

BARBARA SAWICKA<sup>1</sup>, JAN KUŚ<sup>2</sup>, PIOTR BARBAŚ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin – AR Lublin

<sup>2</sup>Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej – IUNG-PIB, Puławy

<sup>3</sup>Zakład Agronomii Ziemiaka – IHAR Oddział w Jadwisinie

## CIEMNIENIE MIĄŻSZU BULW ZIEMIKA W WARUNKACH EKOLOGICZNEGO I INTEGROWANEGO SYSTEMU UPRAWY

Darkening of potato tubers flesh in the organic and integrated production systems

**ABSTRAKT.** Badania oparto na doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2000–2002 w stacji doświadczalnej IUNG Osiny, na glebie kompleksu żyniego dobrego. Czynniki eksperymentu były: system produkcji roślinnej (integrowany i ekologiczny) i odmiana ziemniaka (Baszta, Wolfram, Ania, Salto, Wawrzyn). Bulwy ziemniaka w kl. A sadzono w rozstawie 70 × 35 cm 25–27 kwietnia. W każdym z systemów stosowano różne zmianowania oraz technologie produkcji. W systemie integrowanym (ziemniak – jęczmień jary – bobik – pszenica ozima + poplon z gorczycy białej) wnoszono nawożenie fosforowo-potasowe równoważące pobranie w ilości: 110 kg N, 60 kg P, 60 kg K. Kompost w dawce 35 t·ha<sup>-1</sup> stosowano tylko raz w rotacji zmianowania – pod ziemniak. Chemiczne zabiegi ochrony roślin stosowano uwzględniając progi szkodliwości agrofagów. W systemie ekologicznym (ziemniak – jęczmień jary – koniczyna z trawą użytkowaną 2 lata – pszenica ozima + poplon z gorczycy białej i wyki jarej) nie stosowano nawozów mineralnych i pestycydów z wyjątkiem preparatów Novodor i Permasect przeciwko sionce ziemniaczanej. Pod ziemniak wnoszono tylko 2-letni kompost (słoma + koniczyna czerwona + dodatek obornika) w ilości 35 t × ha<sup>-1</sup>. Ograniczanie występowania chwastów w tym systemie polegało na bronowaniu broną chwastownikiem do wschodów, 3-krotnym obredlaniu i jednokrotnym pieleniu ręcznym tuż przed ostatnim redleniem. Celem badań było określenie wpływu systemów uprawy ziemniaka na ciemnienie miąższu bulw surowych i gotowanych. Ekologiczny system uprawy przyczynił się do poprawienia jakości bulw poprzez zmniejszenie ciemnienia miąższu bulw surowych ocenianego po 1 godzinie oraz części wierzchołkowej bulw gotowanych ocenianego po 10 minutach i 2 godzinach.

**słowa kluczowe – key words:**

ziemniak – *potato*, systemy produkcji – *crop production systems*, odmiany – *cultivars*, ciemnienie bulw – *darkening of tubers*

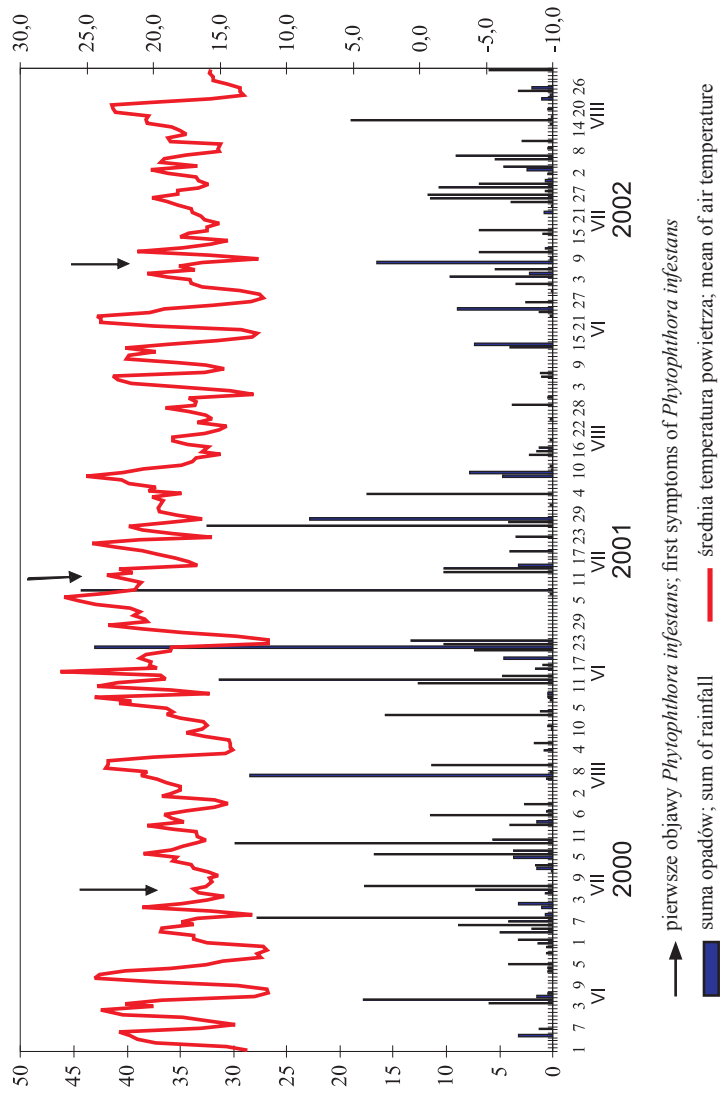
### WSTĘP

Ziemniak przeznaczony zarówno do bezpośredniego spożycia, jak i do przerobu na produkty spożywcze (chipsy, frytki, susze ziemniaczane itp.) powinien charak-

