

WPLYW INTENSYWNOŚCI CIEMNIENIA ENZYMATYCZNEGO
NA POWSTAWANIE CIEMNEJ PLAMISTOŚCI POWDERZENIOWEJ
W ZAAWANSOWANYCH MATERIAŁACH HODOWLANYCH
ZIEMNIAKA PO DŁUGOTRWAŁYM PRZECHOWYWANIU

*Magdalena Grudzińska, Zbigniew Czerko, Kazimiera Zgórska,
Monika Borowska-Komenda*

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB
Oddział w Jadwisinie, Zakład Przetwórstwa i Przechowalnictwa Ziemniaka
ul. Szaniawskiego 15, Jadwisin, 05-140 Serock
e-mail: m.grudzinska@ihar.edu.pl

Streszczenie. Celem podjętych badań było określenie wpływu temperatury przechowywania nowych genotypów ziemniaka na intensywność ciemnej plamistości powderzeniowej. Materiałem badawczym było 178 genotypów ziemniaka trzech grup wczesności. Materiał hodowlany uprawiano na polu doświadczalnym IHAR Oddział Jadwisin. Po zbiorze i po przygotowawczym przechowywaniu bulwy umieszczono w doświadczalnej przechowalni w dwóch temperaturach 8°C i 5°C, przy wilgotności względnej powietrza 90-95%. Doświadczenie prowadzono przez pięć sezonów przechowalniczych. Podatność na ciemną plamistość powderzeniową oraz ciemnienie enzymatyczne genotypów oznaczano w dwóch terminach: bezpośrednio po zbiorze oraz po 7 miesiącach przechowywania. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że temperatura przechowywania zaawansowanych materiałów hodowlanych ziemniaka miała istotny wpływ na powstawanie ciemnej plamistości powderzeniowej (CPP) oraz intensywność ciemnienia enzymatycznego bulw. Istnieje istotna współzależność cech pomiędzy intensywnością ciemnienia enzymatycznego, a podatnością genotypów ziemniaka mało wrażliwego i wrażliwego na ciemną plamistość powderzeniową przechowywanych w niskiej temperaturze. Takich zależności nie obserwowano w genotypach ziemniaka ocenianych bezpośrednio po zbiorze oraz składowanych w wyższej temperaturze. Najniższy współczynnik zbieżności ($\varphi^2 = 36\%$) otrzymano dla genotypów mało wrażliwych na powstawanie CPP przechowywanych w niskiej temperaturze powietrza. Dla takich genotypów intensywność ciemnienia enzymatycznego może być szybkim, subiektywnym wskaźnikiem oceny podatności bulw ziemniaka na powstawanie CPP.

Słowa kluczowe: ziemniak, materiał hodowlany, temperatura przechowywania, ciemna plamistość powderzeniowa, ciemnienie enzymatyczne

WSTĘP

Podatność bulw na ciemną plamistość pouszkodzeniową (CPP) jak i ciemnienie miąższu surowych bulw ziemniaka to cechy warunkujące ich jakość, niezależnie od kierunku użytkowania surowca. Ciemne plamy w miąższu oraz szybkie i intensywne ciemnienie obniżają jakość bulw przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji i do przetwórstwa, a także powodują duże straty ekonomiczne (Storey 2007).

Zmiana zabarwienia miąższu tuż pod skórą jest fizjologicznym zaburzeniem spowodowanym stresem mechanicznym podczas zbioru, obróbki oraz warunków przechowywania. Powstające ciemne plamy w miąższu bulw są wynikiem katalitycznego działania oksydazy polifenolowej, która przekształca związki fenolowe, a głównie tyrozynę, w barwniki melaninowe (Sawyer i Collin 1960, Zgórska 1989, Stevens i Davelaar. 1997, Lærke i in. 2002).

Problematyka związana z ciemną plamistością poudzerzeniową bulw jest przedmiotem badań prowadzonych na wielu płaszczyznach m.in. genetycznej (Brown i in. 1999, Hara 2010, Domański i in. 2007), środowiskowej, agrotechnicznej i przechowalniczej (Zgórska i Frydecka-Mazurczyk 2000, Ciećko i in. 2005, Esehaghbeygi i Besharati 2009, Grudzińska 2012). Jak do tej pory udało się m.in. określić chemiczny i fizyczny mechanizm powstawania ciemnych plam (Hughes 1980, Stevens i in. 1998), sklasyfikować uszkodzenia mechaniczne, w wyniku których powstają ciemne zabarwienia w miąższu (Baritelle i in. 2000), ustalić czynniki powodujące podatność ziemniaków na tę cechę.

