

ZAWARTOŚĆ BIAŁKA OGÓLEM I WŁAŚCIWEGO W BULWACH DWU ODMIAN ZIEMNIAKA W ZALEŻNOŚCI OD METOD ODCHWASZCZANIA

PIOTR BARBAŚ¹, BARBARA SAWICKA²

¹*Zakład Agronomii Ziemiaka, IHAR-PIB, Oddział w Jadwisinie, ul. Szaniawskiego 15,
05-140 Serock*

²*Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin*

Synopsis. Wyniki badań oparto na doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2007–2009 w Zakładzie Doświadczalnym IHAR-PIB w Jadwisinie na glebie płowej, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego. Eksperyment założono metodą losowanych podbloków w układzie zależnym, split-plot, w trzech powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były odmiany ziemniaka: Irga i Fianna. Czynnikiem II rzędu stanowiły sposoby regulacji zachwaszczenia: 1) obiekt kontrolny – bez chemicznej i mechanicznej ochrony; 2) zabiegi mechaniczne, (co 2 tygodnie) od posadzenia aż do zwarcia rzędów; 3–8) zabiegi chemiczne z użyciem herbicydów i ich mieszanin. Do opryskiwania roślin herbicydami zużywano 300 dm³·ha⁻¹ wody. Zbiór bulw przeprowadzono w fazie dojrzałości technicznej ziemniaka. Zawartość białka surowego i właściwego oznaczono standardowymi metodami. Wyższą zawartością białka ogółem i właściwego charakteryzowała się średnio późna Fianna niż średnio wczesna Irga. Stosowanie herbicydów w pielęgnacji ziemniaka istotnie zwiększyło zawartość białka właściwego w bulwach, w porównaniu z obiektem kontrolnym. Największą koncentrację tego składnika zanotowano po zastosowaniu powschodowo preparatów Sencor 70 WG + Titus 25 WG, w porównaniu tak z obiektem kontrolnym, jak i pielęgnacją mechaniczną. Wniesienie preparatu Sencor 75 WG przed wschodami ziemniaka przyczyniło się natomiast do zwiększenia plonu białka surowego i właściwego, w porównaniu z obiektem kontrolnym, bez chemicznej i mechanicznej ochrony, jak i ze stosowaniem zabiegów mechanicznych.

Słowa kluczowe: ziemniak, odmiana, regulacja zachwaszczenia, białko ogółem, białko właściwe

WSTĘP

Białko jest jednym z podstawowych składników bulwy ziemniaka. W świeżej masie bulw ziemniaka białko występuje w ilości 1,7–2,3%, z czego 35–68% stanowi białko właściwe, określane też jako „czyste”. Białko zawiera wszystkie aminokwasy egzogenne, jest bogate w lizynę, leucynę. Wysoki indeks Osera–EAA (Essential Amino-Acid Index), charakteryzujący białko ziemniaka pod względem składu aminokwasowego wskazuje, że jest pod względem jakości zbliżone do białka jaja kurzego [Leszczyński 2012, Miedzinka 2011, Pęksa 2003]. Wartość biologiczna większości frakcji białka ziemniaka jest porównywana ze standardem FAO, z wyjątkiem prolamin występujących w ziemniaku w ilościach śladowych [Miedzinka 2011]. W badaniach Jansena i in. [2001] zakres zmienności zawartości białka dla 466 odmian ziemniaka waha się od 4,5 do 13,6% suchej masy, średnio 8,1% suchej masy bulw. Aplikacja herbicydów ochronie ziemniaka przed chwastami oddziałuje nie tylko na wielkość plonu bulw, ale też może

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address*: p.barbas@ihar.edu.pl

w sposób pośredni, poprzez zmiany w zachwaszczeniu, bądź też fitotoksyczne oddziaływanie na roślinę uprawną, zmieniać skład chemiczny bulw [Domaradzki 2007, Koops 2002, Lisińska i Leszczyński 1989, Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 16 kwietnia 2004]. Zdania autorów co do ich wpływu na zawartość białka są podzielone. Miedzianka [2011], Woda-Leśniewska [1993], Zarzecka i Gąsiorowska [2002] nie stwierdzili istotnego wpływu herbicydów na skład chemiczny bulw. Pszczołkowski i Sawicka [2009] wykazali natomiast, że wszystkie sposoby pielęgnacji mechaniczno-chemicznej z użyciem pojedynczych herbicydów, bądź ich mieszanin powodują spadek koncentracji białka ogólnego i właściwego w bulwach ziemniaka. Badania te dotyczyły jednak tylko odmian bardzo wczesnych, które są bardzo wrażliwe na herbicydy.

Celem badań było określenie wpływu metod odchwaszczania na zawartość i plon białka surowego i właściwego w bulwach ziemniaka jadalnego z grupy wczesnych i średnio wczesnych.

MATERIAŁ I METODY

Wyniki badań oparto na doświadczeniu polowym, przeprowadzonym w latach 2007–2009, w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym w Jadwisinie (52°28' N, 21°02' E), na glebie płowej, o typowej sekwencji poziomów genetycznych w profilu. Gleby na tym terenie należą do działu gleb autogenicznych, rzędu gleby płowoziemne, typ – gleby płowe, podtyp – gleby płowe opadowo-glejowe [Systematyka Gleb Polski 2011], średnio zasobne w przyswajalny fosfor, potas i magnez.

