

ANNA WIERZBICKA
CEZARY TRAWCZYŃSKI

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Agronomii Ziemniaka, Oddział Jadwisin

Czynniki wpływające na zawartość i plon białka w bulwach ziemniaka

Factors affecting the protein content and protein yield in potato tubers

Celem badań była ocena zmian w zawartości białka ogółem (i jego plonu) w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia azotem, odmiany, warunków pogodowych oraz zawartości suchej masy i skrobi w bulwach. Nawożenie azotem istotnie podwyższało zarówno zawartość jak i plon białka. W zakresie dawek azotu zalecanych w uprawie ziemniaka ($100\text{--}140\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) zawartość białka kształtowała się w granicach 1,85–1,95; 1,72–1,80; 1,61–1,68 odpowiednio dla odmian wczesnych, średnio wczesnych i późniejszych oraz skrobiowych. Plon białka zależał przede wszystkim od plonu suchej masy bulw. Największy plon białka (powyżej $900\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) osiągnięty został przez odmianę jadalną Marlen i dwie skrobiowe: Kuras i Pokusa. Stwierdzono istotną odwrotnie proporcjonalną zależność liniową między zawartością: białka i skrobi, białka i suchej masy oraz wprost proporcjonalną zależność między plonem białka a plonem suchej masy bulw. Okres wegetacji o dużej ilości opadów (2010) zmniejszał zawartość białka ogółem w porównaniu do okresów bardziej suchych (lata 2006, 2008).

Słowa kluczowe: nawożenie azotem, plon białka, zawartość białka ogółem, ziemniak

The aim of this study was to assess changes in total protein content and its yield in potato tubers, depending on nitrogen fertilization, variety, weather conditions, the dry matter and starch content in tubers. Nitrogen fertilization significantly caused significant increase of the protein content and yield. In the range of recommended doses of nitrogen in potato ($100\text{--}140\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) protein content was 1,85–1,95; 1,72–1,80; 1,61–1,68, respectively for early, medium early and late as well as starch varieties. Protein yield depended mainly on the dry matter yield of the tubers. The highest protein yield (over $900\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) was achieved by edible cultivar Marlen and two starch cultivars Kuras and Pokusa. We detected a significant negative linear relationship between: protein content and starch content, protein content and dry matter content and a positive correlation between protein yield and dry matter yield of the tubers. Growing season with large amounts of rainfall (2010) reduced the total protein content in comparison with the more arid periods (2006, 2008).

Key words: nitrogen fertilization, potato, protein yield, total protein content

WSTĘP

Białko jest konieczne dla wzrostu i życia człowieka. Konsumpcja białka jest określana przez zawartość białka w żywności i ilość żywności konsumowanej. Produkty roślinne na świecie dostarczają 65,2% białka, zwierzęce 34,8% (Grigg, 1995). W krajach rozwiniętych stosunek ten wynosi 42,5:57,5, a rozwijających się 77,9:22,1%. Wysoka pozycja ziemniaków wśród roślin (pszenicy, kukurydzy i ryżu) liczących się w wyżywieniu ludności na świecie wynika z faktu, że w plonie ziemniaka może znajdować się więcej białka niż w plonie zbóż (Mazurczyk i in., 2008). Wartość odżywcza białka zawartego w ziemniaku, wynika z obecności w nim aminokwasów egzogennych, czyli takich, których organizm nie może syntetyzować samodzielnie (Leszczyński, 1994; Haase, 2007; Mazurczyk i in., 2008). Szczególnie dużo zawiera ono leucyny, lizyny, izoleucyny, fenylalaniny i treoniny (Mazurczyk i Lis, 2000; Ahmed i in., 2010).