Pomimo wielu badań nad ciemną plamistością poudzerzeniową od dziesiątków lat nie udało się ustalić wskaźnika prognozowania powstawania ciemnych plam w miąższu bulw ziemniaka po długotrwałym przechowywaniu. Stąd też celem podjętych badań było ustalenie zależności pomiędzy ciemną plamistością poudzerzeniową a enzymatycznym ciemnieniem miąższu bulw surowych w zaawansowanych materiałach hodowlanych ziemniaka po długotrwałym przechowywaniu oraz określenie wpływu temperatury przechowywania genotypów ziemniaka na intensywność tego ciemnienia.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym było 178 zaawansowanych materiałów hodowlanych ziemniaka, w trzecim pokoleniu poprzedzającym materiał siewny w kategorii kwalifikowany, który został wytworzony przez hodowcę z własnego materiału. Wszystkie badane genotypy ziemniaka były materiałem siewnym elitarnym przed bazowym (PB/III) w trzech grupach wczesności. Materiał hodowlany uprawiano na polu doświadczalnym IHAR-PIB Oddział w Jadwisinie. Stosowano nawóz zielony – gorczycę białą w ilości 35 t·ha⁻¹ jako międzyplon wysiewany jesienią

oraz nawożenie mineralne N – 94 kg·ha⁻¹, P₂O₅ – 88 kg·ha⁻¹ i K₂O – 135 kg·ha⁻¹. W okresie wegetacji przeprowadzono zabiegi zgodne z zasadami dobrej praktyki rolniczej. Bulwy zbierano w pełnej dojrzałości fizjologicznej.

Bezpośrednio po zbiorze (III dekada września) bulwy umieszczono w doświadczalnej przechowalni w następujących warunkach:

- w okresie przygotowawczym, przez pierwsze dwa tygodnie po zbiorze, utrzymywano temperaturę 15°C, przy wilgotności względnej 90-95%;
- w ciągu następných dwóch tygodni temperaturę stopniowo obniżano do temperatury 8°C i 5°C, zachowując taką samą wilgotność.

Doświadczenie wykonano w pięciu sezonach przechowalniczych, w latach 2008-2012. Ocenę ciemnienia enzymatycznego prowadzono metodą subiektywną (duńska skala barwna 9^o) na rozdrobnionych, nieobraných bulwach ziemniaka. Odczytu ciemnienia dokonywano zaraz po rozdrobnieniu oraz po 60 minutach od momentu rozdrobnienia. Różnica między pomiarami (0-60 min.) stanowi stopień intensywności ciemnienia enzymatycznego. Podatność na ciemną plamistość poudzerzeniową genotypów oznaczano zawsze w dwóch terminach: bezpośrednio po zbiorze (III dekada września) oraz po 7 miesiącach przechowywania surowca (II dekada kwietnia) w temperaturze (8 i 5°C). Do oznaczeń pobierano po około 50 bulw, które następnie uszkodzono na wytrząsarce „Shaker equipment” przez 30 sekund przy 150 obr.:min⁻¹. Uszkodzone bulwy przechowywano w temperaturze 18-20°C przez 3 dni. Po tym czasie oceniano głębokość plam, przy użyciu nożyka szczelinowego (szerokość szczeliny 1,75 mm), w skali 5^o, gdzie:

1. plama do głębokości 3,5 mm (2 cięcia nożykiem) x 1,
2. plama do głębokości 3,6 mm do 5,25 mm (3 cięcia nożykiem) x 2,
3. plama do głębokości 5,3 mm do 7,0 mm (4 cięcia nożykiem) x 3,
4. plama do głębokości 7,1 mm do 8,75 mm (5 cięć nożykiem) x 4,
5. plama do głębokości > 8,8 mm x 5.

Indeks ciemnej plamistości (I_{cp}) obliczano według Rastovski i in. (1981).