Eksperyment założono metodą losowanych podbloków w układzie zależnym, split-plot, w trzech powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były odmiany ziemniaka: Irga i Fianna, zaś czynnik II rzędu stanowiły metody odchwaszczania: 1) obiekt kontrolny – bez chemicznej i mechanicznej ochrony; 2) zabiegi mechaniczne, (co 2 tygodnie) od posadzenia aż do zwarcia rzędów; 3) Sencor 70 WG – 1 kg·ha⁻¹ przed wschodami ziemniaka; 4) Sencor 70 WG – 1 kg·ha⁻¹ + Titus 25 WG – 40 g·ha⁻¹ + Trend 90 EC – 0,1% przed wschodami ziemniaka; 5) Sencor 70 WG – 0,5 kg·ha⁻¹ po wschodach ziemniaka; 6) Sencor 70 WG – 0,3 kg·ha⁻¹ + Titus 25 WG – 30 g·ha⁻¹ + Trend 90 EC – 0,1% po wschodach ziemniaka; 7) Sencor 70 WG – 0,3 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC – 2 dm³·ha⁻¹ po wschodach ziemniaka; 8) Sencor 70 WG – 0,3 kg·ha⁻¹ + Apyros 75 WG 26,5 g·ha⁻¹ + Atpolan 80 EC – 1 dm³·ha⁻¹ po wschodach ziemniaka. Na obiektach 3–8 stosowano wyłącznie chemiczne zabiegi regulujące zachwaszczenie. Do opryskiwania roślin herbicydami używano 300 dm³·ha⁻¹ wody. Metrybuzynę stosowano w formie preparatu Sencor 70 WG, sulfosulfuron – w postaci preparatu Apyros 75 WG; rimsulfuron – w formie herbicydu Titus 25 WG; fluazyfop – w postaci preparatu Fusilade Forte 150 EC.

Przedplonem ziemniaka była pszenica ozima, po zbiorze której wysiewano poplon gorczycy białej na przyoranie. Po zbiorze pszenicy stosowano nawożenie azotem w ilości 50 kg N·ha⁻¹, następnie wykonywano podorywkę i wysiewano gorczycę białą w ilości 20 kg·ha⁻¹. Jesienią każdego roku, poprzedzającego sadzenie, stosowano nawożenie mineralne, fosforowo-potasowe w ilości 39,3 kg P·ha⁻¹ i 116,2 kg K·ha⁻¹, które przyorano orką przedzimową. Nawozy azotowe wysiewano wiosną, w ilości 100 kg N·ha⁻¹, mieszając je z glebą za pomocą agregatu uprawowego (kultywator + wał strunowy). Bulwy ziemniaka sadzono ręcznie, w trzeciej dekadzie kwietnia, w rozstawie 75 x 33 cm. Wielkość poletek do zbioru wynosiła 25 m². Materiał rozmnożeniowy był w klasie C/A. Opryskiwanie herbicydami wykonano ręcznie przy użyciu opryskiwacza AP1/p o pojemności zbiornika – 4,3 dm³. Opryskiwacz wyposażony był w 3 rozpylacze typu LURMARK 08.02.120 o rozstawie 48 cm. Ciśnienie cieczy roboczej wynosiło 0,3 MPa, a prędkość robocza opryskiwacza 2 km·ha⁻¹. Do oprysku używano 300 dm³·ha⁻¹ wody.

Do ochrony przed alternariozą i zarzą ziemniaka stosowano preparaty, takie jak: Tattoo C 750 SC w dawce $2,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, Altima 500 SC – $0,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, Pyton 60 WG – $1,25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, Ridomil Gold MZ 60 WG – $2,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 1). W celu ograniczenia liczebności stonki ziemniaczanej stosowano insektycydy: Actara 25 WG w dawce $0,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, Proagro 100 SL – $0,25 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, Calypso 480 SC – $0,75 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz Mospilan 20 SP w ilości $0,05 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 1).

Tabela 1. Fungicydy i insektycydy zastosowane w doświadczeniu

Table 1. Fungicides and insecticides used in the experiment

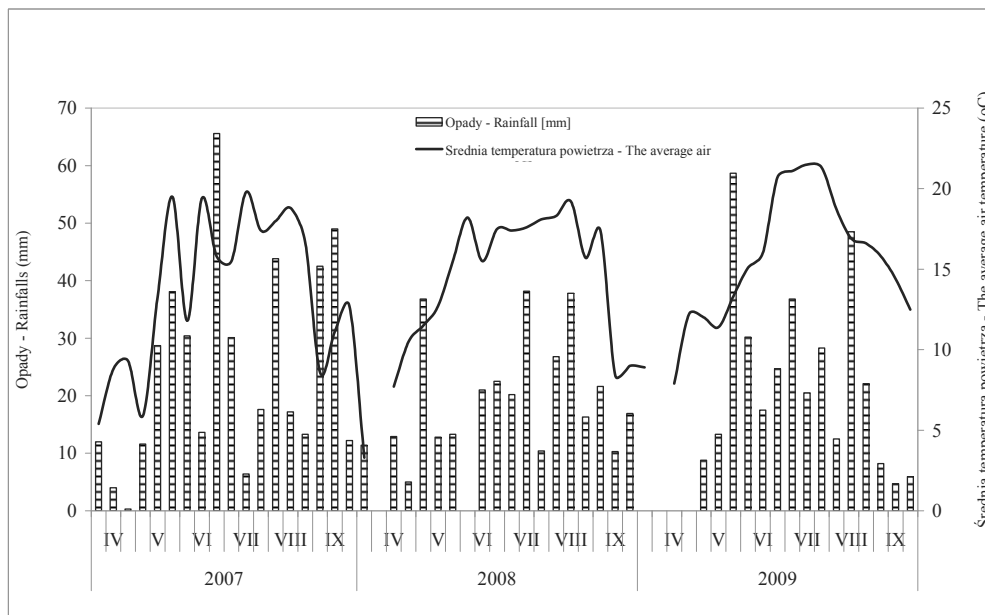
2007	2008	2009
Fungicydy – Fungicides		
Tattoo C 750 SC – $2,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	Ridomil Gold MZ 60 WG – $2,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	Ridomil Gold MZ 60 WG – $2,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
Altima 500 SC – $0,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	Altima 500 SC – $0,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	Altima 500 SC – $0,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$
Pyton 60 WG – $1,25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	Pyton 60 WG – $1,25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	Pyton 60 WG – $1,25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
Ridomil Gold MZ 60 WG – $2,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$		
Insektycydy – Insecticides		
Actara 25 WG – $0,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	Actara 25 WG – $0,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	Proagro 100 SL – $0,25 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$
Mospilan 20 SP – $0,05 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	Calypso 480 SC – $0,75 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	Calypso 480 SC – $0,75 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$
	Mospilan 20 SP – $0,05 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	

Zbiór bulw przeprowadzano kopaczką elewatorową w trzeciej dekadzie września. Podczas zbioru z każdego poletka pobrano reprezentatywne próby bulw do analiz chemicznych.

