średnią temperaturą powietrza i gleby oraz sumami opadów w określonych fazach rozwoju roślin a występowaniem ocenianych wad bulw zachodzą istotne zależności prostoliniowe.

Słowa kluczowe: rody hodowlane ziemniaka, wady bulw, rdzawa plamistość miąższu (RPM), pustowatość bulw

WSTĘP

Efektywność ekonomiczna produkcji ziemniaka zależy głównie od wysokości i jakości plonu handlowego. Coraz większe wymagania rynku ziemniaka jadalnego, a także przetwórstwa spożywczego sprawiają, że rolnika interesuje nie tylko plon ogólny, ale przede wszystkim plon handlowy, a więc ta część plonu ogólnego, która może być sprzedana zgodnie z planowanym kierunkiem produkcji [Nowacki 2006]. Zewnętrzne i wewnętrzne wady bulw ograniczają ich przydatność zarówno do konsumpcji jak i przetwórstwa [Baritelle i in. 2000]. Ze względu na trudności w eliminowaniu bulw wadliwych silnie pogarszającymi jakość ziemniaków są zmiany w miąższu, w tym rdzawa plamistość miąższu (RPM) i pustowatość. Występowanie wymienionych nieprawidłowości uwarunkowane jest genetycznie, ale podlega także zmienności środowiskowej związanej z oddziaływaniem czynników środowiska uprawy. Jednym z pierwszych badaczy, którzy stwierdzili, że rdzawa plamistość miąższu, a także pustowatość powstają w wyniku oddziaływania czynników abiotycznych był Zimmerman-Gries [1964]. Za przyczynę powstawania wymienionych wad wskazuje się niekorzystne warunki w okresie rozwoju bulw. Za główny czynnik środowiskowy decydujący o nasileniu występowania RPM uznawane są warunki termiczne w glebie w okresie wiązania bulw i ich wczesnego wzrostu [Lutomirska 1998, Van Denburgh i in. 1980] oraz zakłócenia w zaopatrzeniu rosnących bulw w wapń [Collier i in.

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* m.pietraszko@ihar.edu.pl

1980, Storey i Davies 1992]. Spośród czynników sprzyjających powstawaniu pustowatości wymieniane są głównie zbyt wysokie nawożenie roślin azotem w stosunku do nawożenia potasem [Storey i Davies 1992] oraz wahania w zaopatrzeniu roślin w wodę w okresie intensywnego wzrostu bulw [Hiller i Thornton 2008, Lutomirska 2005, Selman i in. 2008].

Genetycznie determinowana skłonność do wydawania bulw z RPM została wykazana m.in. w pracach: Reust i Didot [2002], Rex i Mazza [1989], Storey i Davies [1992]. Na podatność odmian jako główny czynnik decydujący o występowaniu bulw z pustowatością wskazują Ojala i in. [1993]. Odmianowa zmienność występowania rdzawej plamistości miąższu i pustowatości bulw w odmianach polskich została wykazana w badaniach Lutomirskiej [2005]. Jednym z efektów kontynuacji tych badań jest uwzględnianie cechy skłonności do powstawania wad wewnętrznych bulw w wydawanej systematycznie Charakterystyce odmian ziemniaka (2006...2014) – Nowacki [2014].

Mimo znacznej wiedzy, co do przyczyn i mechanizmów prowadzących do tworzenia się wad wewnętrznych ograniczanie ich występowania u odmian charakteryzujących się skłonnością do tworzenia bulw z omawianymi defektami ciągle nastęrcza wiele trudności. Reust i Didot [2002] podkreślają, że nawet staranne przestrzeganie zaleceń agrotechnicznych dotyczących terminu sadzenia, terminów nawadniania, odpowiedniego nawożenia nie eliminuje występowania wad miąższu u odmian wykazujących dużą podatność na ich powstawanie.

Przedstawiane badania miały na celu poznanie zróżnicowania nowych rodów ziemniaka pod względem występowania bulw z wadami miąższu, a także wskazanie form cechujących się niską skłonnością do tworzenia się tych niekorzystnych zmian w bulwach. Przeprowadzono ponadto badania środowiskowej zmienności nasilenia bulw wadliwych w plonie.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano wyniki ocen występowania RPM oraz pustowatości bulw u 146 nowych polskich rodów ziemniaka uzyskane podczas realizacji projektu: „Badania podstawowe na rzecz postępu biologicznego w produkcji roślinnej”. Doświadczenia polowe, z których pochodziły oceniane próby bulw przeprowadzono w czterech miejscowościach, położonych w środkowej i północnej części kraju (oznaczonych, jako punkty badawcze 1, 2, 3 i 4). Punktem badawczym 1 był Oddział IHAR-PIB w Jadwisinie k/Warszawy, a lokalizacja pozostałych badań miała miejsce w województwach: zachodnio-pomorskim (punkt 2), warmińsko-mazurskim (punkt 3) i pomorskim (punkt 4). Doświadczenia wykonano w latach 2008–2013. W każdym roku uwzględniano w nich ok. 35 rodów różnej wczesności a badania jednego rodu trwały 1–3 lat, zatem liczba ocenionych rodów nie jest zgodna z sumą rodów ocenianych w poszczególnych latach (tab. 1).

Każdy z genotypów był badany w dwóch punktach. W punkcie pierwszym uwzględniano zawsze wszystkie rody badane w danym roku natomiast w pozostałych punktach (2–4) odpowiednio: 44, 49 i 54 rody.