Istotność wpływu badanych czynników na analizowane cechy określono, stosując analizę wariancji dwuczynnikowej oraz analizę regresji liniowej przy użyciu programu SAS. Do testowania różnic między wartościami średnimi, przy poziomie istotności $\alpha < 0,05$, wykorzystano test Tukey'a. W oparciu o analizę regresji liniowej, obliczono współczynniki zbieżności.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Proces powstawania ciemnej plamistości poudzerzeniowej jest złożony i zależy od wielu czynników. W badaniach nad odziedziczalnością tej cechy Komorowska-Jędrys i in. (2002), Domański i in. (2007), Hara-Skrzypiec i Jakuczun (2013) wykazały, że stopień genetycznego uwarunkowania cechy jest bardzo wysoki

i wynosi około $H_n = 0,85$. Podobne wyniki otrzymały Zgórska i Frydecka-Mazurczyk (2000), które obliczając procentowy udział komponentów wariacyjnych w kształtowaniu cechy, otrzymały 70% wpływ czynnika genetycznego na poziom powstawania CPP w ziemniakach. Badania m.in. Burtona (1966), Ratuszniaka (1996) oraz Zgórskiej i Frydeckiej-Mazurczyk (2000) wykazały, że ciemna plamistość poudzerzeniowa nie jest ściśle uzależniona od długości okresu wegetacji roślin. W związku z tym całą pulę 178 badanych genotypów podzielono na trzy grupy wrażliwości według Aepliego (1979), nie rozdzielając ich na grupy wczesności – tabela 1.

Tabela 1. Ilość genotypów według grup wrażliwości na powstawanie ciemnej plamistości poudzerzeniowej (średnia z lat 2008-2012)

Table 1. Numbers of genotypes in groups of sensitivity to the formation of impact black spot (mean for 2008-2012)

Grupy wrażliwości genotypów na powstawanie ciemnej plamistości poudzerzeniowej Groups of sensitivity of genotypes to the formation of black spot	Ilość badanych genotypów ziemniaka Number of potato genotypes
Mało wrażliwe – Low sensitivity Indeks – Index (0-19,9)	59
Średnio wrażliwe – Medium sensitivity Indeks – Index (20-39,9)	82
Wrażliwe – Sensitive Indeks – Index (>40)	37
Σ genotypów – Σ genotypes	178

W grupie materiałów hodowlanych mało wrażliwych, których indeks ciemnej plamistości kształtował się na poziomie od 0,0 do 19,9, znajdowało się 59 genotypów, w grupie średnio wrażliwych przy indeksie CPP od 20,0 do 39,9 było 82 genotypów, natomiast w grupie genotypów wrażliwych było 37 genotypów.

W latach osiemdziesiątych autorzy prac poświęconych ciemnej plamistości poudzerzeniowej wykazali, że niska temperatura przechowywania powoduje zwiększenie podatności ziemniaków na tę cechę (Rastovski i Van Es 1981, Hartmans i Van Es 1981). Zgórska i Frydecka-Mazurczyk (1985) zauważyły dodatkowo, że różnice pomiędzy podatnością na badaną cechę u niektórych odmian, po 7 miesiącach przechowywania w wyższej i niższej temperaturze, są nieistotne statystycznie. W przeprowadzonych badaniach obserwowano podobną zależność. Po 7 miesiącach składowania surowca nie wykazano istotnie statystycznych różnic pomiędzy podatnością na badaną cechę bulw ziemniaka z grupy mało wrażli-

wych i wrażliwych, przechowywanych, zarówno w niższej, jak i wyższej temperaturze (tab. 2). Odmienne wyniki uzyskano dla materiałów hodowlanych z grupy średnio wrażliwych. Indeks ciemnej plamistości poudzerzeniowej dla bulw ziemniaka przechowywanych w temperaturze 5°C kształtował się na poziomie 45, a dla ziemniaka przechowywanego w temperaturze 8°C wynosił 61. Większa podatność bulw na CPP przechowywanych w temperaturze 8°C miała związek ze wzrostem ubytków naturalnych (Rastovski i Van Es 1981, Sowa-Niedziałkowska i Zgórska 2005, Czerko 2009). Laerke i in. (2002) wykazali, że taka zależność nie jest regułą, ponieważ istnieją odmiany ziemniaka, które pomimo spadku turgoru po długotrwałym przechowywaniu nie wykazują wyższej podatności do powstawania ciemnych plam do uderzeniu. Autorzy tłumaczą to podziałami wewnątrzkomórkowymi i ciśnieniem w nich oraz energią uderzenia.