Bulwy pobrane z doświadczenia polowego zostały dokładnie umyte i pokrojone na cienkie plastry, które następnie liofilizowano z użyciem liofilizatora ALPHA 1-4 (Martin Chrystus, Osterode am Harz, SRN). Liofilizowane plastry bulw dokładnie homogenizowano a otrzymaną mąkę ziemniaczaną użyto do analizy zawartości białka surowego. Jego zawartość określano w atmosferze azotu, w suchej masie bulw ziemniaczanych, a następnie pomnożono przez współczynnik 6,25. Całkowitą zawartość azotu oznaczono stosując zmodyfikowaną metodę Dumasa na analizatorze azotu FLASH EA 1112 (ThermoQuest, Włochy). Średni ciężar badanych próbek wynosił 100 mg, a analizy wykonano dla każdego wariantu doświadczenia, w trzech powtórzeniach. Azot białkowy oznaczono metodą Bernsteina [AOAC 2006]. Wydajność białka surowego, jak i właściwego obliczono na podstawie plonu bulw z hektara [Barbaś i Sawicka 2015] i zawartości białka. Przy obliczaniu plonu białka uwzględniono % suchej masy.

Wyniki badań poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu statystycznego 6,0 Statistica (StatSoft, 2001). Metodą oceny eksperymentu była analiza wariancji (ANOVA). Parametry funkcji określano metodą najmniejszych kwadratów, a weryfikację istotności testem t Studenta. Oceny istotności różnic pomiędzy porównywanymi średnimi dokonano za pomocą wielokrotnych przedziałów Tukeya.

Warunki okresu wegetacji, w latach 2007–2009, charakteryzowały się zróżnicowanymi temperaturami powietrza i opadów (rys. 1). Rok 2007 można określić jako dość suchy, 2008 – jako suchy, a 2009, jako rok o najbardziej korzystnym pod względem warunków wilgotnościowych dla rozwoju ziemniaka [Barbaś i Sawicka 2015, Łąbedzki i in. 2013].



Rys. 1. Opady i temperatura w okresie wegetacji ziemniaka wg stacji meteorologicznej IHAR-PIB w Jadwisinie (2007–2009), na tle średnich wieloletnich

Fig. 1. Rainfalls and temperature during the growing season of potato by the weather station IHAR-PIB in Jadwisin (2007–2009), against the of the long-term average

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość białka w bulwach decyduje o jakości ziemniaka jadalnego przeznaczonego do bezpośredniej konsumpcji. W przeprowadzonym doświadczeniu średnia zawartość białka surowego w suchej masie bulw kształtowała się w zakresie 7,17–14,88% (tab. 2). Istotnie wyższą koncentracją tego składnika w bulwach odznaczała się średnio późna odmiana Fianna, niż średnio wczesna Irga. Sawicka [1991], Bombik i in. [2003, 2007], Bártová i in. [2009], Pszczółkowski i Sawicka [2009, 2016] uważają, że odmiany ziemniaka różnią się genetycznie uwarunkowaną predyspozycją do gromadzenia białka.

Zawartość białka surowego była modyfikowana czynnikami siedliska. Największą ilość tego składnika nagromadziły bulwy w suchym i ciepłym 2007 roku, a istotnie mniej w pozostałych sezonach wegetacji. Zdaniem Bártová i in. [2009] decydujący wpływ na wartość tej cechy mają warunki pogodowe w okresie tuberyzacji ziemniaka. Mała ilość opadów w lipcu 2007 roku i optymalna temperatura powietrza sprzyjały gromadzeniu badanych składników w bulwach ziemniaka. Wielu autorów wykazało, że na gromadzenie białka wpływ mają: opady, temperatura i nasłonecznienie [Gugała i Zarzecka 2010, Kraska 2002, Mazurczyk i Lis 2001]. Klikocka [2002] i Pytlarz-Kozicka [2002] zaobserwowały większą zawartość białka surowego w latach suchych, ciepłych i słonecznych niż w chłodnych i mokrych. Odmiennego zdania były

Tabela 2. Zawartość białka surowego w suchej masie bulw w zależności od metod odchwaszczania, odmiany i roku (%)

Table 2. Content of crude protein in the dry matter of potato tubers in depending on methods of weed control, cultivar and year (%)

Odmiana Cultivar	Rok Year	Metody odchwaszczania – Methods of weed control*								Średnio Mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Irga	2007	10,15	11,47	11,30	12,11	11,52	11,72	11,33	12,27	11,48
	2008	7,31	7,45	7,84	8,04	8,23	8,80	8,47	8,81	8,12
	2009	9,39	11,00	11,23	11,88	10,71	11,58	11,29	11,46	11,07
	Średnio – Mean	8,95	9,98	10,12	10,67	10,15	10,70	10,36	10,84	10,22
Fianna	2007	14,88	12,98	13,15	12,67	12,81	13,08	13,06	13,12	13,22
	2008	7,17	7,19	8,15	7,66	7,98	8,07	7,23	7,29	7,59
	2009	8,09	9,17	12,86	10,93	12,90	13,40	9,72	9,20	10,78
	Średnio – Mean	10,05	9,78	11,39	10,42	11,23	11,52	10,00	9,87	10,53
Średnia Mean	2007	12,52	12,22	12,23	12,39	12,16	12,40	12,19	12,69	12,35
	2008	7,24	7,32	8,00	7,85	8,11	8,43	7,85	8,05	7,86
	2009	8,74	10,09	12,04	11,40	11,80	12,49	10,51	10,33	10,93
Średnio – Mean		9,50	9,88	10,76	10,55	10,69	11,11	10,18	10,36	10,38

NIR_{0,05}-LSD_{0,05}: odmiana/cultivar – 0,30; odchwaszczanie/weeding – r.n.; rok/year – 0,45; odchwaszczanie x odmiana/weeding x cultivar – r.n.; odmiana x rok/cultivar x year – r.n.; odchwaszczanie x rok/weeding x year – r.n.