Celem badań była ocena zmian w zawartości białka ogółem (i jego plonu) w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia azotem, odmiany, warunków pogodowych oraz zawartości suchej masy i skrobi w bulwach.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2006–2010 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowym Instytucie Badawczym, Oddział w Jadwisinie (52°29' N, 21°03' E). Rośliny ziemniaka uprawiano na glebie lekkiej, o odczynie kwaśnym. Gleba charakteryzowała się wysoką zawartością przyswajalnego fosforu (23,1 mg P·100 g⁻¹ gleby); średnią potasu (15,3 mg K·100 g⁻¹ gleby), wysoką magnezu (5,5 mg Mg·100 g⁻¹ gleby) i niską zawartością próchnicy 1,2%. Zawartość azotu mineralnego przed sadzeniem w warstwie 0–60 cm wynosiła 40–50 kg·ha⁻¹. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w trzech powtórzeniach. Czynniki pierwsze stanowiły dawki azotu; 0, 50, 100, 150, 200 kg·ha⁻¹, drugi — odmiany. W cyklach dwuletnich (2006–2007, 2007–2008, 2008–2009, 2009–2010) badano 23 odmiany w trzech grupach:

- [W] jadalne bardzo wczesne: Berber, Impala, Justa, Krasa, Miłek i Velox oraz wczesne: Bellarosa, Eugenia i Ewelina,
- [P] jadalne średnio wczesne: Almera, Benek, Elanda, Finezja, Marlen, Meridian, Promyk i Wiarus, średnio późną odmianę Roko oraz późne: Medea i Zagłoba,
- [S] skrobiowe: Kuras, Pokusa i Sekwana.

Ziemniaki uprawiano na słomie i międzyplonie ścierniskowym z gorczycy białej przyzoranym jesienią przy stałym nawożeniu fosforem i potasem ustalonym na podstawie analizy gleby: P — 22 (0,44×50 P₂O₅) kg·ha⁻¹, K — 108 (0,83×130 K₂O) kg·ha⁻¹. Oznaczano plon świeżej masy bulw (t·ha⁻¹), zawartość suchej masy (%) i zawartość azotu ogółem metodą Kjeldahla z wykorzystaniem automatycznego destylatora Kjeltec 2200. Zawartość białka w świeżej i suchej masie (obliczono obie formy ze względu na porównanie z danymi literaturowymi) i plon białka obliczono według wzorów:

- białko ogółem (% w św. m.) = [(% Nog w s.m. × % s.m. × 6,25) / 100] × 1000,
- białko ogółem (% w s. m.) = (% Nog × 6,25),

— plon białka ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) = [% zaw. białka w św. m. \times plon bulw ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)] \times 10.

Charakterystykę okresu wegetacji pod względem warunków wodno-termicznych oceniono na podstawie współczynnika K obliczonego według wzoru Sielianionova, który uwzględnia, sumę opadów oraz sumę temperatur powietrza rozpatrywanego okresu. Okresy wegetacji ziemniaka podzielono w oparciu o wartości współczynnika K i opady, na mokre: 2007 i 2010, sprzyjające: 2008 i 2009 i rok pośredni 2006 (tab. 1). Lata 2007 i 2010 uznano za mokre, gdyż wartość współczynnika K wynosiła 2,0 i powyżej. Sezon wegetacji lat 2008 i 2009 ze względu na wartości współczynnika K i opady zaliczono do optymalnych dla rozwoju ziemniaka, a 2006 do pośredniego. W badanym cyklu nie było sezonu, który można by uznać za suchy. Sezon wegetacji roku 2006 okazał się najmniej korzystny ze względu na najmniejszą ilość opadów.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji ziemniaka (maj — wrzesień)
Climatic condition during potato growing periods (May — September)

Wyszczególnienie Item	Lata — Years					Śr. w ¹
	2006	2007	2008	2009	2010	
Opady Precipitation (mm)	278,1	420,1	305	341	504	315
Średnia temperatura Average temperature (°C)	15,9	15,9	15,4	16,5	15,6	15,8
Współczynnik hydrotermiczny K ² Hydrothermic coefficient	1,3	2,0	1,3	1,4	2,3	1,4

¹Śr. w. — średnia wieloletnia — 41 lat; multiannual average — 41 years,

²K: 1,1 — 2,0 — wilgotno, warunki optymalne; moist, optimal conditions

K > 2,1 — mokro; wet conditions

Tabela 2

Wyniki analizy wariancji dla zawartości białka i jego plonu (2006–2010)
Results of variance analysis for values of protein content and yield (2006–2010)