Tabela 2. Podatność genotypów ziemniaka na ciemną plamistość poudzerzeniową oraz stopień ciemnienia enzymatycznego miąższu bulw surowych po zbiorze i po przechowywaniu w temperaturze 5 i 8°C

Table 2. Susceptibility of potato genotypes to impact black spot and degree of enzymatic darkening of parenchyma of raw tubers after harvest and after storage at 5 and 8°C

Grupa wrażliwości – Groups of sensitivity	Po zbiorze; After harvest	Po przechowywaniu w: After storage at:	
		5°C	8°C
Indeks Ciemnej Plamistości Poudzerzeniowej – Impact Blackspot Index			
Mało wrażliwe – Low sensitivity	12,00 ^a ±7,40	27,45 ^b ±2,46	26,54 ^b ±5,14
Średnio wrażliwe – Medium sensitivity	31,70 ^a ±9,30	45,11 ^b ±4,36	61,36 ^c ±3,75
Wrażliwe – Sensitive	72,80 ^a ±2,64	78,04 ^b ±5,00	81,40 ^b ±1,46
Stopień ciemnienia enzymatycznego – Degree of enzymatic darkening			
Mało wrażliwe – Low sensitivity	2,26 ^a ±0,50	2,76 ^b ±0,36	2,51 ^a ±0,16
Średnio wrażliwe – Medium sensitivity	2,02 ^a ±0,24	2,44 ^b ±0,13	2,25 ^a ±0,32
Wrażliwe – Sensitive	2,02 ^a ±0,32	2,50 ^b ±0,19	2,56 ^b ±0,21

Objaśnienia – Explanatory notes:

Wartość średnia z “n” genotypów ± odchylenie standardowe – Average of “n” of genotypes ± standard deviation (SD),

Wartości średnie w wierszach oznaczone indeksami (a, b, c) różnią się statystycznie przy $\alpha \leq 0,05$;
– Mean values in columns denoted with letters (a, b, c) are statistically significant at $\alpha \leq 0,05$.

Cechą decydującą o przydatności odmian do bezpośredniej konsumpcji, a także do przetwórstwa, jest ciemnienie enzymatyczne bulw surowych. W badaniach własnych wszystkie analizowane grupy materiałów hodowlanych ziemniaka charakteryzowały się niską skłonnością do ciemnienia enzymatycznego, zarówno po

zbiiorze, jak i po 7-miesięcznym okresie przechowywania (oceny od 2,0 do 2,76) (tab. 2). Zauważono, iż w przypadku genotypów ziemniaka mało i średnio wrażliwego na CPP istotny wpływ na badaną cechę miała temperatura przechowywania. Intensywniej ciemniały bulwy przechowywane w temperaturze 5°C. Sabba i Dean (1996) podają, iż ziemniaki długo przechowywane w niskiej temperaturze mają większą aktywność enzymów proteolitycznych, a w konsekwencji wyższą zawartość wolnej tyrozyny. Prowadzi to do intensywniejszego ciemnienia surowej miazgi. Podobne wnioski wysunęli Zgórska (1989), Munet (1981), Cobb (1999) oraz Esehaghbeygi i Besharati (2009).

W tabeli 3 przedstawiono współczynniki korelacji oraz zbieżności cech pomiędzy intensywnością ciemnienia enzymatycznego, a podatnością na ciemną plamistość poudzerzeniową zaawansowanych materiałów hodowlanych ziemniaka przechowywanych w dwóch temperaturach.

Tabela 3. Współczynniki korelacji i zbieżności cech pomiędzy intensywnością ciemnienia enzymatycznego bulw ziemniaka a podatnością genotypów na ciemną plamistość poudzerzeniową po zbiorze oraz po przechowywaniu w temperaturze 5 i 8°C

Table 3. Correlation coefficients between enzymatic browning intensity of tubers and susceptibility of potato genotypes to impact blackspot after harvest and after storage at 5 and 8°C.