r.n. – różnica nieistotna/no significant difference

*1) obiekt kontrolny – bez chemicznej i mechanicznej ochrony/control object without chemical and mechanical protection; 2) zabiegi mechaniczne, (co 2 tygodnie) od posadzenia aż do zwarcia rzędów/mechanical treatments (every 2 weeks) after planting until the short circuit rows; 3) Sencor 70 WG – 1 kg·ha⁻¹ przed wschodami ziemniaka/pre-emergence of potato; 4) Sencor 70 WG – 1 kg·ha⁻¹ + Titus 25 WG – 40 g·ha⁻¹ + Trend 90 EC – 0,1% przed wschodami ziemniaka/pre-emergence of potato; 5) Sencor 70 WG – 0,5 kg·ha⁻¹ po wschodach ziemniaka po wschodach ziemniaka/after emergence of potato; 6) Sencor 70 WG – 0,3 kg·ha⁻¹ + Titus 25 WG – 30 g·ha⁻¹ + Trend 90 EC – 0,1% po wschodach ziemniaka/after emergence of potato; 7) Sencor 70 WG – 0,3 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC – 2 dm³·ha⁻¹ po wschodach ziemniaka/after emergence of potato; 8) Sencor 70 WG – 0,3 kg·ha⁻¹ + Apyros 75 WG 26,5 g·ha⁻¹ + Atpolan 80 EC – 1 dm³·ha⁻¹ po wschodach ziemniaka/after emergence of the potato

Pała i Skowera [2004], które stwierdziły, że duża ilość opadów w okresie wegetacji wpływa na zwiększenie zawartości białka surowego w bulwach ziemniaka. Z kolei Kaćperska [1998] dowiodła, iż pod wpływem wysokiej temperatury w komórkach bulw ziemniaka tworzą się specyficzne białka stresowe, a szczególną nadwrażliwością na temperaturę powietrza charakteryzuje się plazmolemma, cytoszkielet i jądro komórkowe. Może to doprowadzić do zbytowego odwodnienia tkanek, podczas gdy pobieranie wody nie nadąża za transpiracją (dehydratacja może być główną przyczyną uszkodzeń struktury i funkcji komórek w warunkach wysokiej temperatury środowiska). Zdaniem Bártová i in. [2009], wysoka temperatura powietrza może też powodować nieodwracalne zmiany struktury błon komórkowych, np. zmianę fazy błony. To z kolei może być przyczyną zakłóceń katalitycznych właściwości enzymów. Po ustąpieniu stresu zakłócenia te mogą albo ustąpić, albo doprowadzić do dużego deficytu nośników energii (np. ATP lub NAD[P]H), bądź pośrednich produktów metabolizmu i w efekcie do zahamowania syntezy jednych metabolitów, albo nadprodukcji drugich, np. białka.

Metody odchwaszczania nie różnicowały istotnie zawartości białka surowego w bulwach ziemniaka. Zanotowano jedynie tendencję do wzrostu zawartości tego składnika w wyniku stosowania herbicydów. Zwiększenie ilości białka w roślinach, pod wpływem herbicydów, jest określane, jako tzw. „efekt proteinowy”, który może sugerować wpływ herbicydów na przemiany azotowe i syntezę w nich białka. Zastosowane w badaniach substancje aktywne herbicydów wnikać do tkanek roślin, mogą zakłócić, bowiem procesy biochemiczne i oddziaływać na metabolizm rośliny. W badaniach Pszczółkowskiego i Sawickiej [2009] pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, z użyciem preparatów chwastobójczych, wywołała obniżenie zawartości białka surowego. Zmniejszenie zawartości białka w bulwach pod wpływem herbicydów, w opinii Miedzianki [2011], jest najprawdopodobniej związane z reakcją obronną, skierowaną na eliminację zakłóceń, w wyniku czego proporcje poszczególnych składników mogą ulegać zmianom w kierunku bardziej intensywnego nagromadzenia np. substancji węglowodanowych.

Analiza chemiczna wykazała, że zawartość białka właściwego w bulwach ziemniaka istotnie zależała od metod odchwaszczania, odmiany i warunków pogodowych w latach badań (tab. 3). Herbicydy wykorzystane w doświadczeniu zwiększały jego akumulację, w porównaniu z obiektem kontrolnym. Największy, istotny wzrost zawartości białka właściwego w bulwach stwierdzono w obiekcie, na którym do redukcji zachwaszczenia zastosowano powschodowo preparaty Sencor 70 WG oraz Titus 25 WG. Substancją aktywną herbicydu Titus 25 WG jest rimsulfuron, który wykazuje selektywność czynną, tzn. ziemniak rozkłada go do związków nieaktywnych. Z kolei preparat Sencor 70 WG, o substancji aktywnej metrybuzyna powoduje zakłócenia procesów fizjologiczno-biochemicznych, a zwłaszcza zróżnicowania intensywności fotosyntezy oraz zawartości biologicznie czynnych substancji. Sawicka [1994] badając 44 odmiany ziemniaka wszystkich grup wczesności, wykazała, że metrybuzyna stosowana po wschodach, nawet w obniżonej dawce, powoduje negatywną reakcję odmian, co przypisuje inhibowaniu biosyntezy aminokwasów. Podobne wyniki uzyskali Gugala i Zarzecka [2006]. Najwyższą kumulację tego składnika, w porównaniu do obiektu kontrolnego, stwierdzili jednak dopiero po aplikacji mieszaniny flufenacet i metrybuzyna + flufazyfop-p-butylowy. Z kolei w badaniach Pszczółkowskiego i Sawickiej [2009] pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, z użyciem preparatów chwastobójczych, wywołała obniżenie zawartości białka właściwego. Najlepszą jakość bulw, zdaniem tychże autorów, z uwagi na zawartość białka właściwego, zapewniała pielęgnacja mechaniczna oraz użycie substancji rimsulfuron, zaś największy, ujemny wpływ na zawartość tych składników miało stosowanie substancji aktywnej linuron i równorzędnie mieszanki preparatów chlozmazon + linuron.