Wyszczególnienie Description	Wczesność odmian Earliness of varieties	Istotność wpływu — Significance of the influence					
		1	2	3	1x2	1x3	2x3
Zawartość białka; Protein content (% świeżej masy; fresh matter)	W	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	P	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	S	xx	xx	xx	x	xx	xx
Zawartość białka; Protein content (% suchej masy; dry matter)	W	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	P	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	S	xx	xx	xx	x	xx	xx
Plon białka; Protein yield ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	W	xx	xx	xx	x	xx	xx
	P	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	S	xx	xx	xx	x	x	xx
Plon suchej masy Dry matter yield ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	W	xx	xx	xx		x	xx
	P	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	S	xx	xx	xx	x	xx	xx
Zawartość suchej masy Dry matter content (%)	W	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	P	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	S	x	xx	xx	xx	xx	xx

1 — dawka azotu; N rate

2 — odmiana; cultivar

3 — lata; years

Istotny przy P: 0,01 — xx; Significant at P: 0.01 — xx

W — jadalne bardzo wczesne i wczesne; table very early and Elary

P — jadalne średnio wczesne do późnych; table middle early to late late of edible

S — skrobiowe; starch

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie w programie ANOVA SAS Enterprise Guide z wykorzystaniem analizy wariancji. Do oceny porównań wartości średnich zastosowano test Tukeya (tab. 2). Zależności pomiędzy badanymi cechami oceniono na podstawie funkcji regresji liniowej i korelacji Pearsona.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ocenę wpływu badanych czynników na zawartość i plon białka oraz plon suchej masy bulw i zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka przedstawiono w tabeli 2. Wszystkie badane czynniki wpływały istotnie na zawartość tych składników w bulwach.

Zawartość białka ogółem

Wraz ze wzrostem zastosowanych dawek azotu wzrastała również zawartość białka (tab. 3).

Tabela 3

Zawartość białka i suchej masy, plon białka i plon suchej masy bulw w zależności od dawek N (lata badań 2006–2010)
Total protein and dry matter content, protein and dry matter yield depending on N rates (results from 2006–2010)

Parametry Parameters	Odmiany (N) Cultivars	Dawka azotu (kg·ha ⁻¹) Nitrogen rate (kg·ha ⁻¹)					Średnia Average
		0	50	100	150	200	
Zawartość białka (% św.m) Protein content (% f.m) ⁴	W ¹ (270)	1,57	1,72	1,85	1,98	2,08	1,84
	P ² (330)	1,46	1,56	1,72	1,82	1,92	1,70
	S ³ (90)	1,37	1,47	1,61	1,70	1,83	1,60
Zawartość białka (% s.m.) Protein content (% d.m.)	W (270)	8,13	8,88	9,51	10,45	11,00	9,59
	P (330)	7,34	7,93	8,55	9,43	9,87	8,63
	S (90)	5,45	5,81	6,32	6,67	7,26	6,30
Plon białka (kg·ha ⁻¹) Protein yield (kg·ha ⁻¹)	W (270)	466,3	612,0	736,0	809,2	814,1	687,5
	P (330)	575,1	732,2	899,7	972,0	976,5	831,1
	S (90)	736,6	874,5	1025,1	1081,2	1124,0	968,3
Plon suchej masy (t·ha ⁻¹) Dry matter yield (t·ha ⁻¹)	W (270)	5,91	7,09	7,99	7,98	7,58	7,31
	P (330)	8,03	9,33	10,83	10,62	10,07	9,77
	S (90)	13,70	15,62	16,48	16,69	15,88	15,67
Zawartość suchej masy (%) Dry matter content (%)	W (270)	19,37	19,49	19,64	19,08	18,99	19,31
	P (330)	20,03	19,79	20,39	19,65	19,65	19,90
	S (90)	25,33	25,70	25,80	25,79	25,47	25,62