Grupy podatności na ciemną plamistość poudzerzeniową Groups of susceptibility to impact blackspot	Po zbiorze; After harvest		Po długotrwałym przechowywaniu w: After long-term storage at:			
			5°C		8°C	
	r	φ^2	r	φ^2	r	φ^2
Mało wrażliwe Low sensitivity	0,57 ^{n.i}	67	0,80*	36	0,17 ^{n.i}	97.
Średnio wrażliwe Medium sensitivity	0,58 ^{n.i}	66	0,54 ^{n.i}	70	0,20 ^{n.i}	96
Wrażliwe Sensitive	0,54 ^{n.i}	60	0,67*	56	0,15 ^{n.i}	98

Objaśnienia – Explanatory notes:

r – współczynnik korelacji – r – correlation coefficient,

φ^2 – współczynnik zbieżności – φ^2 – convergence coefficient,

* – istotność współczynnika korelacji $\alpha \leq 0,05$ – Significance of correlation coefficient $\alpha \leq 0.05$

^{n.i} – nieistotne – not significant.

Współczynniki korelacji pomiędzy badanymi cechami po zbiorze były nieistotne statystycznie, wynosiły od $r = 0,54$ do $r = 0,58$. Zbieżność cech kształtowała się na poziomie od 60 do 67%, co oznacza prawie 40% wpływ innych czynników na ciemną plamistość poudzerzeniową w bulwach ziemniaka po zbiorze.

Zgórska i Frydecka-Mazurczyk (2000) sugerowały hierarchię ważności cech, które mogą być przyczyną powstawania ciemnej plamistości poudzerzeniowej. Autorki te podkreślają, że najważniejszy wpływ na badaną cechę ma czynnik odmianowy (około 70%) i warunki atmosferyczne w czasie wegetacji (około 20%). Podobne zależności w zaawansowanych materiałach hodowlanych ziemniaka zauważyły Komorowska-Jędrzej i in. (2002), stwierdzając, że o powstawaniu ciemnej plamistości poudzerzeniowej decyduje przede wszystkim czynnik odmianowy (około 60%). Dean i in. (1993) oraz Eshaghbeygi i Besharati (2009) podają, że wpływ innych czynników (około 20%) niż odmianowy uwarunkowany jest warunkami atmosferycznymi oraz agrotechnicznymi (niszczenie naci) panującymi w czasie wegetacji roślin. Autorzy tłumaczą to wzmożoną produkcją tyrozyny w bulwach.

Istotne zależności pomiędzy ciemną plamistością poudzerzeniową, a ciemnieniem enzymatycznym bulw ziemniaka obserwowano w zaawansowanych materiałach hodowlanych mało wrażliwych ($r = 0,80$) oraz wrażliwych ($r = 0,67$), przechowywanych w niskiej temperaturze (5°C). Im intensywniejsze było ciemnienie enzymatyczne miazgi ziemniaczanej, tym większa była podatność na ciemną plamistość poudzerzeniową. Współczynnik zbieżności cech w grupie genotypów mało wrażliwych był najniższy – 36%. Tak niski współczynnik zbieżności można tłumaczyć dominującym wpływem (64%) wolnej tyrozyny (kwasów fenolowych) (Stevens i in. 1998, Laerke i in. 2002, Grudzińska 2006) i wysoką aktywnością enzymów katalizujących reakcje brązowienia w ziemniakach przechowywanych w niskich temperaturach (Cabezas-Serrano i in. 2009). Podobne zależności otrzymał Pavek (1985).

Nie wykazano istotnych zależności pomiędzy podatnością na ciemną plamistość poudzerzeniową, a ciemnieniem enzymatycznym miazgi ziemniaczanej materiałów hodowlanych przechowywanych w wyższej temperaturze (8°C) niezależnie od grupy wrażliwości na CPP.

WNIOSKI

1. Temperatura przechowywania materiałów hodowlanych ziemniaka (materiał przedbazowy) miała istotny wpływ na powstawanie ciemnej plamistości poudzerzeniowej oraz intensywność ciemnienia enzymatycznego bulw.