W przeprowadzonym eksperymencie statystycznie udowodniono, iż koncentracja białka właściwego zależała od uprawianej odmiany. Większą ilość tego składnika zanotowano w bulwach średnio późnej odmiany Fianna, niż średnio wczesnej Irga. Różnice odmianowe w kumulowaniu tego składnika odnotowali również Yildirim i Caliscan [1985], Sawicka [1991], Sawicka i Mikos-Bielak [1995], Koningsveld [2001], Wierzbicka i Trawczyński [2012] oraz Gugala i in. [2014].

W trzyletnim okresie badań najwięcej białka właściwego w bulwach stwierdzono w suchym, 2007 roku, zaś najmniej – w 2008, wilgotnym roku, kiedy zaraza ziemniaka wcześniej zniszczyła część nadziemną i ograniczyła asymilację (tab. 3). Wzrost zawartości białka właściwego w okresie suszy obserwowali także Davies i in. [1989], Zrůst i Hola [1994], Mazurczyk i Lis [2001]. Kołodziejczyk i Szmigiel [2012] wykazali, iż największą zawartością tego składnika odznaczały się bulwy zebrane z obiektów, na których rośliny ziemniaka zachowały całą powierzchnię asymilacyjną do końca okresu wegetacji. Utrata 50% liści, wywołana zarazą ziemniaka, powodowała zmniejszenie zawartości białka o 2,3 g·kg⁻¹, zaś całkowita redukcja ulistnienia – o 4,8 g·kg⁻¹.

Tabela 3. Zawartość białka właściwego w suchej masie bulw w zależności od metod odchwaszczania, odmiany i roku (%)

Table 3. Content of true protein in the dry matter of potato tubers in depending on methods of weed control, cultivar and year (%)

Odmiana Cultivar	Rok Year	Metody odchwaszczania – Methods of weed control*								Średnio Mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Irga	2007	6,52	7,44	7,34	7,84	7,35	7,56	7,30	7,98	7,42
	2008	4,67	4,86	5,19	5,23	5,31	5,72	5,50	5,67	5,27
	2009	5,99	7,18	7,30	7,74	7,06	7,61	7,36	6,99	7,15
	Średnia – Mean	5,73	6,49	6,61	6,94	6,57	6,96	6,72	6,88	6,61
Fianna	2007	9,53	8,05	8,51	8,25	8,17	8,36	8,47	8,53	8,48
	2008	4,59	4,67	5,28	4,95	5,09	5,21	4,71	4,70	4,90
	2009	5,16	5,89	7,86	7,11	8,24	8,63	6,32	6,02	6,91
	Średnio – Mean	6,43	6,20	7,22	6,77	7,17	7,40	6,50	6,42	6,76
Średnia Mean	2007	8,03	7,74	7,93	8,05	7,76	7,96	7,88	8,26	7,95
	2008	4,63	4,76	5,24	5,09	5,20	5,47	5,10	5,19	5,08
	2009	5,58	6,53	7,58	7,43	7,65	8,12	6,84	6,50	7,03
Średnio – Mean		6,08	6,35	6,91	6,86	6,87	7,18	6,61	6,65	6,69

NIR_{0,05}–LSD_{0,05}: odmiana/cultivar – 0,14; odchwaszczanie/weeding – 0,63; rok/year – 0,21; odchwaszczanie x odmiana/weeding x cultivar – r.n.; odmiana x rok/cultivar x year – r.n.; odchwaszczanie x rok/weeding x year – r.n.

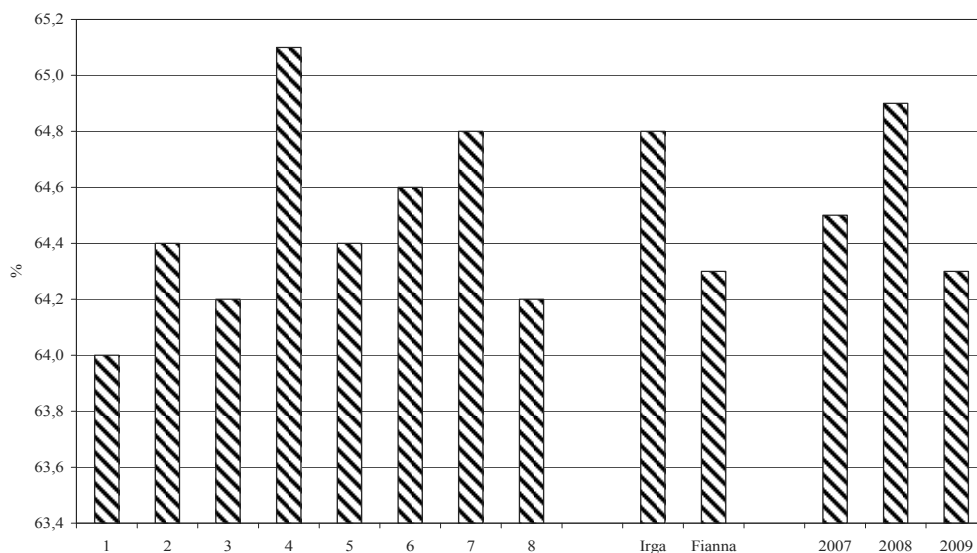
*objaśnienia jak w tabeli 1/explanations as in table 1; r.n. – różnica nieistotna/no significant difference

Pod wpływem stosowania herbicydów zaobserwowano ponadto zwiększenie udziału białka właściwego w białku surowym. Największy wzrost udziału białka właściwego obserwowano w 4. kombinacji, tj. Sencor 70 WG + Titus 25 WG stosowanych przed wschodami ziemniaka (rys. 2). Zarzycka i Gugała [2006] stwierdzili zmniejszenie udziału białka właściwego w białku ogólnym, z wyjątkiem aplikacji mieszaniny herbicydów Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC. Lachman i in. [2005] uzyskali zwiększenie udziału azotu białkowego w ogólnym, w bulwach ziemniaka.

Na nagromadzenie białka właściwego istotny wpływ miały warunki meteorologiczne. Najbardziej sprzyjający akumulacji tego składnika był rok 2007, który charakteryzował się najbardziej korzystnymi dla zawartości białka warunkami pogodowymi. Potwierdzenie otrzymanych wyników uzyskano w badaniach Bombika i in. [2007] oraz Gugały i in. [2008], którzy dowiedli, że w latach o równomiernym rozkładzie opadów i temperatury plon ogólny, jak i zawartość poszczególnych składników były wyższe, co skutkowało zebraniem wyższych składników odżywczych ziemniaka.