teryzować się odpowiednimi cechami jakościowymi. Do najważniejszych zalicza się podatność na ciemnienie miąższu bulw surowych i ugotowanych. Na cechy te wpływają czynniki genetyczne i środowiskowe (1, 2, 4, 9-12, 14-16). Ciemnienie miąższu bulw surowych występujące po obraniu jest skutkiem enzymatycznego utleniania związków fenolowych. Na zmianę barwy miąższu bulw wpływa melanina, która jest produktem utleniania tyrozyny przy katalitycznym działaniu enzymu tyrozynazy. Ciemnienie bulw gotowanych (after cooking darkening – ACD) jest z kolei procesem nieenzymatycznym. Współdziałanie czynników genetycznych i siedliskowych oddziałuje na koncentrację CgA (chlorogenic acid – kwas chlorogenowy), CA (citric acid – kwas cytrynowy), AA (ascorbic acid – kwas askorbinowy) i żelaza, które w efekcie określają stopień ciemnego zabarwienia (pigmentacji), począwszy od barwy szarej do prawie czarnej. Ilość CgA w bulwach znajduje się pod kontrolą genetyczną (1, 9, 18-19, 21), podczas gdy na zawartość CA i AA silnie wpływają warunki wzrostu roślin i przechowywania bulw (3, 5, 7, 13). Zawartość żelaza w bulwach zależy w pierwszym rzędzie od typu gleby i warunków wzrostu (19-21). Podczas gotowania powstaje żelazawy chlorogenowy kwaśny kompleks, który utlenia się do niebieskawo-szarego złożonego kwasu żelazowo-dichlorogenowego (3, 5, 6, 9, 11). Ciemnienie po ugotowaniu zostało uznane przez hodowców i przetwórców za cechę niepożądaną bulw, chociaż nie oddziałuje ani na smak, ani na żywieniową wartość ziemniaka. Wiele spośród produktów konsumpcyjnych jest przyjmowane lub odrzucane na podstawie koloru i ciemnienia po ugotowaniu (ACD) uważanego za jedną z kluczowych wad jakościowych oddziałujących na wartość rynkową ziemniaka, zarówno dla przetwórstwa, jak i na konsumpcję (17). Systemy uprawy mogą różnicować cechy jakości ziemniaka, stąd też celem badań było określenie wpływu systemów uprawy ziemniaka na ciemnienie miąższu bulw surowych i gotowanych.

#### MATERIAŁ I METODY

Wyniki badań oparto na doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2000–2002 w polowej stacji doświadczalnej w Osinach, na glebie wytworzonej z piasków gliniastych mocnych, kompleksu żytniego bardzo dobrego, o odczynie lekko kwaśnym (pH 5,5 w KCl). Czynnikiem eksperymentu były: systemy uprawy roślin (integrowany i ekologiczny) oraz odmiana ziemniaka: Baszta – średnio wczesna, Ania, Salto i Wolfram – średnio późne oraz Wawrzyn – późna. W każdym z systemów stosowano różne zmianowania oraz technologie produkcji. Bulwy w kl. A sadzono w rozstawie 70 × 35 cm 25–27 kwietnia. W każdym systemie uprawy stosowane były różne zmianowania i różne technologie produkcji. W systemie integrowanym (ziemniak – jęczmień jary – koniczyna czerwona – pszenica ozima + poplon z gorczycy białej i wyki jarej) wnoszono nawożenie fosforowo-potasowe



Rys. 1. Przebieg temperatur i opadów w okresie czerwiec–sierpień 2000–2002 w Osinach wg IUNG  
 Daily air temperatures and rainfall in July–August 2000–2002 in Osnin according to IUNG