Doświadczenia polowe ściśle, z powtórzeniami realizowano na glebach klasy IVa i IVb – w punkcie pierwszym i czwartym były to gleby lekkie, w punkcie 2 lekkie bądź średnie zaś w punkcie 3 – średnie (tab. 2). Gleby te charakteryzowały się wysoką bądź bardzo wysoką zawartością fosforu oraz średnią potasu i magnezu.

Wszystkie doświadczenia prowadzono zgodnie ze standardową agrotechniką uprawy ziemniaka stosując bardzo podobny poziom zabiegów agrotechnicznych i ochronnych. Zachowywano zbliżone terminy podstawowych zabiegów; sadzenie miało miejsce w III dekadzie kwietnia, natomiast zbiory, po zakończeniu wegetacji tj. na przełomie sierpnia i września dla ro-

Tabela 1. Liczba rodów hodowlanych ziemniaka poddanych ocenie w kolejnych latach badań
 Table 1. Number of potato breeding lines evaluated in subsequent years of research

Grupa wczesności Maturity group	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Razem Total	Liczba ocenionych rodów The number of lines evaluated
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	9	9	8	10	13	11	60	39
Średnio wczesne Middle early	17	17	26	19	20	19	118	84
Średnio późne i późne Middle late and late	8	10	4	6	2	4	34	23
Suma – Sum	34	36	38	35	35	34	212	146

Tabela 2. Warunki glebowe prowadzenia doświadczeń polowych
 Table 2. Soil condition of field experiments conducted

Charakterystyka Characteristic	Punkt badawczy – Experimental point				
	1	2	3	4	
Skład granulometryczny Type of soil	piasek gliniasty lekki light loamy sand	piasek słabo gliniasty/ glina lekka loamy sand weak/ light clay	glina lekka light clay	piasek słabo gliniasty weakly loamy sand	
Kategoria agronomiczna gleby Agricultural complex	lekka light soil	lekka/średnia light soil/average soil	średnia average soil	lekka light soil	
Klasa bonitacyjna Quality class	IVb	IVa	IVa	IVa	
pH	4,8–5,1	5,3–5,8	5,8–5,9	5,4–5,9	
Zasobność Contents	P ₂ O ₅	14,4–22,2	11,9–16,9	16,0–16,7	10,0–22,0
	K ₂ O	7,0–18,6	12,0–16,0	16,0–16,7	12,5–17,3
	MgO	2,4–7,5	3,7–5,0	5,5–5,8	5,1–8,4

dów wcześniejszych oraz w II połowie września dla rodów o dłuższym okresie wegetacji. Podczas zbiorów, z każdego powtórzenia pobierano próbę o masie ok. 8 kg przeznaczoną do oceny struktury plonu i jakości bulw. Ocena wszystkich cech jakości bulw została przeprowadzona w Zakładzie Agronomii Ziemniaka IHAR-PIB w Jadwisinie. Występowanie wad wewnętrznych

oceniano w każdej pobranej próbie, zgodnie z opracowaną i stosowaną w IHAR-PIB metodyką [Roztropowicz 1999]. Wynikiem oceny jest procentowy wagowy udział bulw z określoną wadą. Zebrane dane przed poddaniem analizie statystycznej transformowano na stopnie kątowe Bliss'a. Po wykonaniu obliczeń dokonano retransformacji otrzymanych wartości. W analizie statystycznej posłużono się programem SAS Enterprisse Guide 4.0-modele liniowe ANOVA. Do weryfikacji istotności różnic (przy poziomie $\alpha=0,05$) zastosowano test Tukeya.

Oddziaływanie czynnika środowiskowego tj. czynników meteorologicznych (średniej temperatury powietrza i gleby oraz sum opadów) na występowanie bulw z defektami wewnętrznymi w plonie, oceniono na podstawie danych zebranych w punkcie badawczym 1, wykorzystując wyniki ocen jakości plonu oraz dane meteorologiczne z miejscowego punktu meteorologicznego gromadzone przez automatyczną stację meteorologiczną Campbella. Wykonano analizy regresji pomiędzy poziomem wymienionych czynników w określonych fazach rozwoju roślin (bulw) a udziałem bulw z wybraną wadą w plonach rodów określonej wczesności.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki ocen zmienności genotypowej wykonane w kolejnych latach badań wykazały, że uwzględnione w badaniach zaawansowane rody hodowlane ziemniaka różnej wczesności były zróżnicowane pod względem występowania bulw z wadami miąższu. Istotne różnice genotypowe, co do występowania bulw z RPM odnotowano w kolejnych latach badań niemal dla wszystkich grup wczesności oraz w przeważającej liczbie analogicznych analiz dotyczących występowania pustowatości bulw (tab. 3). Stwierdzono również, że nasilenie każdej z ocenianych wad kształtowało się odmiennie w latach i miejscach uprawy (tab. 4). Podkreślić należy, że rdzawa plamistość miąższu występowała zdecydowanie częściej. Średnio, dla rodów wszystkich wczesności oraz miejsc i lat uprawy, udział bulw z tą wadą wyniósł 4,3%, natomiast bulw

Tabela 3. Istotność zróżnicowania rodów ziemniaka różnych wczesności pod względem występowania wad bulw w latach badań

Table 3. The significance of the diversity of potato breeding lines of different maturity groups for tubers defects in the years of research