Wydajność białka surowego i właściwego determinowana była czynnikami doświadczenia, podobnie jak zawartość tych składników w bulwach ziemniaka. Średni plon białka surowego wynosił 679 kg·ha⁻¹ (tab. 4), zaś właściwego 437 kg·ha⁻¹ (tab. 5).

W zależności od metod odchwaszczania wydajność białka surowego kształtowała się w zakresie od 448 do 799 kg·ha⁻¹. Największy plon badanych składników ziemniaka w przeprowadzonym doświadczeniu uzyskano na obiekcie, gdzie do regulacji zachwaszczenia zastosowano



Rys. 2. Udział białka właściwego w białku surowym, w zależności od metod odchwaszczania, odmian i lat

Fig. 2. Share of true protein in the total protein depending on method of weed control, cultivars and years

Tabela 4. Wydajność białka surowego ziemniaka ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Table 4. The yield of crude protein of potato ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Odmiana Cultivar	Rok Year	Metody odchwaszczania – Methods of weed control*								Średnio Mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Irga	2007	250	561	454	526	491	666	641	682	534
	2008	360	537	704	703	585	631	669	683	609
	2009	501	591	784	771	599	765	720	732	683
	Średnio – Mean	371	563	648	667	558	687	676	699	609
Fianna	2007	384	605	599	616	626	588	601	615	579
	2008	490	665	798	601	480	574	614	630	607
	2009	702	933	1455	1089	1273	1253	886	900	1061
	Średnio – Mean	525	734	950	769	793	805	700	715	749
Średnia Mean	2007	317	583	526	571	558	627	621	649	557
	2008	425	601	751	652	533	603	642	656	608
	2009	602	762	1120	930	936	1009	803	816	872
Średnia – Mean		448	649	799	718	676	746	688	707	679

NIR_{0,05}–LSD_{0,05}: odmiana/cultivar – 37; odchwaszczanie/weeding – 147; rok/year – 55; odchwaszczanie x odmiana/
weeding x cultivar – 220; odmiana x rok/cultivar x year – r.n.; odchwaszczanie x rok/weeding x year – 293

*objaśnienia jak w tabeli 1/explanations as in table 1; r.n. – różnica nieistotna/no significant difference

Tabela 5. Wydajność białka właściwego ziemniaka (t·ha⁻¹)Table 5. The yield of true protein of potato (t·ha⁻¹)

Odmiana Cultivar	Rok Year	Metody odchwaszczania – Methods of weed control*								Średnio Mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Irga	2007	161	364	295	341	313	430	413	444	345
	2008	230	350	467	458	377	411	435	439	396
	2009	320	386	510	502	395	502	469	446	441
	średnio – mean	237	367	424	434	362	448	439	443	394
Fianna	2007	246	375	387	401	399	376	389	400	372
	2008	314	432	517	389	306	371	400	406	392
	2009	448	599	889	709	814	807	576	589	679
	średnio – mean	336	469	598	500	506	518	455	465	481
Średnia Mean	2007	203	370	341	371	356	403	401	422	358
	2008	272	391	492	423	342	391	417	423	394
	2009	384	492	699	606	604	655	523	518	560
Średnio – Mean		286	418	511	467	434	483	447	454	437
NIR _{0,05} –LSD _{0,05} : odmiana/cultivar – 24; odchwaszczanie/weeding – 95; rok/year – 36; odchwaszczanie x odmiana/ weeding x cultivar – 142; odmiana x rok/cultivar x year – r.n.; odchwaszczanie x rok/weeding x year – 189										

*objaśnienia jak w tabeli 1/explanations as in table 1; r.n. – różnica nieistotna/no significant difference

herbicyd Sencor 70WG przed wschodami ziemniaka, w porównaniu z obiektem kontrolnym. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach Gugały i in. [2008].

Badane odmiany istotnie wpływały na plon białka z hektara (tab. 4 i 5.). Średnio późna Fianna zgromadziła istotnie większy plon białka surowego (749 kg·ha⁻¹) i właściwego (481 kg·ha⁻¹) niż odmiana Irga, co wynika z wyższej plenności tej pierwszej. Podobne spostrzeżenia zanotowali również Bártová i in. [2009], Gugała i in. [2014], Gugała i in. [2008], Shewry [2003]. Tsegaw [2011] dowiódł, iż istnieje znaczne różnicowanie wśród genotypów *Solanum tuberosum*, pod względem składu chemicznego bulw ziemniaka. Genotypy badane przez niego okazały się istotnie zróżnicowane, pod tym względem, w różnych środowiskach. Istotne współdziałanie Genotyp x Środowisko, sugeruje zatem hodowcom ziemniaka, by zwrócić szczególną uwagę na tę interakcję i szukanie stabilnych genotypów charakteryzujących się wysoką wydajnością bulw, suchej masy i białka w różnych warunkach środowiska.

W przeprowadzonych badaniach metody odchwaszczania plantacji kształtowały w istotny sposób plon białka właściwego z jednostki powierzchni. Największy plon białka właściwego, podobnie jak i surowego, uzyskano z obiektu, gdzie aplikowano metrybuzynę przed wschodami roślin, przy czym stosowanie innych sposobów pielęgnacji chemicznej okazało się homologiczne pod względem wartości tej cechy (tab. 5). Istotny wzrost wydajności białka właściwego w wyniku aplikacji metrybuzyny, jako substancji aktywnej wykazali również Lachman i in. [2005], Gugała i Zarzecka [2010]. Korzystny wpływ niektórych herbicydów na plon białka właściwego stwierdzili również Bártová i in. [2009], Gugała i in. [2014], Zrůst i Hola [1994]. Niezależnie od efektów odmianowych i herbicydowych stwierdzono również interakcję między stosowaniem herbicydów a latami badań. Wysoki efekt substancji aktywnej *metribuzin*

stwierdzono w latach 2008–2009, o wystarczającej sumie opadów w okresie wegetacji, zaś w dość suchym, 2007 roku najwyższą wydajność białka właściwego uzyskano w obiektach traktowanych mieszaniną preparatów Sencor 70 WG + Apyros 75 WG + Atpolan 80 EC – po wschodach ziemniaka. Na interakcję herbicydów z warunkami środowiska wskazywali też inni autorzy [Koningsveld 2001, Lachman i in. 2005, Zarzecka i Gugąła 2006, Pszczółkowski i Pszczółkowski i Sawicka 2009]. Nie wykazano zaś interakcji odmian z warunkami środowiska, na co wskazywał Yildirim i Caliskan [1985] oraz Jansen i in. [2001].