równoważące pobranie w ilości: 110 kg N, 60 kg P, 60 kg K. Kompost w dawce 35 t·ha<sup>-1</sup> stosowano tylko raz w rotacji zmianowania – pod ziemniak. Chemiczne zabiegi ochrony roślin stosowano wykorzystując progi szkodliwości agrofagów. Ograniczenie zachwaszczenia w systemie integrowanym polegało na wykonywaniu zabiegów mechanicznych do wschodów roślin, a tuż przed wschodami ziemniaka stosowano Afalon Dyspersyjny 450 SC w dawce 2 l·ha<sup>-1</sup>, zaś po wschodach (w fazie 15–20 cm wzrostu roślin), gdy stwierdzono lokalne zachwaszczenie chwastami jednoliściennymi – Fusilade Super 125 EC (2 l·ha<sup>-1</sup>). Stonkę ziemniaczaną zwalczano przy użyciu takich preparatów jak: Bulldock 0,25 EC (0,25 l·ha<sup>-1</sup>), Bancol 50 WP (0,4 kg·ha<sup>-1</sup>), a zarazem ziemniaka stosując fungicydy: Dithane M-45 80 WP (200 g/100 kg bulw), Acrobat MZ 69 WP (2 kg·ha<sup>-1</sup>), Curzate M 72,5 WP (2,4 kg·ha<sup>-1</sup>), Tattoo C 750 SC (1,5 l·ha<sup>-1</sup>), Brestanid 502 SC (0,5 l·ha<sup>-1</sup>). Decyzję o potrzebie stosowania środków chemicznych podejmowano na podstawie obserwacji własnych zagrożenia plantacji przez stonkę i zarazę ziemniaka oraz na podstawie komunikatów PIORiN. W systemie ekologicznym (ziemniak – jęczmień jary – koniczyna z trawą użytkowana 2 lata – pszenica ozima + poplon z gorczycy białej i wyki jarej) nie stosowano nawozów mineralnych i pestycydów z wyjątkiem preparatów Novodor i Permasect przeciwko stonce ziemniaczanej. Pod ziemniak wnoszono tylko 2-letni kompost (słoma + koniczyna czerwona + siano) w ilości 35 t·ha<sup>-1</sup>. Ograniczanie chwastów w tym systemie polegało na bronowaniu broną chwastownikiem do wschodów, 3-krotnym obredlaniu i jednokrotnym pieleniu ręcznym tuż przed ostatnim redleniem. Doświadczenie prowadzono na polach wszystkich roślin równocześnie. Powierzchnia każdego z pól wynosiła około 1 ha. W czasie zbioru pobrano próbki po 20 bulw (średniej wielkości, niezazielenionych i nieuszkodzonych) w trzech powtórzeniach z każdej kombinacji doświadczenia polowego do oznaczenia ciemnienia. Ocenę ciemnienia bulw surowych przeprowadzono na ich przekroju podłużnym po 10 minutach i po 1 godzinie od przecięcia wg 9° skali europejskiej, w której 9 oznacza barwę niezmienną, a 1 ciemnienie najsilniejsze. Ciemnienie miąższu bulw gotowanych oceniano w części stolonowej i wierzchołkowej po 10 minutach i 2 godzinach od ugotowania wg 9° barwnej skali duńskiej, gdzie 9 oznacza barwę niezmienną, 1 – ciemnienie bardzo silne, barwa miąższu czarna.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji badanych cech. Ocenę istotności różnic pomiędzy porównywanymi średnimi dokonano za pomocą wielokrotnych przedziałów Tukeya.

Przebieg pogody w okresie wegetacji był zróżnicowany (rys. 1).

## WYNIKI

Stopień ciemnienia miąższu bulw surowych po 10 minutach od przekrojenia wynosił ok. 8,7°, zaś w godzinę później – 7,7° w skali 9°. Stopień pociemnienia miąższu bulw po ugotowaniu był natomiast uzależniony od rozmieszczenia pigmentu w bul-

wie. Część stolonowa bulw wszystkich badanych odmian cechowała się silniejszym ciemnieniem niż część wierzchołkowa (tab. 1, 2).

Tabela 1

Wpływ systemu uprawy, odmian i warunków uprawy na ciemnienie miąższu bulw surowych  
Influence of crop production system, variety and year of research on darkening  
of raw tubers flesh

Czynniki eksperymentu Factors		Ciemnienie bulw surowych w skali 9° Darkening of raw tubers in the scale 9°	
		10 minut od przecięcia 10 minutes from cutting	1 godzina od przecięcia 1 hour from cutting
System uprawy Crop production system	ekologiczny; organic	8,8	7,9
	integrowany; integrated	8,6	7,4
	NIR; LSD ( $\alpha \leq 0,05$ )	0,1	0,3
Odmiany Varieties	Baszta	8,9	8,2
	Wolfram	8,5	7,2
	Ania	8,8	7,6
	Salto	8,8	7,9
	Wawrzyn	8,5	7,4
	NIR; LSD ( $\alpha \leq 0,05$ )	0,4	0,7
Lata Years	2000	8,6	7,7
	2001	8,7	7,2
	2002	8,9	8,1
	NIR; LSD ( $\alpha \leq 0,05$ )	0,2	0,4
Średnio; Mean		8,7	7,7

Ekologiczny system uprawy przyczynił się do poprawy jakości ziemniaka poprzez zmniejszenie ciemnienia miąższu bulw surowych oraz gotowanych ocenianych po 10 min. (część wierzchołkowa) i po 2 godzinach (obie części bulwy); (tab. 1, 2).

Genetyczne różnice okazały się czynnikiem w największym stopniu różnicującym odmiany (tab. 1, rys. 2). Najmniejszym ciemnieniem miąższu bulw surowych, zarówno po 10 minutach, jak i po 1 godzinie od przekrojenia charakteryzowała się odmiana Baszta. Należy jednak podkreślić, że w 10 minut po przecięciu homologicznymi pod względem tej cechy i nieróżniącymi się od odmiany Baszta okazały się: Ania i Salto. Odmiany Wawrzyn i Wolfram wykazywały istotnie ciemniejszy miąższ od odmiany Baszta, ale nie różniły się istotnie od pozostałych odmian. W godzinę po przekrojeniu najjaśniejszą barwę miąższu zachowała odmiana Baszta, najciemniejszą