Lata Years	Rdzawa plamistość miąższu – IBS			Pustowatość – Hollow hearts		
	Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	Średnio wczesne Middle early	Średnio późne i późne Middle late and late	Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	Średnio wczesne Middle early	Średnio późne i późne Middle late and late
2008	x	x	x	x	x	r.n.
2009	x	x	x	x	r.n.	r.n.
2010	x	x	r.n.	x	x	r.n.
2011	x	x	r.n.	x	x	r.n.
2012	x	x		x	x	
2013	r.n.	x		x	r.n.	

r. n. – różnice nieistotne – no significant differences

Tabela 4. Występowanie bulw z wadami wewnętrznymi w plonie rodów hodowlanych ziemniaka zebranych w 4 punktach badawczych w latach 2008–2013

Table 4. The occurrence of tubers with internal defects in the yield of potato breeding lines from 4 experimental points in the years 2008–2013

Grupa wczesności Maturity group	Lata Years	Rdzawa plamistość miąższu – IBS				Pustowatość – Hollow hearts			
		punkt badawczy – experimental point*							
		1	2	3	4	1	2	3	4
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	2008	1,25	11,4	0	0,37	0,50	0	0	0
	2009	3,57	8,85	0	2,27	2,99	0	1,58	1,66
	2010	17,6	2,69	0	0	3,62	10,2	0	0
	2011	6,45	2,85	1,27	4,52	3,48	0	1,51	9,59
	2012	6,31	2,90	6,82	5,15	2,19	7,62	10,7	6,01
	2013	0,23	1,98	0,86	6,76	7,00	0	0	3,72
	miejsce x lata place x years	r.i.				r.i.			
Średnio wczesne Middle early	2008	0	6,87	0	0	0	0	0	0
	2009	7,76	2,63	0,61	2,62	1,11	1,34	0	0,60
	2010	7,57	2,40	0	0,35	1,67	1,95	1,04	3,91
	2011	1,31	15,2	0,84	2,32	0,62	0	7,01	3,20
	2012	5,03	3,91	3,16	5,53	3,42	8,13	7,05	0
	2013	4,21	3,53	2,33	1,47	0,46	4,33	6,55	0
	miejsce x lata place x years	r.i.				r.n.			
Średnio późne i późne Middle late and late	2008	0	3,88	0	0	0	0	0	0
	2009	6,83	5,77	0	0	0,38	3,79	0	0
	2010	20,4	1,87	–	0	0	5,45	–	8,33
	2011	2,77	4,07	0	0	1,67	1,07	0	0
	2012	0,95	3,20	0	–	0	8,37	0	–
	2013	12,6	9,03	1,91	–	0,29	0	5,53	–
	miejsce x lata place x years	r.i.				r.i.			
Średni udział bulw z wadą Mean percentage of tubers with defects	4,3				2,2				

* – objaśnienia w tabeli 2 – explanations in table 2

r. n. – różnice nieistotne – no significant differences; r. i. – różnice istotne – significant differences

z pustowatością było średnio niemal dwukrotnie mniej – stanowiły 2,2%. Częstsze występowanie rdzawej plamistości miąższu niż pustowatości bulw zostało odnotowane m.in. przez Jabłońskiego [2005] i Lutomirską [2005].

Z uwagi na dużą liczbę uwzględnionych w badaniach rodów, a także niejednorodność układów badawczych i związanej z nimi nieortogonalności, za najbardziej miarodajną ocenę genotypowej zmienności występowania bulw z wadami miąższu przyjęto ich klasyfikację w oparciu o wyniki analiz zmienności i grupowanie Tukeya. Zgodnie z wynikami odpowiednich badań, w grupie rodów bardzo wczesnych i wczesnych wyodrębnionych zostało cztery klasy rodów jednorodnych pod względem udziału bulw z RPM i także cztery klasy rodów jednorodnych odnośnie udziału bulw z pustowatością (tab. 5). Grupa rodów średnio wczesnych, w świetle wy-

Tabela 5. Klasy zmienności bardzo wczesnych i wczesnych rodów hodowlanych ziemniaka pod względem występowania bulw z RPM oraz bulw z pustowatością wydzielone w grupowaniu Tukeya

Table 5. The class of variation of potato breeding lines very early and early in terms occurrence of internal brown spot and hollow hearts in the Tukey grouping

Klasy rodów wydzielone w grupowaniu Tukeya Category of lines in Tukey grouping	RPM – IBS			Pustowatość – Hollow hearts		
	Zakres zmienności udziału bulw z RPM w plonie The range of variation of share tuber with IBS (%)	Liczba rodów w klasie Number of lines in category	Procentowy udział rodów w klasie Percentage share of lines in category	Zakres zmienności udziału bulw z RPM w plonie (%) The range of variation of share tuber with hollow hearts (%)	Liczba rodów w klasie Number of lines in category	Procentowy udział rodów w klasie Percentage share of lines in category
I	0–11,5	36	92	0–11,7	36	92
II	3,80–15,3	12	30	2,57–15,4	13	33
III	8,58–20,0	6	15	6,38–17,6	7	7
IV	15,3–26,3	3	7	9,43–20,5	5	13

ników analogicznych analiz, dzieli się na cztery jednorodne klasy występowania bulw z RPM oraz trzy jednorodne klasy występowania bulw z pustowatością (tab. 6). Natomiast najmniej liczna grupa rodów średnio późnych i późnych to trzy klasy jednorodne pod względem występowania bulw z RPM, oraz tylko jedna klasa co do bulw z pustowatością (tab. 7). Należy zauważyć, że chociaż całkowite zakresy zmienności występowania bulw z RPM u rodów wszystkich grup wczesności były dosyć zbliżone i wynosiły dla grupy bardzo wczesnych i wczesnych 0–26,3%, średnio wczesnych 0%–22,2% oraz 0%–20,5% dla średnio późnych i późnych, to zakresy zmienności dla klas obejmujących rody o większym udziale tej wady (tj. klas II, III i ewentualnie IV) oraz procentowe udziały rodów w każdej z tych klas kształtowały się różnie. Z porównania wspomnianych klas w kolejnych grupach wczesności można wnioskować, że aczkolwiek w każdej z grup, w klasie pierwszej, grupującej genotypy o najkorzystniejszym