2. Istnieje istotna współzależność cech pomiędzy intensywnością ciemnienia enzymatycznego, a podatnością na ciemną plamistość poudzerzeniową genotypów ziemniaka mało wrażliwego i wrażliwego przechowywanych w niskiej temperaturze. Takich zależności nie obserwowano w genotypach ziemniaka po zbiorze oraz składowanych w temperaturze 8°C .

3. Dla genotypów mało wrażliwych intensywność ciemnienia enzymatycznego może być szybkim, subiektywnym wskaźnikiem oceny podatności ziemniaków na powstawanie CPP.

PIŚMIENNICTWO

- Aepli A., 1979. Einfluss von Sorte, Erntetermin und Standort auf die Blauempfindlichkeit. Praca doktorska, Zurich.
- Baritelle A., Hyde R., Thornton R., Bajema R., 2000. A classification system for impact-related defects in potato tubers. *Amer J of Potato Res.*, 77, 143-148.
- Brook R.C., 1996. Potato bruising – How and why emphasizing black spot bruise. Running Water Publishing, Haslett Michigan, USA, 1-112.
- Brown C.R., McNabney M., Dean B., 1999. Genetic characterization of reduced melanin formation in tuber tissue of *Solanum hjertingii* and hybrids with cultivated diploids. *Am. J. Potato Res.*, 76, 37-43.
- Burton W.G., 1966. The potato. 2nd edition Wageningen, The Netherland.
- Cabezas-Serrano A., B., Amodio M.L., Cornacchia R., Rinaldi R., Colelli G., 2009. Suitability of five different potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to be processed as fresh – cut products, *Postharvest Biology and Technology*, 53, 138-144.
- Ciećko Z., Rogozińska I., Żołnowski A.C., Wyszowski M., 2005. Oddziaływanie nawożenia potasem przy zróżnicowanych dawkach N i P na cechy kulinarne bulw ziemniaka. *Biul. IHAR*, 237/238, 151-159.
- Cobb A.H., 1999. A review of the physiology of bruising in potatoes. The 14th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Sorrento, Italy, 198-199.
- Czerko Z., 2009. Wpływ odmiany i temperatury przechowywania ziemniaków na wielkość strat masy bulw. *Biul. IHAR*, 254, 159-168.
- Dean B.B., Jackowiak N., Nagle M., Pavek J., Corsini D., 1993. Blackspot pigment development of resistant and susceptible *Solanum tuberosum* L. genotypes at harvest and during storage measured by three methods of evaluation. *American Potato Journal*, 70, 201-217.
- Domański L., Michalak K., Zimnoch-Guzowska E., 2007. Zróżnicowanie podatności wybranych odmian ziemniaka na ciemną plamistość pouszkodzeniową bulw. *Biul. IHAR*, 246, 145-149.
- Esehaghbeygi A., Besharati S., 2009. Potato variety and storage for tuber sensitivity in bruising. *Word Applied Sciences Journal*, 7, 1504-1507.
- Grudzińska M., Zgórska K., 2006. Intensywność ciemnienia enzymatycznego a zawartość związków fenolowych w różnych częściach bulw ziemniaka. *Zesz. Post. Nauk Roln.*, 511, 585-592.
- Hara A., 2010. Poziom ciemnej plamistości poudzerzeniowej w ziemniaku diploidalnym o złożonym pochodzeniu. *Ziemniak Polski*, 2, 1-5.
- Hara-Skrzypiec A., Jakuczun H., 2013. Diploid Potato Hybrids as Sources of Resistance to Blackspot Bruising. *Am. J. Potato Res.*, 90, 451-459.
- Hartmans K.J., Van Es A., 1981. Blackspot susceptibility research, some general aspects. *Abstr. EAPR Physiology Section*, Norwich 1980.
- Hughes J.C., 1980. Role of tuber properties in determining susceptibility of potato damage. *Ann. Appl. Biol.*, 96, 344-345.
- Komorowska-Jędrzyńska J., Ochanowicz T., Szewczyk B., 2002. Ocena ciemnej plamistości poudzerzeniowej bulw ziemniaka. *Biul. IHAR*, 221, 147-151.