Tabela 2

Wpływ systemu uprawy, odmian i warunków uprawy na ciemnienie miąższu bulw gotowanych  
Influence of crop production system, variety and year of research on darkening  
of boiled tubers flesh

Czynniki eksperymentu Experimental factors		Ciemnienie bulw 10 minut po ugotowaniu w skali 9° Darkening of tubers 10 minutes after preparation in scale 9°		Ciemnienie bulw 2 godziny po ugotowaniu w skali 9° Darkening of tubers 2 hours after preparation in scale 9°	
		A	B	A	B
System uprawy Crop production system	ekologiczny organic	8,8	8,5	8,2	7,9
	integrowany integrated	8,5	8,3	7,9	7,5
	NIR; LSD ( $\alpha \leq 0,05$ )	0,3	r.n.	0,2	0,3
Odmiany Varieties	Baszta	8,8	8,5	8,1	7,8
	Wolfram	8,9	8,8	8,2	7,9
	Ania	8,7	8,5	8,2	7,8
	Salto	8,6	8,4	8,1	7,9
	Wawrzyn	8,2	7,9	7,0	7,0
	NIR; LSD ( $\alpha \leq 0,05$ )	0,7	0,6	0,7	0,8
Lata Years	2000	8,7	8,6	7,7	7,6
	2001	8,7	8,6	8,3	7,8
	2002	8,5	8,1	8,2	7,6
	NIR; LSD ( $\alpha \leq 0,05$ )	0,4	0,4	0,4	r.n.
Średnio; Mean		8,6	8,4	8,1	7,7

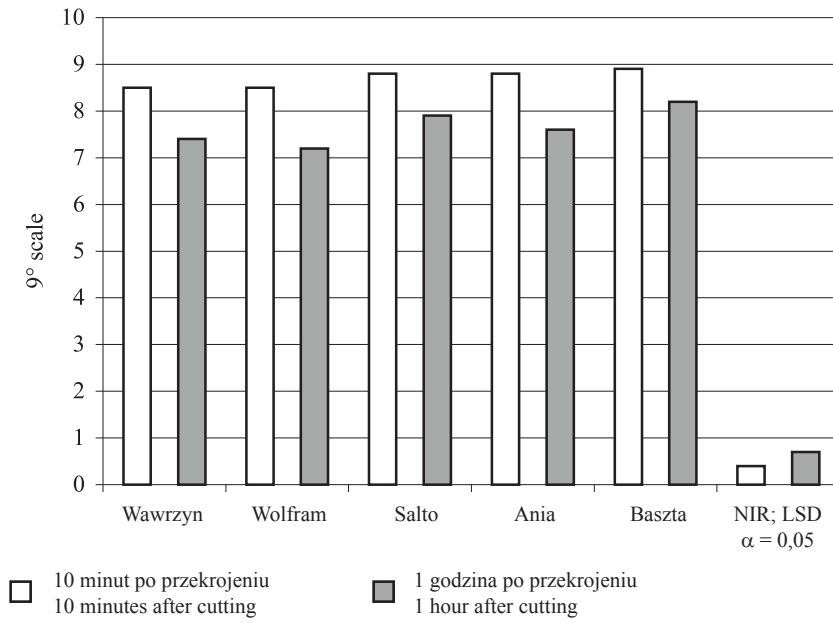
A – część wierzchołkowa; apical part

B – część stolonowa; stolon part

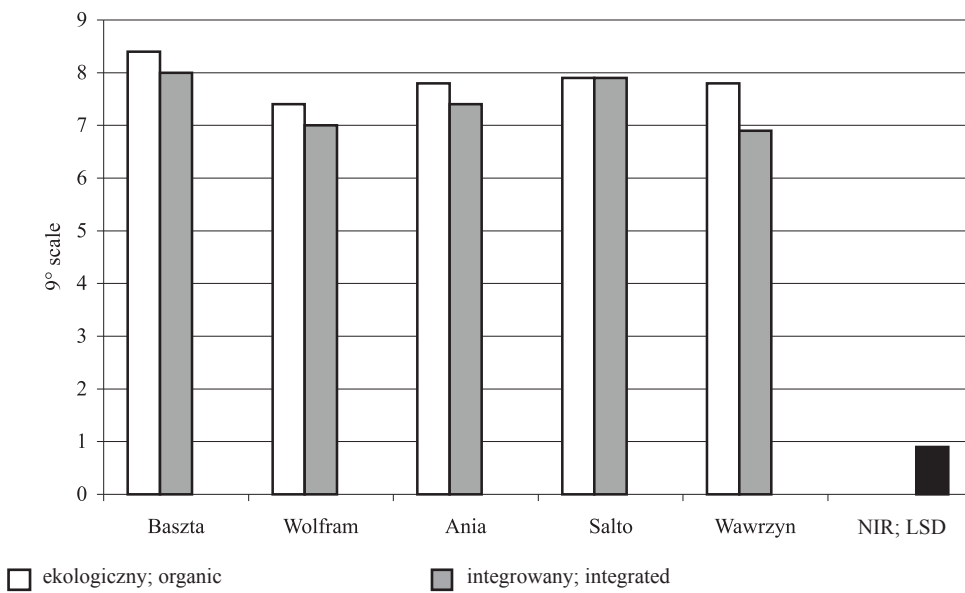
zaś – Wolfram. Odmianą o istotnie jaśniejszej barwie miąższu niż Wolfram okazała się odmiana Salto. Pozostałe odmiany były jednorodne pod względem wartości tej cechy.