Tabela 6. Klasy zmienności średnio wczesnych rodów hodowlanych ziemniaka pod względem występowania bulw z RPM oraz bulw z pustowatością wydzielone w grupowaniu Tukeya

Table 6. The class of variation of potato breeding lines middle early in terms occurrence of internal brown spot and hollow hearts in the Tukey grouping

Klasy rodów wydzielone w grupowaniu Tukeya Category of lines in Tukey grouping	RPM – IBS			Pustowatość – Hollow hearts		
	Zakres zmienności udziału bulw z RPM w plonie (%) The range of variation of share tuber with IBS (%)	Liczba rodów w klasie Number of lines in category	Procentowy udział rodów w klasie Percentage share of lines in category	Zakres zmienności udziału bulw z RPM w plonie (%) The range of variation of share tuber with hollow hearts (%)	Liczba rodów w klasie Number of lines in category	Procentowy udział rodów w klasie Percentage share of lines in category
I	0–13,1	81	96	0–10,6	82	97
II	1,97–16,8	40	47	0,21–11,0	44	51
III	3,44–18,3	25	30	43,7	1	1
IV	7,40–22,2	15	17	–	–	–

Tabela 7. Klasy zmienności średnio późnych i późnych rodów hodowlanych ziemniaka pod względem występowania bulw z RPM oraz bulw z pustowatością wydzielone w grupowaniu Tukeya

Table 7. The class of variation of potato breeding lines middle late and late in terms occurrence of internal brown spot and hollow hearts in the Tukey grouping

Klasy rodów wydzielone w grupowaniu Tukeya Category of lines in Tukey grouping	RPM – IBS			Pustowatość – Hollow hearts		
	Zakres zmienności udziału bulw z RPM w plonie (%) The range of variation of share tuber with IBS (%)	Liczba rodów w klasie Number of lines in category	Procentowy udział rodów w klasie Percentage share of lines in category	Zakres zmienności udziału bulw z RPM w plonie (%) The range of variation of share tuber with hollow hearts (%)	Liczba rodów w klasie Number of lines in category	Procentowy udział rodów w klasie Percentage share of lines in category
I	0–11,8	21	91	0–8,30	23	100
II	0,78–16,0	14	61	–	–	–
III	7,44–20,4	6	26	–	–	–
IV	–	–	–	–	–	–

– niskim udziale bulw wadliwych, mieści się ponad 90% ocenionych rodów, to górna wartość graniczna dla kolejnej klasy jest bardziej zróżnicowana. Najwyższą jej wartość odnotujemy w przypadku materiałów o najkrótszym okresie wegetacji, zaś najniższą dla średnio późnych i późnych. Jednocześnie klasy o wyższym udziale bulw z RPM (czyli kl. II, III i IV) w grupie rodów bardzo wczesnych i wczesnych obejmują znacznie mniej genotypów niż u pozostałych wczesności. W odniesieniu do klasyfikacji udziału bulw z pustowatością warto zauważyć, że w porównaniu do pozostałych grup rody średnio późne i późne charakteryzowały się niską skłonnością do powstawania pustowatości. Zakres zmienności występowania omawianego defektu w materiałach tej wczesności jest znacznie mniejszy niż u pozostałych grup a przy tym stanowią one jedną klasę jednorodną. Wśród rodów bardzo wczesnych i wczesnych oraz średnio wczesnych, odnotowano większe zróżnicowanie pod względem skłonności do powstawania pustowatości bulw. Największy udział genotypów o wysokiej skłonności do powstawania tej wady odnotowano w grupie rodów o krótkim okresie wegetacji, choć warto zauważyć, że genotyp o bardzo dużym (ponad 40%) udziale bulw z pustowatością to materiał z grupy średnio wczesnych.

Poza określeniem genotypowej zmienności występowania poszczególnych wad mięszu ważną jest wiedza, co do skłonności ocenianych rodów do ich łącznego występowania. Zestawienia odpowiednich wyników wskazują, że liczba rodów, które niezależnie od warunków uprawy charakteryzowały się plonem wolnym od wewnętrznych defektów bulw nie była duża – stanowiły one tylko 21,2% (tab. 8). Najmniej rodów nie wykazujących skłonności do występowania RPM

Tabela 8. Liczba rodów, u których nie stwierdzono bulw z wadami wewnętrznymi
Table 8. The number of lines which there was no tubers with internal defects

Grupa wczesności Maturity group	Liczba rodów u których nie wystąpiła RPM The number of lines which has not occurred IBS	Liczba rodów u których nie wystąpiła pustowatość bulw The number of lines which has not occurred hollow hearts	Liczba rodów u których nie stwierdzono występowania żadnej z ocenianych wad The number of lines which there was any of the assessed defects	Udział rodów wolnych od wad wewnętrznych w ocenianej puli materiałów hodowlanych The share of line free of internal defects in evaluated materials (%)
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	12	13	10	25,6
Średnio wczesne Middle early	21	39	14	16,6
Średnio późne i późne Middle late and late	8	14	7	30,3
Razem Total	41	66	31	21,2

