

WPLYW ODMIANY I WARUNKÓW POGODOWYCH OKRESU
WEGETACJI NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH SKŁADNIKÓW
ODŻYWCZYCH I ANTYŻYWIENIOWYCH W BULWACH ZIEMNIAKA

Cezary Trawczyński

Zakład Agronomii Ziemiaka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Jadwisinie
ul. Szaniawskiego 15, 05-140 Serock
e-mail: c.trawczynski@ihar.edu.pl

Streszczenie. Celem badań polowych przeprowadzonych w latach 2011-2013 było określenie zawartości skrobi, witaminy C, białka ogólnego oraz azotanów i glikoalkaloidów w bulwach kilku odmian ziemniaka (średnio wczesne – Gawin, Legenda, Stasia, średnio późna – Gustaw) z uwzględnieniem warunków pogodowych w latach. Oceniono udział genotypu i warunków wegetacji na zmienność składu chemicznego bulw ziemniaka. Badania przeprowadzono na glebie lekkiej (piasek gliniasty), nawożonej organicznie słomą i międzyplonem gorczycy białej. Nawożenie mineralne stosowano w dawkach: 100 kg N·ha⁻¹, 17,5 kg P·ha⁻¹, 99,6 kg K·ha⁻¹. Lata 2011 i 2013 były niekorzystne, a 2012 rok korzystny pod względem układu warunków pogodowych w okresie wegetacji roślin. Wysoką zawartość składników odżywczych oraz niską antyżywniowych uzyskano w 2012 roku. W 2011 roku stwierdzono istotnie najmniejszy poziom azotanów w bulwach. W 2013 roku uzyskano istotnie największą zawartość azotanów oraz istotnie najmniejszy poziom skrobi i witaminy C w bulwach. Największy poziom skrobi w bulwach oznaczono u odmiany Gawin, witaminy C u odmiany Gustaw, a białka u odmiany Legenda. Najmniej azotanów w bulwach kumulowała odmiana Gawin, a glikoalkaloidów odmiana Legenda. Zawartość skrobi i glikoalkaloidów determinowane były głównie czynnikiem genetycznym, poziom azotanów warunkami pogodowymi w okresie wegetacji, a białko i witamina C współdziałaniem odmian i lat.

Słowa kluczowe: odmiany, skład chemiczny bulw, warunki pogodowe wegetacji, ziemniak

WSTĘP

Bulwy ziemniaka stanowią ważny produkt żywnościowy, na który składają się składniki odżywcze oraz nieobecność lub względnie niska zawartość szkodliwych substancji. Głównym składnikiem bulw jest skrobia, której zawartość w ziemniakach

jadalnych waha się od 11 do 17%. Zawartość skrobi decyduje o wartości energetycznej ziemniaka, wynoszącej około $70 \text{ kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, znacznie niższej od wielu produktów spożywczych. Ważnymi składnikami z punktu widzenia żywieniowego są zawarte w bulwach witamina C oraz białko. Ziemniaki, ze względu na wysokie ich spożycie, rocznie około 100 kg na osobę, mogą być traktowane jako znaczne źródło witaminy C. Jej ilość waha się od 100 do $300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy, a codzienne spożycie 200 g bulw pokrywa zapotrzebowanie na witaminę C w około 50% (Leszczyński 2000, 2012). Białko ogółem w bulwach ziemniaka stanowi około 2%, w tym 35-65% stanowi białko właściwe. Jako jedno z nielicznych białek roślinnych ma wartość biologiczną, zbliżoną do wartości białka zwierzęcego (Pęksa 2003). Oprócz składników odżywczych w bulwach ziemniaka zawarte są naturalne substancje niepożądane, azotany i glikoalkaloidy. Szkodliwość azotanów(V) wynika z możliwości ich zredukowania przez mikroflorę jelit do azotanów(III) mogących przechodzić w rakotwórcze nitrozoaminy. Stąd bezpieczny poziom azotanów(V) w bulwach może dochodzić do $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy bulw (Grudzińska i Zgórska 2008). Glikoalkaloidy są substancjami naturalnie występującymi w całej rodzinie Solanaceae i stanowią jeden z elementów wieloskładnikowego mechanizmu odpornościowego roślin ziemniaka (Sołtys 2013). Wysoka kumulacja tych związków w bulwach ziemniaka obniża ich wartość pokarmową i niekorzystnie działa na zdrowie (Friedman 2006), stąd określone są jako substancje antyżywniowe. Dopuszczalna zawartość glikoalkaloidów, niezależnie od odmiany, może dochodzić do $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ w świeżej masie, chociaż zawartość ich powyżej $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ w świeżej masie bulw może pogarszać smak bulw (Mazurczyk i Lis 2000, Zgórska i in. 2006). Różnicowanie tych składników w bulwach wynika między innymi z uwarunkowań genetycznych oraz oddziaływania na rośliny w czasie wegetacji warunków meteorologicznych, opadów i temperatury, które wpływając na metabolizm, powodują w różnym stopniu kształtowanie składu chemicznego bulw (Brown 2005, Correia i in. 2010, Leszczyński 1994, Roztropowicz 1989).