Najmniejszą skłonnością do ciemnienia miąższu bulw gotowanych odznaczała się odmiana Wolfram, największą zaś – odmiana Wawrzyn, i to we wszystkich terminach oznaczeń; przy czym odmiany Baszta, Ania i Salto oraz Wawrzyn i Salto w przypadku oceny ciemnienia w 10 minut po ugotowaniu okazały się jednorodne pod względem tej cechy (tab. 2).

Badane odmiany różniły się reakcją na system uprawy (rys. 3, 4). Ciemnienie miąższu bulw surowych odmiany Wawrzyn, oceniane po 1 godzinie od przecięcia, było istotnie mniejsze w ekologicznym systemie gospodarowania niż w integrowanym (rys. 3). Dodatni efekt ekologicznego gospodarowania był widoczny też u 3 innych odmian: Baszta, Wolfram i Ania, ale nie był statystycznie istotny. Odmiana Salto natomiast nie wykazała reakcji na ten czynnik eksperymentu. Ocena miąższu bulw

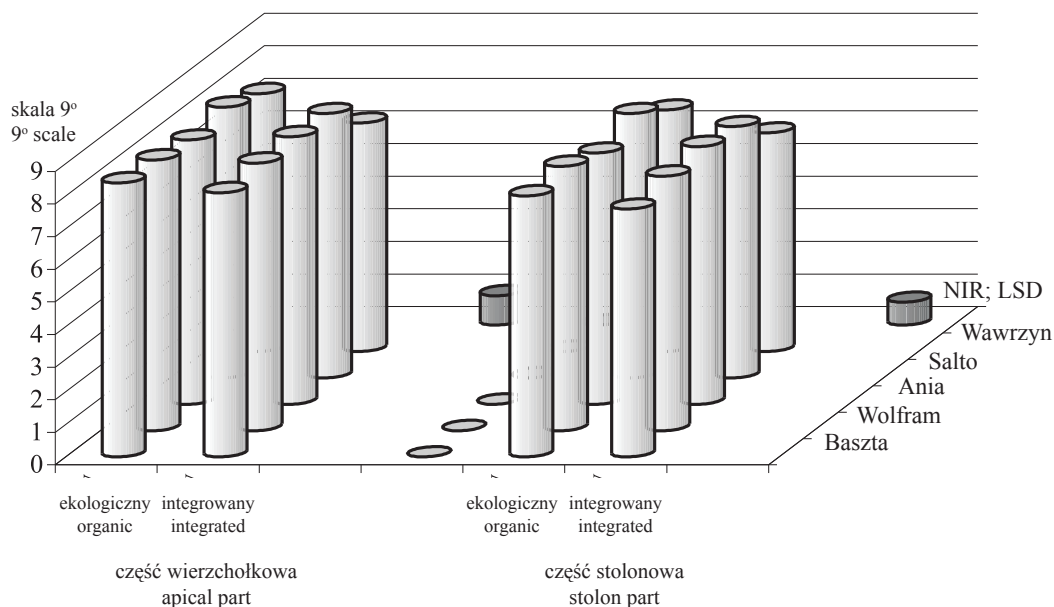


Rys. 2. Skłonność odmian ziemniaka do ciemnienia miąższu bulw surowych  
Susceptibility of potato varieties to darkening of raw tubers flesh



Rys. 3. Wpływ systemów uprawy i odmian na ciemnienie miąższu bulw surowych  
po 1 godzinie od przekrojenia  
Influence of crop production system and variety on darkening of raw tubers flesh  
after 1 hours from cutting

gotowanych po 2 godzinach od przekrojenia w części wierzchołkowej pozwoliła zaobserwować, że tylko odmiana Wawrzyn reagowała istotnym pojaśnieniem barwy miąższu na ekologiczny system produkcji, w porównaniu z systemem integrowanym. W przypadku części stolonowej bulw, ocenianych po 2 godzinach od przekrojenia, korzystną reakcją na ekologiczny system uprawy wykazały odmiany Baszta i Wawrzyn. W przypadku pozostałych odmian obserwowano jedynie tendencję do zmiany podatności na ciemnienie miąższu pod wpływem systemu uprawy (rys. 4).



Rys. 4. Wpływ systemów uprawy i odmian na ciemnienie miąższu bulw gotowanych po 2 godzinach od przekrojenia  
Influence of crop production system and variety on the darkening of cooked tubers flesh after 2 hours from cutting

Pogoda słoneczna i sucha, jaka panowała w 2000 roku, bardziej sprzyjała zachowaniu jasnej barwy miąższu bulw surowych, natomiast aura o umiarkowanej sumie opadów i przeciętnej temperaturze powietrza, jaka miała miejsce w 2001 roku – jasnej barwie miąższu bulw gotowanych (rys. 1).