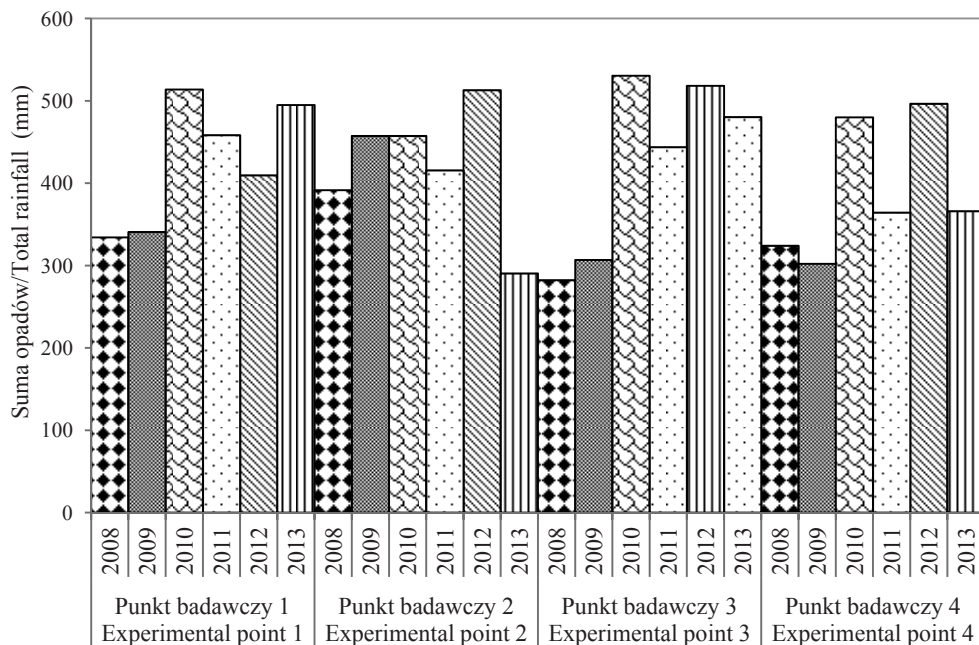
i pustowatości bulw odnotowano wśród średnio wczesnych – 16,6%. Dążenie do doskonalenia cech odmianowych determinujących wysoką jakość plonu, stanowiące aktualnie podstawowe wyzwanie hodowli ziemniaka wymaga by wykorzystywana pula genetyczna cechowała się wysoką stabilnością pożądanych cech. Niestety uzyskanie oczekiwanych efektów w tym zakresie wymaga wielu prac. Ich wyniki bywają wprawdzie obiecujące ale ostateczne osiągnięcie oczekiwanego rezultatu wymaga jeszcze wielu zabiegów hodowlanych [Sterrett i in. 2003]. Tłumaczy to, że wśród nowo rejestrowanych odmian zdarzają się również takie, u których występowanie bulw z wadami miąższu jest częstsze niż u odmian starszych, charakteryzujących się gorszym plonowaniem czy też mniej korzystnym poziomem innych cech [Nowacki 2014].

Poza zmiennością genotypową, występowanie wad miąższu bulw u genotypów poszczególnych wczesności podlegało także zmienności związanej z lokalizacją i latami badań, czyli warunkami glebowymi oraz układem czynników meteorologicznych w sezonie wegetacyjnym. O ile podstawowe parametry środowiska glebowego w punktach badań kształtowały się na zbliżonym poziomie, to warunki meteorologiczne w miejscach i latach badań podlegały naturalnej zmienności. Odpowiednie zestawienia danych charakteryzujących średnie temperatury powietrza oraz sumy opadów wskazują, że tak w całym sezonie wegetacji ziemniaka jak i w czasie jego pełni tj. w czerwcu i lipcu, w każdym z lat i punktów ich układ był inny (tab. 9, rys. 1 i 2). Zatem występowanie okresów, w których warunki meteorologiczne były korzystne dla wzrostu roślin i plonowania jak i takich, w których ich układ stanowił źródło stresów dla roślin, często kształtowało się odmiennie. Z tego względu za uzasadnione dla oceny wpływu czynników meteorologicznych na występowanie wad bulw uznano wykonanie takiej analizy tylko dla jednego miejsca badań – punktu 1. Dodatkowe uzasadnienie takiego podejścia stanowiły dane systematycznych pomiarów temperatury gleby.