Celem badań była ocena wpływu genotypu i warunków pogodowych w okresie wegetacji na zawartość głównych składników decydujących o wartości żywieniowej bulw ziemniaka oraz udziału tych czynników w zmienności składu chemicznego bulw.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe badania polowe i laboratoryjne przeprowadzono w latach 2011-2013 w Zakładzie Agronomii Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin-PIB, Oddział w Jadwisinie. Doświadczenie jednoczynnikowe zakładano metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Analizę składu chemicznego bulw przeprowadzono na

jadalnych odmianach ziemniaka z grupy średnio wczesnych: Gawin, Legenda, Stasia oraz średnio późnej: Gustaw.

Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego. Gleba w poszczególnych latach badań wykazywała kwaśny odczyn, wysoką zasobność w przyswajalny fosfor oraz średnią w potas i magnez (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość przyswajalnych form P, K, Mg w glebie oraz pH gleby

Table 1. Soil content available forms of P, K, Mg and pH

Rok Year	pH w KCl pH in KCl	Zawartość w glebie (mg·kg ⁻¹) Content in the soil (mg kg ⁻¹)		
		P	K	Mg
2011	5,1	67	98	33
2012	5,4	85	107	50
2013	5,3	87	124	48

Nawożenie organiczne pod ziemniak stanowiła przyorywana po żniwach podorywką słoma pszenna w dawce 4-5 t·ha⁻¹ z dodatkiem azotu mineralnego (1 kg N na 100 kg słomy) oraz przyorywany jesienią orką przedzimową międzyplon z gorczycy białej w dawce 15-16 t·ha⁻¹. Nawożenie mineralne fosforem i potasem stosowano w oparciu o zasobność gleby w przyswajalne formy tych składników. Każdego roku jesienią przed wykonaniem orki przedzimowej stosowano 17,5 kg P·ha⁻¹ (superfosfat wzbogacony – 17,4% P) i 99,6 kg K·ha⁻¹ (sól potasowa – 49,8% K). Nawożenie mineralne azotem (saletrzak 27% N) stosowano wiosną bezpośrednio przed sadzeniem bulw w dawce 100 kg N·ha⁻¹.

Chwasty niszczone, stosując do wschodów roślin ziemniaka dwukrotnie obsypnik z łańcuchami. Bezpośrednio przed wschodami, po ostatnim obredleniu, zastosowano Afalon 450 SC, a po wschodach roślin ziemniaka Titus 23 WG. W okresie wegetacji 4-5-krotnie przeprowadzano zabiegi ochronne przeciwko zarazie ziemniaka oraz 2-3-krotnie zwalczające stonkę.

Ziemniaki sadzono ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75x33 cm, a zbierano w III dekadzie września. Wielkość pojedynczego poletka wynosiła 7,425 m² (30 roślin). Podczas zbioru z każdego poletka pobierano 5-kilogramowe próby, w których oznaczono zawartość skrobi, witaminy C, białka ogółem, azotanów i glikoalkaloidów. zawartość skrobi oznaczono metodą polarymetryczną Eversa (hydroлизę skrobi przeprowadzono we wrzącej łaźni wodnej, a następnie wytrącono białko przy pomocy kwasu fosforowo-wolframowego) z dokonaniem odczytów na automatycznym polarymetrze Polamat S. Zawartość witaminy C określono jako sumę kwasu L-askorbinowego i dehydroaskorbinowego metodą Tillmansa za pomocą miareczkowania roztworem 2,6-dwuchlorofenolindofenolu. Zawartość białka ogółem obliczono, mnożąc N ogółem (metoda Kjeldahla) przez współczynnik 6,25, według wzoru: białko ogółem (% w św. masie) = (% Nog. w s.m. x % s.m. x 6,25)/100.

Zawartość azotanów (NO_3^-) oznaczono reflektometrycznie przy użyciu przyrządu pomiarowego RQ Flex Merck według metodyki Merck. Sumaryczną zawartość glikoalkaloidów (cTGA) oznaczono kolorymetrycznie. TGA ekstrahowano gorącym etanolem, wytrącano stężonym amoniakiem oraz przeprowadzano reakcję barwną z użyciem odczynnika Clarka (stężony kwas fosforowy z dodatkiem formaldehydu).