## DYSKUSJA

Część stolonowa bulw wszystkich badanych odmian cechowała się wyższym stopniem ciemnienia niż część wierzchołkowa, co, jak wynika z badań Dao i Friedman (3), Leszczyńskiego (11) oraz Swinarskiego (18), jest wywołane wyższym



odczynem w części stolonowej, który sprzyja łączeniu się kwasu chlorogenowego z żelazem powodującemu ciemne zabarwienie. ACD nie jest jednakowe dla całej bulwy. Stopień ciemnienia miąższu bulwy ugotowanej, zdaniem Dale i Mackey (1), jest zawsze najwyższy w tkance kory, tuż pod skórą. Tkanka kory zawsze charakteryzuje się wyższą koncentracją CgA. Stopień ciemnienia zmniejsza się od kory do rdzenia bulwy, który wykazuje najmniejsze przebarwienia w całej bulwie. Było dotychczas przyjęte, że większość związków chemicznych, takich jak: CA, SAPP i EDTA, zmniejsza ciemnienie przez sekwestrowanie albo przyłączanie żelaza w bulwach, powstająca forma podatna na jonizację nie może wziąć udziału w reakcji z CgA, co zapobiega powstawaniu ciemnych kompleksów (13). Zarówno dystrybucja pigmentu wywołującego ACD w pojedynczej bulwie, jak i tendencja bulwy do ciemnienia są zależne od stosunku CgA do CA: im niższy stosunek, tym mniejsze ciemnienie (5, 13, 17, 18). Badane odmiany ziemniaka zostały przyporządkowane do dwóch grup: o miąższu mniej ciemniejącym po ugotowaniu (Wolfram, Salto, Baszta, Ania) i bardziej podatnym na ten proces (Wawrzyn). Zdaniem Friedmana (5) ciemnienie po ugotowaniu jest skorelowane ze stosunkiem CgA do CA u wszystkich odmian. Kwas chlorogenowy, jeden z głównych metabolitów w bulwach ziemniaka, stanowi do 90% całkowitych związków fenolowych (5, 17). Więcej niż 50% CgA znajduje się w skórce bulw ziemniaka. Występują trzy izomery pozycyjne CgA: mianowicie 5-, 4- i 3-kwas kawoilochinowy (3, 6). Nasilenie ciemnienia miąższu bulw gotowanych jest uzależnione od całkowitej zawartości CgA i nie dotyczy względnych koncentracji pojedynczych izomerów (6). Kwas chlorogenowy jest też związany z mechanizmami obronnymi roślin przeciw czterochloroetylenowi (17, 18), gdyż chroni przed nim starzejące się bulwy podczas przechowywania, oraz ma wpływ na smakowe właściwości przetworzonych produktów ziemniaczanych (13, 19, 21). W opinii Eldrege i in. (4) oraz Griffiths i Bain (6) ciemnieniu miąższu bulw przeciwdziałają występujące w bulwach ziemniaka kwasy organiczne, zwłaszcza kwas cytrynowy, który wiąże się z jonami żelaza w bezbarwne kompleksy.

Ekologiczny system uprawy przyczynił się do poprawy jakości ziemniaka poprzez zmniejszenie ciemnienia miąższu bulw surowych i gotowanych. Podobne wyniki uzyskała Sawicka (16) oraz Danilčenko i Treciokite-Jariene (2). W opinii Leszczyńskiego (11) i Sawickiej (15, 16) wysoki poziom nawożenia azotem przyczynia się do pociemnienia miąższu bulw surowych i gotowanych. Bezpieczną ilością azotu z uwagi na jakość bulw jest, zdaniem Sawickiej (16),  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W badaniach własnych, w systemie integrowanym, stosowano  $110 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Do większego stopnia ciemnienia miąższu bulw surowych i gotowanych w systemie integrowanym mogły się przyczynić także stosowane pestycydy. Potwierdzają to wyniki badań Wojdyły (20).

Jakość bulw w dużym stopniu była uzależniona od właściwości odmianowych. Pomimo ponad 50 lat badań sposoby dziedziczenia czynników decydujących o ACD nie są nadal wyjaśnione (1, 3, 7, 8, 17-19). Kaldy i Lynch (7) oraz Swiniarski

(18) zasugerowali, iż genetyczne różnice są kluczowym czynnikiem różnicującym odmiany pod względem tej cechy. Killick (8) stwierdził, że ACD jest wysoce dziedziczny, z co najmniej 20% potomstwa odpornym na ciemnienie, kiedy jeden rodzic posiada dobrą odporność. Po skrzyżowaniu trzech handlowych odmian z dwoma rodzicielskimi genotypami i oszacowaniu stopnia podatności ACD w potomstwie w drugim i trzecim roku Dale i Macka (1) dostrzegli znaczący wpływ cech rodzicielskich. Zakres wysokiego dziedziczenia w badaniach Killicka (8) sięgał od 0,60 do 0,68, a wąskiego – od 0,33 do 0,63. Współczynniki powtarzalności ciemnienia bulw surowych w badaniach Sawickiej (14) wahały się od 0,53 do 0,67, zaś bulw gotowanych – od 0,75 do 0,97. Wyniki te wskazują na istnienie genomu złożonego, co w pewnym stopniu wyjaśnia powolny postęp w hodowli odmian odpornych na ACD w porównaniu z genotypami wartościowymi agrotechnicznie. Dodatkową trudnością w hodowli pod kątem tej cechy jest brak widocznych korelacji z jakimiś innymi cechami bulwy, np. kształtem, masą, budową albo dojrzałością (1, 7).