- Lærke P.E., Christiansen J., Veierskov B., 2002. Colour of blackspot bruises in potato tubers during growth and storage compared to their discolouration potential. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 99-111.
- Muneta P., 1981. Comparisons of inhibitors of tyrosine oxidation in the enzymatic blackening of potatoes, *Am. Potato J.*, 58, 85-93.
- Pavek J., Corsini D., Nissley F., 1985. A rapid method for determining blackspot susceptibility of potato clones. *Am. Potato J.*, 62, 511-517.
- Rastovski A., Van Es A., 1981. Storage of potatoes. (ed.) PUBDOC, Wageningen 1981, pp. 157.
- Ratuszniak E., 1996. Badania nad zmiennością cechy ciemnienia poudzerzeniowego bulw ziemniaka. *Biul. IHAR*, 200, 405-408.
- Sabba R.P., Dean B.B., 1996. Effect of cold storage on proteinase and chorismate mutase activities in *Solanum tuberosum* L. Genotypes differing in blackspot susceptibility. *Am. Potato J.*, 73, 113-122.
- Sawyer L., Collin G.H. 1960. Black spot of potatoes. *Am. Potato J.*, 37, 115-126.
- Sowa-Niedziałkowska G., Zgórska K., 2005. Wpływ czynnika termicznego i odmianowego na zmiany ilościowe w czasie długotrwałego przechowywania bulw ziemniaka, *Pamiętnik Puławski*, 139, 233-244.
- Stevens L.H., Davelaar E., 1997. Biochemical potential of potato tubers to synthesize blackspot pigments in relation to their actual blackspot susceptibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 4221-4226.
- Stevens L.H., Davelaar E., Kolb R.M., Pennings E.J.M., Smit N.P.M., 1998. Tyrosine and cysteine are substrates for blackspot synthesis in potato. *Phytochemistry*, 49, 703-707.
- Storey R.M.J., 2007. The harvested crop. In: *Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives*, ed. Vreugdenhil D. *et al.* Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 459-468.
- Zgórska K., 1989. Biologiczne i ekologiczne czynniki warunkujące podatność bulw ziemniaka na powstawanie ciemnej plamistości poudzerzeniowej. Rozprawa habilitacyjna 40, Instytut Ziemniaka, Bonin 1989, 91 ss.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A., 1985. Wpływ temperatury przechowywania i dojrzałości bulw na powstawanie ciemnej plamistości poudzerzeniowej, *Biul. IHAR*, 33, 121-127.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A., 2000. Czynniki wpływające na ciemną plamistość poudzerzeniową. *Biul. IHAR*, 213, 253-259.

EFFECT OF INTENSITY OF ENZYMATIC DARKENING ON FORMATION OF IMPACT BLACK SPOT IN ADVANCED BREEDING MATERIAL OF POTATO AFTER LONG-TERM STORAGE

*Magdalena Grudzińska, Zbigniew Czerko, Kazimiera Zgórska,
Monika Borowska-Komenda*

Department of Potato Storage and Processing
Plant Breeding and Acclimatization Institute, Research Division Jadwisin
ul. Szaniawskiego 15, Jadwisin, 05-140 Serock
e-mail: m.grudzinska@ihar.edu.pl

Abstract. The aim of this study was to determine the effect of storage temperature of new potato genotypes on the intensity of black spot. The study was conducted on 178 potato genotypes representing three groups of earliness. The breeding material was grown on the experimental field of IHAR

Jadwisin Division. After harvest (third decade of September) tubers were placed in an experimental storage facility at two temperatures, 8°C and 5°C, at relative humidity of 90-95%. The experiment was conducted in five storage seasons, in the years 2008-2012. Susceptibility of the genotypes to black spot was determined in two periods: immediately after harvest and after 7 months of storage at two temperatures. On the basis of the studies it was demonstrated that storage temperature of potato breeding material had a significant impact on blackspot formation and enzymatic browning intensity. There is a significant correlation between the intensity of enzymatic darkening and the susceptibility of potato genotypes low sensitive and sensitive to blackspot stored at low temperature. Such a relationship was not observed in potato genotypes directly after harvest and stored at higher temperature. The lowest rate of convergence ($\varphi^2 = 36\%$) was obtained for genotypes low sensitive to the formation of impact blackspot stored at low temperature. For these genotypes enzymatic darkening intensity may be a subjective indicator for the assessment the susceptibility of potatoes to the formation of impact black spot.

Keywords: potato, breeding material, temperature of storage, impact black spot, enzymatic darkening