N — liczba wyników; number of results

¹jadalne bardzo wczesne i wczesne; table very early and early

²jadalne średnio wczesne do późnych; table middle early to late

³skrobiowe; starchy

⁴ś.w — świeża masa; f.m. — fresh matter

s.m. — sucha masa; d.m. — dry matter

Ta zależność została zbadana również w przypadku innych roślin (Ciećko i in., 2004; Biel i in., 2010; Leszczyńska i Noworolnik, 2010). W zakresie dawek azotu zalecanych w uprawie ziemniaka, czyli 100–140 kg na hektar, zawartość białka wynosiła od 1,72 do 1,95% (wartość interpolowana dla dawki 140 kg N·ha⁻¹) u odmian jadalnych i od 1,61 do 1,68% u skrobiowych. Próby kontrolne (bez azotu) zawierały 1,57% (odmiany jadalne

wczesne) lub 1,46% (odmiany jadalne średnio wczesne i późne) i 1,37% (odmiany skrobiowe). Odmianowy charakter zróżnicowania zawartości białka, może być uwarunkowany zmianami: składu chemicznego poszczególnych części rośliny, dystrybucją azotu w jej obrębie, zróżnicowanym metabolizmem azotu na dystrybucję węglowodanów lub rozwojem systemu korzeniowego (Novoa i Loomis, 1981; Vos i Marshall, 1993; Zebarth i in., 2004). Największą zawartością białka w świeżej masie bulw ziemniaka (tab. 4) charakteryzowały się odmiany jadalne wczesne (1,59–2,24%), nieco mniejszą odmiany jadalne średnio wczesne i późne (1,27–1,95%) a najmniejszą odmiany skrobiowe (1,49–1,69%). Wśród odmian jadalnych dominowała w zawartości tego składnika bardzo wczesna odmiana Velox — 2,24%, a najmniej białka zawierała późna jadalna odmiana Zagłoba — 1,27%. Większe wartości białka od 2,07 do 3,51 w 100 g bulw surowych uzyskali peruwiańscy autorzy (Burgos i in., 2009).

Tabela 4

Zawartości białka i suchej masy, plon białka i plon suchej masy bulw w zależności od odmiany (2006–2010)
Protein and dry matter content, protein yield and tuber dry matter in dependence on cultivar (results from 2006–2010)

Wczesność odmian i liczba wyników Earliness of cultivars and number of results	Odmiana Cultivar	Białko (% św. m.) Protein (% f.m.)	Białko (% s.m.) Protein (% d.m.)	Plon białka Protein yield (kg·ha ⁻¹)	Plon suchej masy Dry matter yield (t·ha ⁻¹)	Sucha masa Dry matter (%)
W (30)	Bellarosa	1,69	8,81	623,8	7,18	19,20
W (30)	Berber	1,59	8,50	617,0	7,15	18,77
W (30)	Eugenia	1,77	9,33	722,9	7,84	19,08
W (30)	Ewelina	1,84	9,16	737,0	8,26	20,33
W (30)	Impala	1,88	10,88	722,3	6,69	17,36
W (30)	Justa	1,85	9,44	608,7	6,61	19,69
W (30)	Krasa	1,83	10,28	713,4	6,89	17,85
W (30)	Milek	1,87	8,56	869,8	10,09	21,81
W (30)	Velox	2,24	11,37	572,9	5,06	19,73
Średnia — Mean		1,84	9,59	687,5	7,31	19,31
NIR _{0,05} odmiana — LSD _{0,05} cultivar		0,06	0,26	75,0	0,76	0,32
P (30)	Almera	1,44	8,49	801,3	9,38	17,05
P (30)	Benek	1,95	9,36	873,6	9,21	20,79
P (30)	Elanda	1,61	9,79	852,8	8,96	16,87
P (30)	Finezja	1,70	7,54	861,0	11,84	22,79
P (30)	Marlen	2,00	9,73	951,9	9,85	20,64
P (30)	Medea	1,65	8,64	772,2	9,19	19,45
P (30)	Meridian	1,92	9,32	811,1	8,65	20,61
P (30)	Promyk	1,68	8,06	891,7	10,95	20,91
P (30)	Roko	1,78	8,80	845,4	9,56	20,27
P (30)	Wiarus	1,71	7,56	770,6	10,44	22,61
P (30)	Zagłoba	1,27	7,59	710,5	9,49	16,91
Średnia — Mean		1,70	8,63	831,10	9,77	19,90
NIR _{0,05} odmiana — LSD _{0,05} cultivar		0,05	0,30	52,8	0,55	0,43
S (30)	Kuras	1,61	5,80	1088,8	18,78	27,88
S (30)	Pokusa	1,69	7,16	961,9	13,72	23,76
S (30)	Sekwana	1,49	5,94	854,3	14,52	25,22
Średnia — Mean		1,60	6,30	968,3	15,67	25,62
NIR _{0,05} odmiana — LSD _{0,05} cultivar		0,03	0,17	34,5	0,47	0,29