Zróznicowaną reakcję odmian na systemy gospodarowania należałoby tłumaczyć różnym składem chemicznym roślin, różną długością okresu wegetacji oraz poszczególnych faz rozwojowych, zwłaszcza decydujących o tuberyzacji. Zdaniem Lei (9) i Sawickiej (14, 15) reakcja ta jest pochodną stopnia wczesności odmian, czyli długości okresu przebywania bulw w glebie po dojrzeniu, zdolności konkurencyjnej rośliny uprawnej wobec chwastów oraz przebiegu pogody w okresie wegetacji. W opinii Wojdyły (20) natomiast, może być ona spowodowana różnym oddziaływaniem nawożenia, zwłaszcza azotem oraz stosowania pestycydów i fungicydów.

Vang-Pruski i in. (19) przebadali dwa duże zestawy odmian oceniając udział cech genetycznych i środowiskowych w całkowitej zmienności ACD i stwierdzili, że cechy genetyczno-środowiskowe stanowiły więcej niż 80% całkowitej wariancji (32–40% zmienności stanowiły odmiany, 26–35% – lata, 14–16% – współdziałanie odmiana  $\times$  lata i 4–5% – miejsce uprawy), podczas gdy współdziałanie odmian, miejsca i lat stanowiło mniej niż 5%. Podobne badania przeprowadziła Sawicka (14) w 2 seriach i na 34 odmianach ziemniaka z różnych grup wczesności. O zmienności ogólnej ciemnienia bulw gotowanych cechy genotypu decydowały w 28–48%, zaś o zmienności ciemnienia miąższu bulw surowych – w 11–39%. Współdziałanie lat i odmian decydowało o ACD w 17–66%. To był pierwszy dowód tak dużego wpływu czynnika genetycznego i klimatycznego na ACD, z marginalnym tylko oddziaływaniem miejsca uprawy. W porównaniu z ACD żadna z cech jakości bulwy, jak zawartość suchej masy, ciemna plamistość poudzierzeniowa czy barwa bulw smażonych, nie wykazuje tak znaczącej zależności od czynnika genetycznego (11, 14, 18, 21).

Pogoda słoneczna i sucha bardziej sprzyjała zachowaniu jasnej barwy miąższu bulw surowych, natomiast aura o umiarkowanej sumie opadów i przeciętnej temperaturze powietrza – jasnej barwie miąższu bulw gotowanych, co potwierdzają badania Danilčenko i Trečiokaite-Jariene (2) oraz Sawickiej (15). Eldrege i in. (4)

stwierdzili natomiast zależność barwy miąższu bulw od spadku potencjału wodnego gleby. Temperatura podczas okresu wegetacji, a szczególnie podczas kilku ostatnich tygodni przed zbiorem, zdaniem Kaldy i Lynch (7) oddziałuje na intensywność ACD. Ziemniak uprawiany w warunkach gorącego lata odznacza się bulwami o niższej intensywności ciemnienia niż wyprodukowany w chłodnym okresie wegetacji. Li-sińska i Leszczyński (12) stwierdzili, iż zawartość CgA jest najwyższa w bulwach zbieranych w temp. 5°C, a najniższa – w bulwach zbieranych w temperaturze 15,5°C. Spadek koncentracji CA o ponad 90% stwierdzono w bulwach podczas 8 miesięcy przechowywania w temperaturze 10°C i wilgotności 85–90% RH (12, 21).

### WNIOSKI

1. Ekologiczny system uprawy przyczynił się do poprawienia jakości bulw poprzez zmniejszenie ciemnienia miąższu bulw surowych oraz części wierzchołkowej bulw gotowanych ocenianych po 10 minutach, a także obydwu części bulwy ocenianych po 2 godzinach od przekrojenia.

2. Jakość bulw była w dużym stopniu uzależniona od właściwości odmianowych. Odmiana Baszta charakteryzowała się najmniejszym stopniem ciemnienia miąższu bulw surowych, zaś odmiana Wolfram najmniejszą skłonnością do ciemnienia bulw gotowanych.

3. Zróżnicowany wpływ systemu uprawy na podatność na ciemnienie miąższu bulw badanych odmian ziemniaka mógł wynikać z ich różnej reakcji na warunki uprawy.

4. Pogoda słoneczna i sucha bardziej sprzyjała zachowaniu jasnej barwy miąższu bulw surowych, natomiast umiarkowane opady i przeciętna temperatura powietrza – jasnej barwie miąższu bulw gotowanych.

### LITERATURA

1. Dale M.F.B., Mackay G.R.: Inheritance of table and processing quality. W: Potato Genetics, red.: JE Bradshaw, G.R. Mackay, CAB International Publisher, Wallingford, UK, 1994 296-297.
2. Danilčenko H., Treciokaite-Jariene E.: Wpływ ekologicznego i zintegrowanego systemu produkcji ziemniaków na skład chemiczny bulw i jakość otrzymanych produktów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2002, **489**: 309-318.
3. Dao L., Friedman M.: Chlorogenic acid content of fresh and processed potato determined by ultraviolet spectrophotometer. J. Agric. Food Chem., 1992, **40**: 2152-2156.
4. Eldrege E.P., Holmes Z.A., Mosley A.R., Shock C.C., Stieber T.D.: Effects of transitory water stress on potato tuber stem-end reducing sugar fry colour. Am. Potato J., 1996, **73(11)**: 517-530.
5. Friedman M.: Chemistry, biochemistry, and dietary role of potato polyphenols. A review. J. Agric. Food Chem., 1997, **45**: 1523-1540.
6. Griffiths D.W., Bain H.: Photo-induced changes in the concentrations of individual chlorogenic acid isomers in potato (*Solanum tuberosum*) tubers and their complexation with ferric ions. Potato Res., 1997, **40**: 307-315.