WNIOSKI

1. Badane odmiany okazały się decydujące w kształtowaniu zawartości białka surowego i właściwego w bulwach oraz ich wydajności. Większą zawartością tych składników, jak i ich plonem odznaczała się średnio późna odmiana Fianna.
2. Stosowane metody odchwaszczania z użyciem herbicydów nie miały istotnego wpływu na zawartość białka surowego, ale przyczyniły się do zwiększenia udziału białka właściwego w białku surowym.
3. Zawartość białka właściwego w bulwach ziemniaka istotnie zależała od metod regulacji zachwaszczenia. Herbicydy podwyższyły zawartość białka właściwego, w porównaniu do pielęgnacji mechanicznej i obiektu kontrolnego. Największą koncentrację tego składnika zanotowano po zastosowaniu powschodowo preparatów Sencor 70 WG + Titus 25 WG.
4. Po zastosowaniu preparatu Sencor 75 WG przed wschodami ziemniaka uzyskano zwiększenie plonu białka surowego i właściwego, w porównaniu z obiektem kontrolnym, bez chemicznej i mechanicznej ochrony, jak i stosowaniem zabiegów mechanicznych, od posadzenia aż do zwarcia rzędów.

PIŚMIENNICTWO

- AOAC 2006. Official methods of analysis of AOAC International. Horwitz W. (ed.). Publisher: Gaithersburg (Maryland), 18th. ed.
- Barbaś P., Sawicka B. 2015. Wpływ metod pielęgnowania na plon ogólny i handlowy ziemniaka. W: Badania naukowe w procesie kształtowania polskiej wizji Wspólnej Polityki Rolnej i Wspólnej Polityki Rybackiej. Chyłek E.K., Pietras M. (red.). Wyd. Pascal Warszawa, 69–73.
- Bártová V., Bárta J., Diviš J., Švajner J., Peterka J. 2009. Crude protein content in tubers of starch processing potato cultivars in dependence on different agro-ecological conditions. J. Central Europ. Agric. 10(1): 57–65.
- Bombik A., Rymuza K., Markowska M., Stankiewicz C. 2007. Variability analysis of selected quantitative characteristics in edible potato varieties. Acta Sci. Pol., Agricultura 6(3): 5–15.
- Bombik A., Stankiewicz C., Starczewski J. 2003. Interakcja genotypowo-środowiskowa w ocenie wybranych cech jakości ziemniaka. Biul. IHAR 226/227(2): 539–546.
- Davies H.V., Jefferies R.A., Scobie L. 1989. Hexose accumulation in cold-stored tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.): The effects of water stress. J. Plant Physiol. 134: 471–475.
- Domaradzki K. 2007. Stosowanie herbicydów w rolnictwie zrównoważonym. Studia i Raporty IUNG-PIB 8: 9–21.
- Gugąła M., Zarzecka K. 2010. Wpływ herbicydów na zawartość suchej masy, białka i skrobi w bulwach ziemniaka. Biul. IHAR 257/258: 111–119.
- Gugąła M., Zarzecka K., Baranowska A. 2008. Wpływ uprawy roli i sposobów odchwaszczania na plony składników odżywczych i efektywność ekonomiczną uprawy ziemniaka. Cz. I. Plony składników odżywczych ziemniaka. Acta Sci. Pol., Agricultura 7(2): 21–31