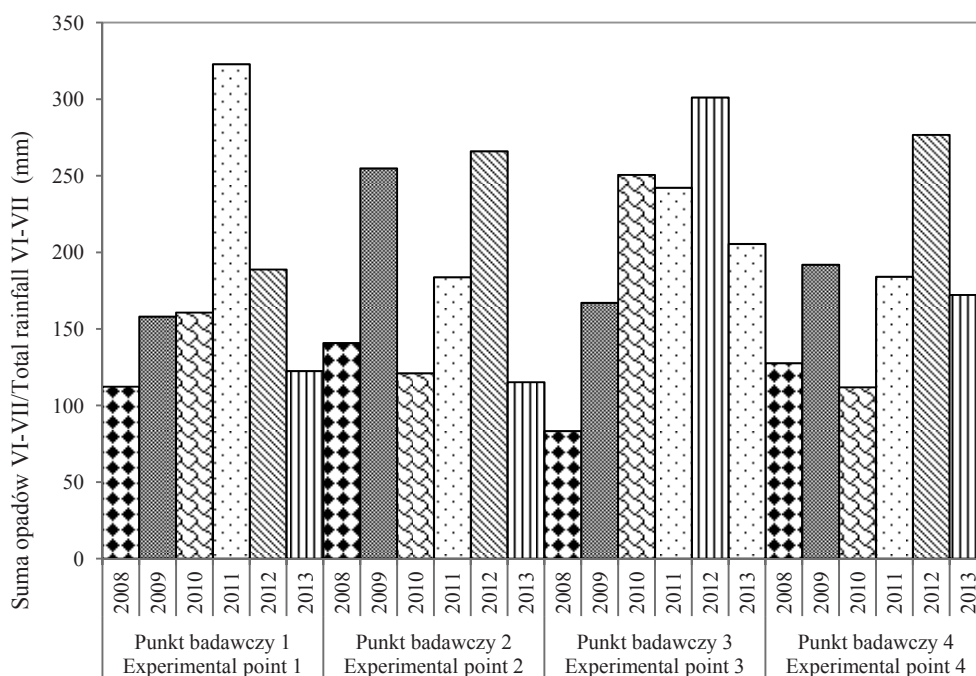
Tabela 9. Temperatury powietrza w punktach badań w sezonach wegetacji
Table 9. Air temperature in the experimental points in the growing seasons

Rok Year	Średnia temperatura powietrza (°C) w sezonie wegetacji ziemniaków (II dek. IV–III dek. IX) Mean temperature of air (°C) in the growing seasons				Średnia temperatura powietrza (°C) w okresie tuberyzacji i intensywnego rozwoju roślin i bulw (VI–VII) Mean temperature of air (°C) in the phase of tuberization and intensive development of plants and tubers			
	Punkt badawczy – Experimental point*							
	1	2	3	4	1	2	3	4
2008	14,2	13,9	14,9	14,9	17,6	17,0	18,3	18,4
2009	14,0	13,4	13,5	13,7	19,3	16,2	17,1	17,2
2010	14,2	13,8	14,9	14,6	17,6	17,8	18,5	19,2
2011	14,8	14,7	15,2	14,3	17,2	16,9	17,8	16,7
2012	14,4	14,1	14,7	15,2	18,1	16,8	17,7	18,1
2013	14,4	14,2	14,7	15,5	17,9	17,0	18,0	18,8

* – objaśnienia w tabeli 2 – explanations in table 2



Rys. 1. Sumy opadów w całym sezonie wegetacji ziemniaków (IV–IX) w punktach badań
 Fig 1. Total rainfall during full vegetation season of potato (IV–IX) in experimental points



Rys. 2. Sumy opadów w okresie wiązania i wczesnego wzrostu bulw ziemniaka (VI–VII) w punktach badań
 Fig 2. Total rainfall during phase of tuberization and early tubers growth (VI–VII) in experimental points

Wyniki dotyczące znaczenia miejsca uprawy dla występowania bulw z wadami wskazują, że wyraźniej uzależnioną od tego czynnika była rdzawa plamistość miąższu. Zdecydowanie bardziej sprzyjającą powstawaniu wymienionych zmian w bulwach okazała się uprawa w punktach badawczych 1 i 2, tj. tam gdzie pod ziemniaki przeznaczono gleby lekkie, o profilach wskazujących na większe wahania warunków wilgotnościowo-termicznych. Udział bulw z RPM w plonach pochodzących z wymienionych lokalizacji wyniósł średnio ok. 5% i był istotnie wyższy niż w zbiorach uzyskiwanych z gleby średniej oraz lekkiej, ale o profilu zapewniającym utrzymanie korzystniejszych warunków powietrzno-wilgotnościowych (tab. 10). Tym samym uzyskane wyniki, są zgodne z prezentowanymi w literaturze, wskazującymi że powstawaniu rdzawej plamistości miąższu sprzyja uprawa ziemniaka na glebach lżejszych, ze swej natury zapewniających roślinom nie tylko mniej stabilne warunki termiczno-wilgotnościowe, ale także gorsze zaopatrzenie w składniki pokarmowe [Lutomirska 2006, Olsen i in. 1996]. Wpływ miejsca uprawy na występowanie bulw z pustowatością stwierdzono tylko u rodów średnio wczesnych. Istotnie większy ich udział zanotowano w plonach zebranych w punktach 3 i 2. Taki układ wyników można częściowo tłumaczyć warunkami glebowymi. Literatura zagadnienia podkreśla bowiem, że pustowatość występuje częściej w bulwach dużych, a takie uzyskuje się zwykle na glebach mocniejszych, zapewniających lepsze warunki wzrostu [Rex i Mazza 1989]. Wspomnianej charakterystyce odpowiada gleba w punkcie 3.