U badanych odmian jadalnych i skrobiowych wykazano istotne różnice międzyodmianowe. Należy jednak pamiętać, że w grupie odmian skrobiowych badano tylko trzy odmiany, a w grupie jadalnych 20, czyli analiza statystyczna w przypadku odmian jadalnych uwzględniła większe spektrum zróżnicowania genetycznego. Zawartość białka w suchej masie wykazywała znacznie większe zróżnicowanie międzyodmianowe. U odmian jadalnych zawartość tego składnika wahała się w granicach 7,54–11,37, a skrobiowych 5,80–7,16% i średnio wynosiła — 9,59 dla odmian jadalnych wczesnych 8,63 — dla odmian średnio wczesnych i późnych oraz 6,30% — dla skrobiowych. W badaniach innych autorów (Zarzecka i Gugąła, 2006) zawartość białka była podobna i mieściła się w granicach 9,15–11,69%. Większy zakres zmienności zawartości białka (4,38–12,46%) w zależności od odmiany przedstawili niemieccy autorzy (Jansen i Flamme, 2006) badający ziemniaki o różnych kolorach skórki i miąższu. Kolejnym czynnikiem modyfikującym zawartość białka były warunki klimatyczne tj. warunki termiczne i wilgotnościowe (tab. 5). Piszą o tym m.in. Sas-Piotrowska (1974), Leszczyński (1994), Mazurczyk i Lis (2001), Zarzecka i Gugąła (2006). W bieżącej pracy również zauważa się, że w okresie wegetacji o nadmiernej ilości opadów (2010) zmniejszała się zawartość białka ogółem w porównaniu do okresów bardziej suchych i ciepłych (2006, 2008).

Tabela 5

Zawartość białka i suchej masy, plon białka, oraz plon suchej masy bulw w zależności od roku uprawy
Protein and dry matter content, protein yield and tuber dry matter in dependence on year

Wyszczególnienie Specification	Wczesność odmian Earliness of cultivars (N)	Lata badań — Tested years					NIR _{0,05} lata LSD _{0,05} years
		2006	2007	2008	2009	2010	
Zawartość białka (% św.m.)	W (270)	2,02	2,03	1,77	1,73	1,75	0,04
	P (330)	1,78	1,86	1,88	1,66	1,57	0,08
Protein content (% f.m.)	S (90)		1,78	1,63	1,52	1,50	0,11
Średnia ważona — Weighted mean		1,90	1,93	1,78	1,67	1,63	
Zawartość białka (% s.m.)	W (270)	11,06	10,79	8,83	8,47	9,57	0,27
	P (330)	10,49	9,09	9,03	7,85	8,38	0,64
Protein content (% d.m.)	S (90)		7,76	6,43	5,39	6,40	1,01
Średnia ważona — Weighted mean		10,78	9,72	8,30	7,73	8,63	
Plon białka	W (270)	652,0	636,5	818,3	804,0	508,8	127,7
Protein yield (kg·ha ⁻¹)	P (330)	796,5	737,4	949,5	979,1	623,1	59,1
	S (90)		795,1	1129,0	1001,9	752,7	127,1
Średnia ważona — Weighted mean		724,3	696,6	945,2	923,8	593,3	
Plon suchej masy	W (270)	5,89	5,97	9,25	9,38	5,32	0,57
Dry matter yield (t·ha ⁻¹)	P (330)	7,59	8,05	10,49	12,59	7,33	0,46
	S (90)		10,28	17,53	18,55	11,61	1,02
Średnia ważona — Weighted mean		6,74	7,38	11,78	12,32	6,99	
Zawartość suchej masy	W (270)	18,36	18,84	20,26	20,44	18,26	0,48
Dry matter content (%)	P (330)	17,08	20,43	20,87	21,38	18,69	0,43
	S (90)		23,07	25,48	28,15	23,38	2,10
Średnia ważona — Weighted mean		17,72	20,08	21,79	21,97	18,96	