7. Kaldy M.S., Lynch D.R.: Chlorogenic acid content of Russet Burbank potato. *Am. Potato J.*, 1983, **60**: 375-377.
8. Killick R.J.: Genetic analysis of several traits in potato by means of a diallel cross. *Ann. Appl. Biol.*, 1977, **86**: 279-289.
9. Leja M.: Chlorogenic acid as the main phenolic compound of mature and immature potato tubers stored at low and high temperature. *Acta Physiol. Plant.*, 1989, **11**: 201-206.
10. Leszczyński W.: Potato tubers as a raw material for processing and nutrition. W: *Potato Science and Technology*, red: Lisińska G. Leszczyński W., Elsevier Science Publishers Ltd., Essex, England, 1989, 34-76.
11. Leszczyński W.: Zależność jakości ziemniaka od stosowania w uprawie nawozów i pestycydów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2002, **489**: 47-64.
12. Lisińska G., Leszczyński W.: Potato storage. W: *Potato Science and Technology*, red: G. Lisińska W. Leszczyński, Elsevier Science Publishers Ltd., Essex, 1989, 150-152.
13. Mazza G, Qi H.: Control of after-cooking darkening in potatoes with edible film-forming products and calcium chloride. *J. Agric. Food Chem.*, 1991, **39**: 2163-2166.
14. Sawicka B.: Studia nad zmiennością wybranych cech oraz degeneracją różnych odmian ziemniaka w rejonie białkopodlaskim. *Rozpr. hab.*, 1991, **141**, WAR, Lublin.
15. Sawicka B.: Próba ustalenia wpływu niektórych czynników środowiska i zabiegów agrotechnicznych na ciemnienie miąższu bulw ziemniaka. *Biul. IHAR*, 1991, **179**: 67-75.
16. Sawicka B.: Wpływ technologii produkcji na jakość bulw ziemniaka. *Pam. Puł.*, 2000, **120**: 411-414.
17. Schena M., Davis R.W.: Technology Standards for microarray research. W: *Microarray Biochip Technology*, red.: M Schena, Eaton Publishing, Natick, MA, 2000, 1-18.
18. Swinarski E.: Związek między ciemnieniem ziemniaka po ugotowaniu a niektórymi czynnikami jego składu. *Biul. IHAR*, 1968, **12**: 369-384.
19. Wang-Pruski, Gefu, Nowak J.: Potato After-Cooking Darkening. *Am. J. Potato Res.*, 2004, **1/2**. [http://www.findarticles.com/p/articles/mi\\_qa4069/is\\_200401/ai\\_n9402757/pg\\_2](http://www.findarticles.com/p/articles/mi_qa4069/is_200401/ai_n9402757/pg_2)
20. Wojdyła T.: Smakowitość bulw ziemniaka w zależności od zastosowanych fungicydów i nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 1997, **4(56)**: 4-17.
21. Zgórska K.: Czynniki warunkujące cechy jakości ziemniaka jadalnego. *Ziemniak*, 1979, 183-206.

#### DARKENING OF POTATO TUBERS FLESH IN THE ORGANIC AND INTEGRATED PRODUCTION SYSTEMS

##### Summary

The research was conducted on a special field experiment in 2000–2002 on a rye soil complex in Mid-Eastern Poland. The following experimental factors were assumed: crop production system (integrated and organic) and potato variety (Ania, Baszta, Salto, Wolfram, Wawrzyn). Potato tubers, of “A” class were seeded at spacing 70 × 35 cm on April 25–27. In each system different crop production technologies were applied. In the integrated system (potato – spring barley – faba bean – winter wheat + after crop of white mustard) phosphorus and potassium fertilization was applied in the following amounts: 110 kg N, 60 kg P, 60 kg K. Compost at the dose of 35 t·ha<sup>-1</sup> was applied only once in a crop rotation – i.e. in potato. Chemical crop protection treatments in this system were applied according to agrophage damage thresholds. In the organic system (potato – spring barley – clover and grass mixture used for two years – winter wheat + aftercrop of white mustard and spring vetch) no synthetic fertilization or pesticides were applied, except biological preparations: Novodor and Permasect against potato beetle. Only two-year’s old compost (straw + red clover + supplement of manure) was applied in potato in amount of

---

35 t·ha<sup>-1</sup>. Weed control in this system consisted of the harrowing with weeder till plant emergences, triple hilling and single hand hoeing prior to the last hilling. Evaluation of crop production system on darkening of raw and boiled potato tubers flesh was the aim of the research. Less intensive darkening of raw tuber flesh determined after 1 hour as well as top parts of boiled tubers, determined after 10 minutes and 2 hours was noted in the organic system.

*Praca wpłynęła do Redakcji 4 VII 2005 r.*