Tabela 10. Występowanie wad miąższu bulw w rodach hodowlanych ziemniaka różnych wczesności w plonach z różnych punktów badań

Table 10. The occurrence of tubers with defects in the potato breeding lines of different maturity in crop from different experimental points

Punkt badawczy* Experimental point	Udział bulw z RPM (% masy) Share of tubers of IBS (% weight)				Udział bulw z bulw z pustowatością (% masy) Share of tubers of hollow hearts (% weight)			
	Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	Średnio wczesne Middle early	Średnio późne i późne Middle late and late	Średnio Mean	Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	Średnio wczesne Middle early	Średnio późne i późne Middle late and late	Średnio Mean
1	5,49 a	4,53 a	6,44 a	5,49 a	3,30 a	1,28 b	0,43 a	1,67 a
2	4,77 a	5,26 a	4,36 ab	4,80 a	3,82 a	2,61 ab	2,42 a	2,95 a
3	1,90 b	0,91 b	0,52 b	1,11 b	2,66 a	3,14 a	1,51 a	2,44 a
4	3,11 ab	2,18 b	0 b	1,76 b	3,54 a	1,48 b	1,85 a	2,29 a

* – objaśnienia w tabeli 2 – explanations in table 2

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie między sobą ($\alpha = 0,05$) – Mean indicated with the same letters do not differ significantly ($\alpha = 0.05$)

Z analiz regresji pomiędzy czynnikami meteorologicznymi a występowaniem bulw z wadami miąższu w badanych materiałach wynika, że udział bulw z każdą z ocenianych wad był determinowany przez poziom innego czynnika meteorologicznego. W odniesieniu do występowania bulw z pustowatością były to sumy opadów w odpowiednich dla wczesności rodów przedziałach czasowych warunkujących warunki wilgotnościowe w czasie tworzenia i głównego okresu rozwoju bulw (tab. 11). Natomiast dla występowania bulw z RPM – temperatura gleby, a także powietrza (choć w znacznie mniejszym stopniu) w okresie inicjacji i początkowego wzrostu bulw (tab. 12). We wszystkich przypadkach są to zależności prostoliniowe dodatnie. Wpływ sum opadów na występowanie bulw z pustowatością został udowodniony dla wszystkich grup wczesności a wartości współczynników korelacji wynoszą: 0,674 – dla rodów o krótkim okresie wegetacji, 0,568 – dla rodów średnio wczesnych oraz 0,871 – dla średnio późnych i późnych. Oddziaływanie warunków termicznych w glebie na zwiększanie występowania bulw z RPM, dla zakresu temperatury 20,8°C–25,5°C, zostało udowodnione dla materiałów wszystkich grup wczesności (tab. 12). Analizy korelacji pomiędzy temperaturą powietrza a występowaniem bulw z RPM wykazały zaś istotną zależność tylko w przypadku rodów średnio wczesnych, była ona jednak słabsza, współczynnik korelacji dla zakresu temperatury 17,8–19,0°C wyniósł 0,305. Tym samym prezentowane wyniki potwierdziły rezultaty prac dotyczące tego zagadnienia [Iritani i in. 1984, Lutomirska 2005, Olsen i in. 1996, Van Denburgh i in. 1980]. Są to jednocześnie pierwsze wyniki krajowe wskazujące na zależność pomiędzy temperaturą powietrza w czasie około tuberyzacyjnym a występowaniem bulw z RPM.

Tabela 11. Zależności pomiędzy sumą opadów w wybranych okresach wegetacji a występowaniem bulw z pustowatością w plonie rodów hodowlanych

Table 11. The relationships between the sum rainfalls at selected vegetation periods and the occurrence of hollow hearts in the yield

Grupa wczesności Maturity group	Okres wegetacji Vegetation period	Suma opadów Sum rainfalls (mm)	Pustowatość Hollow hearts (%)	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	II dekada maja – koniec I dekady lipca The second decade of May – end of the second decade of June	89,8–237,8	0,5–7,0	0,674
Średnio wczesne Middle early	II dekada maja – koniec II dekady lipca The second decade of May – end of the second decade of July	128–250,1	0–3,42	0,568
Średnio późne i późne Middle late and late	I dekada czerwca – koniec I dekady sierpnia The first decade of June – end of the first decade of August	119,7–351,4	0–1,67	0,871

Tabela 12. Zależności pomiędzy średnią temperaturą gleby w wybranych okresach wegetacji a występowaniem bulw z RPM w plonie rodów hodowlanych ziemniaka

Table 12. The relationships between the soil temperature at selected vegetation periods and the occurrence of IBS in the yield

Grupa wczesności Maturity group	Okres wegetacji Vegetation period	Temperatura gleby Soil temperature (°C)	RPM IBS (%)	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	I–III dekady czerwca I–III decade of June	20,8–24,2	0,23– 17,6	0,459
Średnio wczesne Middle early	I dekada czerwca – koniec I dekady lipca The first decade of June – end of the first decade of July	21,8–24,4	0–7,76	0,442
Średnio późne i późne Middle late and late	I dekada czerwca – koniec II dekady lipca The first decade of June – end of the second decade of July	21,8–25,5	0–20,4	0,918

WNIOSKI

1. Występowanie bulw z wadami miąższu w plonach zaawansowanych rodów hodowlanych ziemniaka było istotnie uzależnione od genotypu i warunków glebowo-klimatycznych.
2. Istotne zróżnicowanie genotypowe pod względem występowania bulw z RPM odnotowano u rodów wszystkich grup wczesności. Zróżnicowanie występowania pustowatości w bulwach odnotowano w grupie rodów bardzo wczesnych i wczesnych oraz rodów średnio wczesnych.
3. Stwierdzono istotną dodatnią zależność prostoliniową pomiędzy sumami opadów w odpowiednich dla wczesności rodów okresach determinujących zaopatrzenie roślin w wodę w okresie tworzenia się i głównego wzrostu bulw a udziałem bulw z pustowatością.
4. Wykazano, że wzrost temperatury gleby w okresie tuberyzacji i początkowego wzrostu bulw w zakresie 20,8–25,5°C powodował zwiększenie występowania bulw z RPM.