N — liczba wyników; number of results

Plon białka

Plon białka jest wypadkową wysokości plonu bulw i zawartości w nich białka. Na plon białka istotnie wpłynęło nawożenie azotem, odmiana oraz lata badań. Przedstawione wyniki pokazują, że przyrosty plonu białka zmniejszają się wraz ze wzrostem dawki N z 100 do 200 kg ha⁻¹ (tab. 3). Wynika to głównie z braku istotnego przyrostu plonów bulw powodowanego dawkami azotu większymi niż 100 kg·ha⁻¹. W pracy wykazano istotne różnice odmianowe w plonie białka we wszystkich badanych grupach. Duże zróżnicowanie wielkości plonu białka zaobserwowano u odmian jadalnych i skrobiowych (tab. 4). Plon białka ogółem wahał się u odmian jadalnych od 572,9 do 951,9 kg·ha⁻¹ i u odmian skrobiowych od 854,3 do 1088,8 kg·ha⁻¹. Podobnie kształtował się plon białka (509–947 kg·ha⁻¹) podany przez Mazurczyka i in. (2008) badających bulwy odmiany Triada w różnych kombinacjach nawożenia i nawadniania. Jednakże był wyższy od plonu białka wykazanego w doświadczeniu Wojnowskiej i in. (2002) mieszczącego się w granicach 307–671 kg·ha⁻¹ w bulwach ziemniaka uprawianego na oborniku przy dawkach azotu w zakresie 30–90 kg·ha⁻¹. Na plon białka z ha istotnie wpłynął rok badań. Dane dotyczące wielkości plonów bulw i białka w latach 2006–2010 przedstawiono w tab. 5. Największe plony białka uzyskano w latach: 2008 i 2009 sklasyfikowanych na podstawie współczynnika Sielianiowa (K) jako optymalne dla rozwoju ziemniaka, a najmniejsze w roku 2010 o dużej ilości opadów. Pomiędzy latami: 2006 i 2007 oraz 2008 i 2009 różnice były nieistotne, natomiast istotne różnice wystąpiły pomiędzy latami 2008–2006, 2008–2007, 2008–2010 i analogicznie pomiędzy 2009–2006, 2009–2007, 2009–2010.

Zależność między zawartością skrobi i suchej masy w bulwach ziemniaka a zawartością w nich białka oraz między plonem suchej masy i zawartością białka w bulwach a plonem białka

Tabela 6

Wyniki analizy regresji pomiędzy zawartością białka a zawartością skrobi i suchej masy oraz plonem białka i jego składowymi

Results of regression analysis between protein content and starch or dry matter content and protein yield and its components

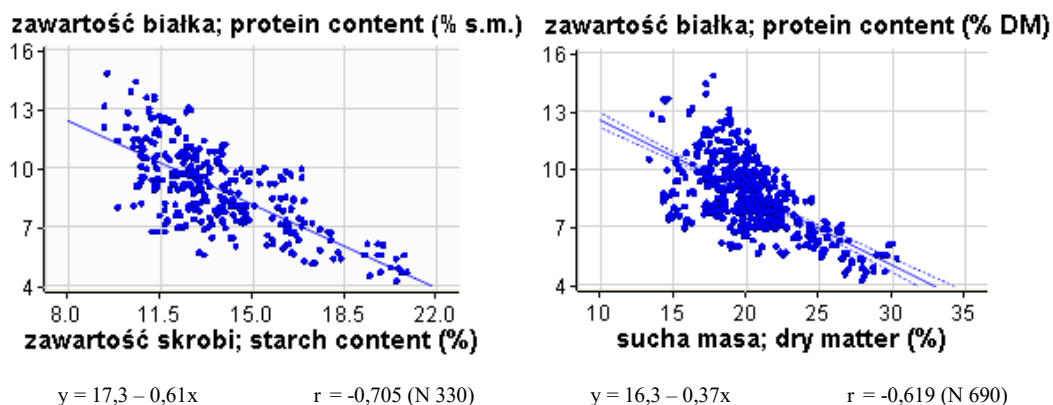
Zmienna niezależna (x) Independent variable	Zmienna zależna (y) Dependent variable	Równanie regresji Regression equation	r	R ²	Poziom istotności Significant level
Zawartość skrobi Starch content (%)	Zawartość białka (% s.m.) Protein content (% d.m.)	$y = 17,3 - 0,61x$	-0,705	49,7	**
Zawartość suchej masy Dry matter content (%)	Zawartość białka (% s.m.) Protein content (% d.m.)	$y = 16,3 - 0,37x$	-0,619	38,3	**
Plon suchej masy Dry matter yield (t·ha ⁻¹)	Plon białka Protein yield (kg·ha ⁻¹)	$y = 305,7 + 50,9x$	0,780	63,9	**
Zawartość białka (% św.m) Protein content (% f.m.)	Plon białka Protein yield (kg·ha ⁻¹)	$y = 300,8 + 282,5x$	0,328	10,8	**