Lata badań zaliczały się do mokrych i chłodnych, o czym świadczyły średnie dla okresów wegetacji opady i temperatury powietrza w porównaniu do średnich z wielolecia (tab. 2). Rozkład opadów w poszczególnych miesiącach wegetacji badanych lat był bardzo nierównomierny. W roku 2011 niedobór opadów wystąpił w maju i czerwcu, w lipcu zanotowano nadmiar opadów, w sierpniu dostateczną ich ilość, natomiast we wrześniu ponownie niedobór. W roku 2013 nadmiar opadów zanotowano w maju i czerwcu, w lipcu było sucho, i ponownie nadmiar opadów wystąpił w sierpniu i wrześniu. Najbardziej równomierny rozkład i dostateczną ilość opadów w okresie wegetacji, z wyjątkiem września, odnotowano w 2012 roku. Na podstawie temperatury powietrza w porównaniu do średniej z wielolecia wykazano, że lata 2011 i 2013 były cieplejsze niż 2012 rok. Ogólnie, ze względu na układ warunków pogodowych, w czerwcu, lipcu i sierpniu, w okresie wzrostu masy bulw, lata 2011 i 2013 należały do bardziej niekorzystnych niż 2012 rok.

Tabela 2. Charakterystyka warunków pogodowych w latach badań

Table 2. Weather conditions in the investigation years

Rok/Year	Miesiące/Months						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
Średnia temperatura powietrza – Mean air temperature ($^{\circ}\text{C}$)							
2011	9,7	13,2	17,5	17,0	15,3	13,7	14,4
2012	7,9	13,9	15,6	15,2	17,4	12,8	13,8
2013	6,3	15,7	17,2	18,7	18,2	10,3	14,4
Wielolecie* – Multiyear	7,8	13,6	16,5	18,4	17,7	13,0	14,5
Suma opadów – Sum of rainfalls (mm)							
2011	26,8	33,1	44,8	278,1	57,1	18,5	458,4
2012	54,3	52,4	96,6	92,2	87,2	26,9	409,6
2013	51,1	130,0	105,4	17,1	97,7	94,0	495,3
Wielolecie* – Multiyear	36,0	57,0	76,0	77,0	60,0	49,0	355,0

Wyniki doświadczeń dotyczące zawartości składników w bulwach opracowano statystycznie, posługując się analizą wariancji. Analizę porównania średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu Tukey'a na poziomie $p = 0,05$. Celem określenia źródeł zmienności badanych cech w zmienności całkowitej przeprowadzono ocenę komponentów wariacyjnych, wykorzystując program Statistica. Procentowy udział poszczególnych komponentów wariacyjnych posłużył do oceny wpływu genotypu oraz warunków pogodowych w okresie wegetacji na zmienność badanych cech bulw ziemniaka.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza składu chemicznego bulw ziemniaka wykazała istotne zróżnicowanie dotyczące genotypu, układu warunków pogodowych w latach jak i ich współdziałania (tab. 3). Największą zawartością skrobi w bulwach charakteryzowała się odmiana Gawin (średnio 16,5%), a istotnie najmniejszą (średnio 14,4%) odmiana Stasia. Ponadto odmiana Gawin w roku 2012, o korzystnym układzie warunków pogodowych, odznaczała się istotnie większą zawartością skrobi w bulwach w porównaniu do pozostałych odmian i lat. Zawartość skrobi w bulwach w roku 2011 nie różniła się istotnie w porównaniu do 2012 roku, chociaż tylko lipiec i sierpień w 2011 roku były wilgotne. W porównaniu do lat 2011 i 2012 istotnie niższy poziom skrobi w bulwach uzyskano w 2013 roku, w którym oprócz lipca było mokro. Podobnie według Puły i Skowery (2004), Bombika i in. (2007) oraz Rymuzy i in. (2015) ograniczeniem we wzroście zawartości skrobi w bulwach były duże ilości opadów (500 mm) w okresie wegetacji. Zarzecka i in. (2004) oraz Kołodziejczyk (2014) potwierdzili, że zawartość skrobi zależała od odmiany i warunków pogodowych oraz wystąpiła wzajemna interakcja tych czynników. Rymuza i in. (2015) nie wykazali interakcji odmian i lat, ale podobnie jak w przeprowadzonych badaniach stwierdzili, że najwięcej skrobi zawierały bulwy odmiany Gawin. W 2013 roku odnotowano również istotnie najmniejszą zawartość witaminy C w bulwach, a różnica w porównaniu do 2012 roku, z najbardziej równomiernym rozkładem opadów, stanowiła około 30%. Istotnie mniejsza była również zawartość witaminy C w bulwach w 2011 niż w 2012 roku. Wcześniejsze badania własne (Trawczyński i Wierzbicka 2012) oraz innych autorów (Gąsiorowska i Zarzecka 2002, Kraska 2002, Mazurczyk i Lis 2004) wykazały, że nierównomierny rozkład lub nadmiar opadów wpływają niekorzystnie na koncentrację witaminy C w bulwach. Spośród przebadanych odmian istotnie największą zawartość witaminy C w bulwach stwierdzono u odmiany Gustaw, szczególnie w drugim roku badań, a najmniejszą u odmiany Legenda. Na ogół wraz z wydłużeniem okresu wegetacji ziemniaków stwierdza się zmniejszenie zawartości witaminy C w bulwach (Mazurczyk i Lis 2004, Trawczyński i Wierzbicka 2012). Analiza dotycząca zawartości związków azotowych w bulwach, czyli azotanów i białka, wykazała, że najwięcej tych składników stwierdzono w 2013 roku, z największym niedoborem opadów w lipcu. Natomiast w 2011 roku obfite opady w lipcu mogły przyczynić się do przemieszczenia części azotu mineralnego do głębszych warstw gleby, powodując obniżenie pobrania azotu przez korzenie roślin i wykorzystanie tego składnika z zastosowanego nawozu, a także zmniejszenie poziomu azotu, białka i azotanów w bulwach (Fotyma i in. 2010, Trawczyński 2010, Wierzbicka i Trawczyński 2011).