PIŚMIENNICTWO

- Baritelle A., Hyde G., Thornton R., Bajema R. 2000. A classification system for impact-related defects in potato tubers. *Am. J. Potato Res.* 7: 143–148.
- Collier G.R., Wurr D.C., Huntington V.C. 1980. The susceptibility of potato varieties to internal rust spot. *J. Agric. Sci.* 94: 407–410.

- Davies H.V. 1998. Physiological mechanisms associated with the development of internal necrotic disorders of potato. *Am. J. Potato Res.* 75: 37–44.
- Hiller L.K., Thornton R.E. 2008. Managing physiological disorders. In potato health management. Plant health management series. Johnson D.A. (ed). St. Paul, MN: The American Phytopathological Society: 235–245.
- Iritani W.M., Weller L.D., Knowles N.R. 1984. Factors influencing incidence of internal brown spot in Russet Burbank potatoes. *Am. Potato J.* 61: 335–343.
- Jabłoński K. 2005. Wpływ nawożenia azotowego na plon i jakość bulw nowych odmian ziemniaka skrobiowego. *Biul. IHAR 237/238*: 143–150.
- Lutomirska B. 1998. Wpływ temperatury gleby i opadów w okresie wegetacji na występowanie niektórych wad miąższu bulw ziemniaka. W: *Ekofizjologiczne aspekty reakcji roślin na działanie abiotycznych czynników stresowych*. Wyd. PAN Kraków: 231–233.
- Lutomirska B. 2005. Zmienność rozwoju roślin i wybranych cech użytkowych bulw ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) zależnie od warunków meteorologicznych okresu wegetacji. Praca doktorska (maszynopis). Archiwum IHAR–Oddział w Jadwisinie: ss. 149.
- Lutomirska B. 2006. Występowanie rdzawej plamistości miąższu bulw zależnie od składu granulometrycznego gleby i terminów nawadniania ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 509: 151–159.
- Nowacki W. (red.). 2014. Charakterystyka krajowego rejestru odmian ziemniaka. Wyd. 17, IHAR-PIB, Oddział Jadwisin.
- Nowacki W. 2006. Straty plonu handlowego ziemniaków powodowane przez choroby i szkodniki w 2005 roku. *Prog. Plant Prot.* 46(1): 193–201.
- Ojala J., Stark J.C., Kleinschmidt G.D., Beaver R.G., Messleman E.V. 1993. Brown center and hollow hearts in potatoes. *Potato Handbook University of Idaho*: 136–164.
- Olsen N.L., Hiller L.K., Miktzel L.J. 1996. The dependence of internal brown spot development upon calcium fertility in potato tubers. *Potato Res.* 39: 165–178.
- Reust W., Didot J.P. 2002. Can internal rust spot in potato tuber be prevented by agronomic practices? Abstract of 15th Conference EAPR in Hamburg, in July 2002: 120.
- Rex B.L., Mazza G. 1989. Cause, control, and detection of hollow heart in potatoes: A review. *Am. Potato J.* 66: 165–183.
- Roztropowicz S. (red.). 1999. *Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem*: ss. 50.
- Selman L., Andrews N., Stone A., Mosley A. 2008. What's wrong with my potato tubers? Diagnosing tuber abnormalities in Western Oregon and Washington. Oregon State University Extension Service and Western Region Sustainable Agriculture Research and Education. (www.ir.library.oregonstate.edu).
- Sterrett S.B., Henninger, M.R., Yenko, G.C., Lu W., Vinyard, B. T., Haynes, K. G. 2003. Stability of internal heat necrosis and specific gravity in tetraploid × diploid potatoes. *Crop Sci.* 43: 790–796.
- Storey R.M.J., Davies H.V. 1992. Tuber quality. In the potato crop. Harris P.M. (ed.). Chapman & Hall: 517–520.
- Van Denburgh R.W., Hiller L.K., Koller D.C. 1980. The effect of soil temperatures on brown center development in potatoes. *Am. Potato J.* 57: 371–375.
- Zimmerman-Gries S. 1964. The occurrence of potato heat-necrosis symptoms in Israel and the use of affected tubers as seed. *Europ. Potato J.* 7: 112–118.

M. PIETRASZKO, J. JANKOWSKA, B. LUTOMIRSKA

**GENOTYPIC AND ENVIRONMENTAL VARIABILITY OF OCCURRENCE INTERNAL
TUBERS DEFECTS IN THE YIELD OF POTATO BREEDING LINES**

Summary

The aim of the study was to assess the variability range of the occurrence of internal brown spot and hollow hearts in the yield of advanced breeding materials of potato. Field experiments were carried out in 2008–2013 in the Institute of Plant Breeding and Acclimatization, Division Jadwisin near Warsaw and in three locations in the northern parts of the country. The assessment included 146 potato lines from different maturity groups. The results of the study indicate that the internal brown spot in tubers of potato breeding lines of all analyzed maturity groups was determined by genotyping factor and by environmental conditions of cultivation. The hollow hearts was determined by genotyping factor of very early and early and middle early maturity groups. Environmental conditions have a significant impact on the occurrence of hollow hearts in the middle early group of potato breeding lines. There was also significant relationship between the air and soil temperature and rainfalls in subsequent tuber growth phases and the occurrence of tubers with defects.

Key words: potato breeding lines, tubers defects, internal brown spot (IBS), hollow hearts

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 16.04.2015

Do cytowania – *For citation*:

Pietraszko M., Jankowska J., Lutomirska B. 2015. Genotypowa i środowiskowa zmienność występowania wad miąższu bulw w plonie rodów hodowlanych ziemniaka. *Fragm. Agron.* 32(3): 73–87.