** poziom istotności 0,01; significant at the level 0.01

r — współczynnik korelacji Pearsona; Pearson's correlation coefficient

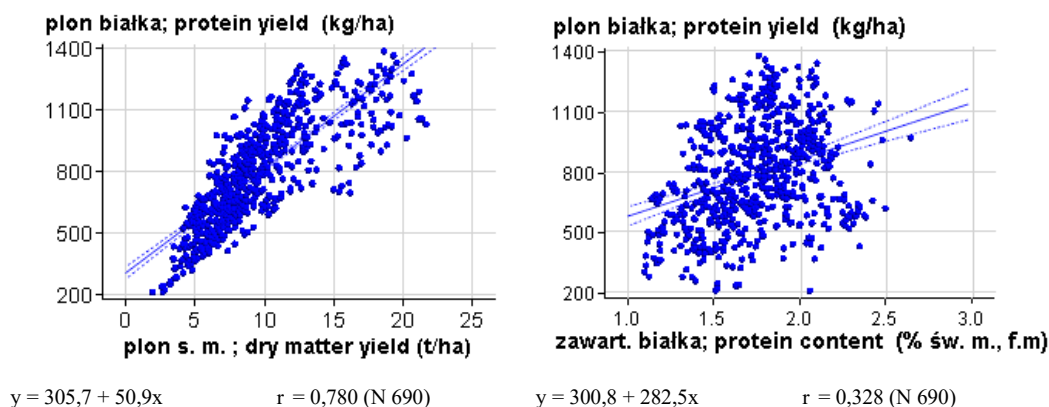
R² — współczynnik determinacji; coefficient of determination

Analizy regresji i korelacji (tab. 6) wykazały że, pomiędzy zawartością skrobi i suchej masy w bulwach, a zawartością w nich białka wystąpiła zależność liniowa: im zawartość skrobi i suchej masy w bulwach była wyższa tym zawartość białka była mniejsza (rys. 1). Natomiast plon białka był tym większy im większy był plon suchej masy i większa w niej zawartość białka (rys. 2).



Rys. 1. Zawartość białka a zawartość skrobi (2006–2009) i suchej masy (2006–2010)

Fig. 1. The protein content and starch or dry matter content



Rys. 2. Plon białka a plon suchej masy bulw i zawartość białka (2006–2010)

Fig. 2. The protein yield and the yield of dry matter or protein content

WNIOSKI

1. Nawożenie azotem istotnie podwyższało zarówno zawartość jak i plon białka. W zakresie dawek azotu zalecanych w uprawie ziemniaka (100–140 kg·ha⁻¹) zawartość