- Gugała M., Zarzecka K., Mystkowska I., Sikorska A. 2014. The influence of weed control methods on total protein and true protein in table potato tubers. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 13(2): 3–11.
- Jansen G., Flamme W., Schüller K., Wandrey M. 2001. Tuber and starch quality of wild and cultivated potato species and cultivars. *Potato Res.* 44: 137–146.
- Kacperska A. 1998. Reakcje roślin na czynniki stresowe. W: *Podstawy fizjologii roślin*. Kopcewicz J., Lewak S. (red.). PWN, Warszawa: 576–600.
- Klikocka H. 2002. Studia nad plonowaniem ziemniaka w warunkach zróżnicowanej uprawy roli i pielęgnowania. *Wyd. AR Lublin, Rozpr.* 253: ss. 91.
- Kołodziejczyk M. 2013. Fenotypowa zmienność plonowania, składu chemicznego oraz wybranych cech jakości bulw średnio późnych i późnych odmian ziemniaka jadalnego. *Acta Agrophys.* 20(3): 411–422.
- Koningsveld van G. 2001. Physico-chemical and functional properties of potato proteins. PhD thesis. Wageningen Agricultural University (Netherlands): pp. 147.
- Koops G.H. 2002. Native protein recovery from potato fruit juice by ultrafiltration. *Desalination* 144: 331–334.
- Kraska P. 2002. Wpływ sposobów uprawy, poziomów nawożenia i ochrony na wybrane cechy jakości ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 229–237.
- Łabędzki L., Bąk B., Liszewska M. 2013. Wpływ przewidywanej zmiany klimatu na zapotrzebowanie ziemniaka późnego na wodę. *Infr. Ekol. Terenów Wiejskich* 1(2): 155–165.
- Lachman J., Hamouz K., Dvořák P., Orsák M. 2005. The effect of selected factors on the content of protein and nitrates in potato tubers. *Plant Soil Environ.* 51(10): 431–438.
- Leszczyński W. 2012. Żywnościowa wartość ziemniaka i przetworów ziemniaczanych (Przegląd literatury). *Biul. IHAR* 266: 5–20.
- Lisińska G., Leszczyński W. 1989. *Potato science and technology*. Elsevier Applied Science. London-New York: pp. 391.
- Mazurczyk W., Lis B. 2001. Variation of chemical composition of tubers of potato table cultivars grown under deficit and excess of water. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 10(2): 27–30.
- Miedzianka J. 2011. Właściwości funkcjonalne białka ziemniaczanego poddanego modyfikacji chemicznej. Praca doktorska UP Wrocław (<http://www.dbc.wroc.pl>).
- Pęksa A. 2003. Białko ziemniaczane – charakterystyka i właściwości. *Post. Nauk Rol.* 5: 79–94.
- Pszczołkowski P., Sawicka B. 2009. Zawartość białka i azotanów w bulwach bardzo wczesnych odmian ziemniaka uprawianych pod osłonami. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 542: 413–426.
- Pszczołkowski P., Sawicka B. 2016. Wartość odżywcza białka wybranych odmian ziemniaka. W: *Bio-produkty – pozyskiwanie, właściwości i zastosowanie w produkcji żywności*. Lawendowicz G., Le Thanh-Blicharz J. (red.). Wyd. UP Poznań, 56–64.
- Puła J., Skowera B. 2004. Zmienność cech jakościowych bulw ziemniaka odmiany Miła uprawianego na glebie lekkiej w zależności od warunków pogodowych. *Acta Agrophys.* 3(2): 359–366.
- Pytlarz-Kozicka M. 2002. Wpływ sposobów pielęgnowania na wysokość i jakość plonów ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 147–155.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 kwietnia 2004 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości chemicznych środków ochrony roślin, które mogą znajdować się w środkach spożywczych lub na ich powierzchni (Dz. U. z dnia 27 kwietnia 2004 r.) wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. Nr 48, poz. 460 oraz Dz. U. Nr 108, poz. 907 z 2005 r.).
- Sawicka B. 1991. Studia nad zmiennością wybranych cech oraz degeneracją różnych odmian ziemniaka w rejonie białsko-podlaskim. *Wyd. AR Lublin, Rozpr. hab.* 141: ss. 76.
- Sawicka B., Mikos-Bielak M. 1995. An attempt to evaluate the fluctuation of chemical composition of potato tubers in changing conditions of arable field. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 419: 95–102.
- Shewry P.R. 2003. Tuber storage proteins. *Ann Bot.* 91: 755–769.
- Systematka Gleb Polski 2011. *Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual.* 62(3): 91–147.
- Tsegaw T. 2011. Genotype x environment interaction for tuber yield, dry matter content and specific gravity in elite tetraploid potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. *East Afric. J. Sci.* 5(1): 1–5.
- Wierzbicka A., Trawczyński C. 2012. Czynniki wpływające na zawartość i plon białka w bulwach ziemniaka. *Biul. IHAR* 266: 181–190.
- Woda-Leśniewska M. 1993. Zmiany biochemiczne w roślinie ziemniaka pod wpływem karbofuranu (Furadan 5 G) i metribuzinu (Sencor). *Prace Nauk. IOR* (1/2): 80–84.

- Yildirim M.B., Caliskan C.F. 1985. Genotype x environment interactions in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Am. Pot. J.* 62: 371–375.
- Zarzecka K., Gąsiorowska B. 2002. Zawartość wybranych składników w bulwach ziemniaka w warunkach pielęgnacji mechaniczno-chemicznej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 301–308.
- Zarzecka K., Gugała M. 2006. Zawartość białka ogólnego i właściwego w bulwach ziemniaka w zależności od sposobów uprawy roli i odchwaszczania. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 5(2): 107–115.
- Zrůst J., Hola Z. 1994. Vliv prechodného obdobi sucha na obsah celkoveho a bilkovinného dusičku a dusičnanů v hlizach brambor. *Rostl. Vyroba* 40: 271–279.

P. BARBAŚ, B. SAWICKA*

TOTAL AND TRUE PROTEIN CONTENT IN TWO VARIETIES OF POTATO TUBERS DEPENDING ON METHODS OF WEED CONTROL

Summary

The test results were based on a field experiment conducted in 2007–2009 in a IHAR-PIB in Jadwisin on lessive soil granulometric composition of loamy sand. Experiment was covered with the method of drawn subblocks in the dependent arrangement, split-plot, in three repeating. The first factor were varieties of potato, Irga and Fianna, the second factor – weed control methods: 1. Object control – without chemical protection; 2. mechanical treatments (every 2 weeks) after planting until short rows; 3. Sencor 70 WG – 1 kg·ha⁻¹ pre-emergence potato; 4. Sencor 70 WG – 1 kg·ha⁻¹ + Titus 25 WG – 40 g·ha⁻¹ + Trend 90 EC – 0.1% pre-emergence potato; 5. Sencor 70 WG – 0.5 kg·ha⁻¹ after emergence potatoes; 6. Sencor 70 WG – 0.3 kg·ha⁻¹ + Titus 25 WG – 30 g·ha⁻¹ + Trend 90 EC – 0.1% after emergence potatoes; 7. Sencor 70 WG – 0.3 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC – 2 dm·ha⁻¹ after emergence potatoes; 8. Sencor 70 WG – 0.3 kg·ha⁻¹ + Apyros 75 WG 26.5 g·ha⁻¹ + Atpolan 80 SC – 1 dm·ha⁻¹ after emergence of the potato. Spray the plants with herbicides was consumed 300 dm·ha⁻¹ water. Harvest tubers were performed on technical maturity of the potato. The content of total and true protein was determined by standard methods. Higher protein content and proper had a medium late on average than Fianna early Irga. The herbicides used in the potato treatment increased the true protein content in the tubers, as compared with the control. The greatest concentration of this component was recorded after applying postemergence preparations Sencor 70 WG + Titus 25 WG, as compared with the control and mechanical care. Bringing Sencor 75 WG formulation before emergence of potato while contributing to an increase in yield of crude protein and true protein, as compared to the control without mechanical and chemical protection as well as application of mechanical treatment.

Key words: potato, cultivars, weed control methods, total protein, true protein

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 17.08.2016

Do cytowania – *For citation*

Barbaś P., Sawicka B. 2017. Zawartość białka ogółem i właściwego w bulwach dwu odmian ziemniaka w zależności od metod odchwaszczania. *Fragm. Agron.* 34(1): 7–18.