Tabela 3. Zawartość skrobi, witaminy C, białka, azotanów i glikoalkaloidów w świeżej masie bulw w zależności od odmiany i lat badań**Table 3.** The content of starch, vitamin C, protein, nitrates and glycoalkaloids in fresh mass of tubers depending on cultivar and investigation years

	2011	2012	2013	Średnia – Mean
	Skrobia (%) – Starch (%)			
Gawin	16,4	17,1	15,9	16,5
Legenda	16,8	16,0	15,4	16,1
Stasia	14,5	14,6	14,0	14,4
Gustaw	16,4	16,6	15,9	16,3
Średnia/Mean	16,1	16,1	15,3	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		0,2		0,2
NIR _{0,05} dla współdziałania odmiany x lata – ; LSD _{0,05} for interaction cultivars x years – 0,3				
	Witamina C (mg·kg ⁻¹) – Vitamin C (mg kg ⁻¹)			
Gawin	188,6	171,0	127,3	162,3
Legenda	155,6	151,0	141,6	149,4
Stasia	162,0	177,0	142,6	160,5
Gustaw	156,0	255,0	142,0	184,3
Średnia/Mean	165,5	188,5	138,4	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		2,2		2,9
NIR _{0,05} dla współdziałania odmiany x lata – ; LSD _{0,05} for interaction cultivars x years – 3,5				
	Białko ogólne (%) – Total protein (%)			
Gawin	1,79	1,86	1,86	1,84
Legenda	1,97	2,10	1,94	2,00
Stasia	1,83	1,79	1,88	1,83
Gustaw	1,73	1,91	2,13	1,92
Średnia/Mean	1,83	1,92	1,95	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		0,03		0,03
NIR _{0,05} dla współdziałania odmiany x lata – ; LSD _{0,05} for interaction cultivars x years – 0,04				
	Azotany (mg·kg ⁻¹) – Nitrates (mg kg ⁻¹)			
Gawin	6,0	15,0	72,0	31,0
Legenda	22,0	95,0	109,0	75,3
Stasia	19,0	85,0	77,0	60,3
Gustaw	10,0	40,0	100,0	50,0
Średnia/Mean	14,2	58,7	89,5	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		2,8		3,6
NIR _{0,05} dla współdziałania odmiany x lata – ; LSD _{0,05} for interaction cultivars x years – 4,2				
	Glikoalkaloidy (mg·kg ⁻¹) – Glycoalkaloids (mg kg ⁻¹)			
Gawin	153,8	117,0	130,2	133,7
Legenda	87,9	31,0	44,7	54,5
Stasia	27,8	93,0	130,7	83,8
Gustaw	109,9	69,0	71,6	83,5
Średnia/Mean	94,9	77,5	94,3	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		7,4		9,5
NIR _{0,05} dla współdziałania odmiany x lata – ; LSD _{0,05} for interaction cultivars x years – 10,4				