- białka wynosiła od 1,72 do 1,95% w bulwach odmian jadalnych i od 1,61 do 1,68% w bulwach odmian skrobiowych.
2. Zawartość białka ogółem w świeżej masie bulw ziemniaka badanych odmian należała do niskiej, gdyż była ona najczęściej mniejsza od 2%. Największą zawartością białka (1,84%) charakteryzowały się bulwy odmian jadalnych wczesnych, a najmniejszą (1,63%) ziemniaki odmian skrobiowych.
 3. Plon białka zależał przede wszystkim od plonu suchej masy bulw. Stwierdzono na podstawie analizy regresji i korelacji że, plon białka był tym większy im większy był plon suchej masy i większa w niej zawartość białka.
 4. Maksymalny plon białka (powyżej 900 kg·ha⁻¹) osiągnięty został przez średnio wczesną odmianę Marlen i dwie skrobiowe odmiany Kuras i Pokusa.
 5. Największe plony białka uzyskano w latach 2008 i 2009 charakteryzujących się optymalną dla rozwoju ziemniaka ilością opadów i temperaturą.
 6. Analiza regresji wykazała że, im większa zawartość skrobi (i suchej masy), tym mniejsza była zawartość białka w bulwach ziemniaka.

LITERATURA

- Ahmed E. Elfaki, Afaf. M. Abbsher. 2010. Nutritional situation of potato subjected to Sudanese cooking methods. *J. Appl. Sci. Res.* 6(8): 980 — 924.
- Biel W., Hury G., Maciorowski R., Kotlarz A., Jaskowska I. 2010. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na skład chemiczny ziarna dwóch odmian orkiszu (*Triticum aestivum ssp. spelta* L.). *Acta Sci. Pol., Zootechnica* 9 (4): 5 — 14.
- Ciećko Z., Krajewski W., Wyszowski M., Żołnowski A. 2004. Działanie nawożenia fosforem na zawartość i jakość białka w bulwach ziemniaka. *Prace Nauk. Wrocław*, 1017: 99 — 110.
- Burgos G., Haan S., Salas E., Bonierbale M. 2009. Protein, iron, zinc and calcium concentrations of potatoes following traditional processing as “chunño”. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 617 — 619.
- Grigg D. 1995. The pattern of world protein consumption. *Geoforum*, vol. 26, 1, pp. 1 — 17.
- Haase N. U. 2007. The canon of potato science: The nutritional value of potatoes. *Potato Res.* 50: 415 — 417.
- Jansen G., Flamme W. 2006. Coloured potatoes (*Solanum tuberosum* L.) — anthocyanin content and tuber quality. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 53: 1321 — 1331.
- Leszczyński W. 1994. Ziemniak jako produkt spożywczy. *Post. Nauk Rol.*, 1994, 1: 15 — 29.
- Leszczyńska D., Noworolnik K. 2010. Wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu na plonowanie owsa nagoziarnistego. *Żywność, Nauka, Techn., Jakość*, 3(70): 197 — 204.
- Mazurczyk W., Lis B. 2000. Skład chemiczny a wartość odżywcza ziemniaka. *Poradnik producentów ziemniaka*: 89 — 92.
- 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.* 10/51: 27 — 30.
- Mazurczyk W., Wroniak J., Wierzbicka A. 2008. Wpływ nawadniania kroplowego i fertygacji na akumulację plonu białka i suchej masy w bulwach ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 530: 177 — 186.
- Novoa R., Loomis R.S. 1981. Nitrogen and plant production. *Plant and Soil*, 58: 177 — 204.
- Sas-Piotrowska B., 1974. Wpływ środowiska na zawartość białka w ziemniaku. *Z prac Inst. Ziemn.* 7: 3 — 18.
- Vos J., Marshall B. 1993. Nitrogen and potato production strategies to reduce nitrate leaching. *Proc. 12th Trienn. Conf. EAPR*, 18-23 July, Paris, France: 101 — 110.
- Wojnowska T., Wróbel E., Sienkiewicz S., Mozelewski W., Krzbiećka S. 2002. Plon i zawartość związków organicznych w bulwach ziemniaka w zależności od dawki azotu i techniki nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 489: 195 — 202.

- Zarzecka K., Gugala M. 2006. Zawartość białka ogólnego i właściwego w bulwach ziemniaka w zależności od sposobów uprawy roli i odchwaszczenia. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 5 (2): 107 — 115.
- Zebarth B. J., Tai G., Tam R., de Jong H., Milburn P. H. 2004. Nitrogen use efficiency characteristics of commercial potato cultivars. *Canadian Journal of Plant Science* 84: 589 — 598.