Z dotychczas przeprowadzonych badań wynika, że wzrost zawartości azotanów w bulwach zależy bardziej od wystąpienia lat z okresowym niedoborem opadów w czasie wegetacji, niż z latami wilgotnymi (Ferydecka-Mazurczyk i Zgórska 2000, Grudzińska i Zgórska 2008, Jarych-Szyska 2006). W roku, w którym w lipcu zanotowano opady powyżej średniej z wielolecia, poziom azotanów w bulwach był istotnie mniejszy w porównaniu do lat, kiedy w lipcu było sucho (Trawczyński i Wierzbicka 2012). Analiza odnośnie reakcji odmian wykazała, że zawartość azotanów i białka największe były w bulwach odmiany Legenda. Istotnie najmniejszy poziom azotanów stwierdzono w bulwach odmiany Gawin, a białka u odmian Stasia i Gawin. Ogólnie bulwy przebadanych odmian charakteryzowały się niską skłonnością do kumulowania azotanów, poniżej $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ św. masy (Nowacki i in. 2015). W warunkach niekorzystnego układu warunków wilgotnościowo-termicznych, jakie wystąpiły w latach 2011 i 2013, uzyskano również istotnie większy niż w 2012 roku poziom glikoalkaloidów w bulwach, substancji wytwarzanych jako mechanizm obronny roślin w reakcji na stres. Dane literaturowe potwierdziły, że bulwy ziemniaka podczas wegetacji pod wpływem zbyt niskiej lub wysokiej temperatury, a także nadmiaru lub niedoboru opadów, zwiększają syntezę glikoalkaloidów (Hamouz i in. 2014, Frydecka-Mazurczyk i Zgórska 2002, Zarzecka i Gugała 2007, Zarzecka i in. 2013). Najmniejszy poziom glikoalkaloidów stwierdzono w bulwach odmiany Legenda, a istotnie najwięcej tego składnika wytworzyły bulwy odmiany Gawin. Na podstawie ustalonego podziału dotyczącego poziomu glikoalkaloidów w bulwach (Mazurczyk i Lis 2000) odmianę Gawin zaliczono do grupy o podwyższonej skłonności do gromadzenia tego składnika.

W badaniach wykazano, że analizowane składniki w bulwach w różnym stopniu zależały od genotypu i warunków pogodowych okresu wegetacji (tab. 4).

Tabela 4. Wyniki analizy wariancji dla zawartości składników w bulwach
Table 4. Results of variance analysis for content of glycoalkaloids in tubers

Cecha Feature	Istotność wpływu Significance of the influence			Udział w wariancji całkowitej (%) Share in total variability (%)		
	1	2	1x2	1	2	1x2
Skrobia – Starch	xx	xx	x	78,9	14,3	6,8
Witamina C – Vitamin C	xx	xx	xx	15,7	41,2	43,1
Białko – Protein	xx	xx	xx	35,5	20,0	44,5
Azotany – Nitrates	xx	xx	xx	18,5	68,0	13,5
Glikoalkaloidy – Glycoalkaloids	xx	x	xx	52,1	4,2	43,7

1 – odmiana – cultivar; 2 – lata – years; istotny przy p – significant at $p = 0,05$ -x; $p = 0,01$ -xx

Analiza komponentów wariacyjnych wykazała, że genotypowi przypisać można 78,9% udziału w zawartości skrobi, 52,1% udziału w zawartości glikoalkaloidów, 35,5% udziału w poziomie białka oraz tylko od 15,7 do 18,5% udziału w zawartości

witaminy C i azotanów w zmienności całkowitej. Warunki pogodowe w 68% determinowały zawartość azotanów, w 41,2% zawartość witaminy C, od 14,3 do 20% poziom skrobi i białka oraz tylko w około 4,2% poziom glikoalkaloidów. Witamina C, białko i glikoalkaloidy wysoce istotnie zależały również od współdziałania odmian z latami w zmienności całkowitej, stanowiąc od 43,1 do 44,5%.

Badania Trętowskiego i in. (1989), Mazurczyka (1994) oraz Zarzeckiej i in. (2004) wykazały, że zawartość skrobi determinowana była głównie właściwościami odmianowymi. Z kolei Bombik i in. (2007), Kołodziejczyk (2014) i Leszczyński (2000) udowodnili, że zawartość skrobi w największym stopniu zależała od warunków pogodowych w okresie wegetacji. Podobne rozbieżności dotyczyły wcześniejszych badań własnych (Trawczyński i Wierzbicka 2011, Trawczyński i Wierzbicka 2012) i obecnych odnośnie udziału odmian i warunków pogodowych w latach na zawartość witaminy C i glikoalkaloidów. Zawartości białka i azotanów według Kołodziejczyka (2013) determinowane były współdziałaniem odmian i lat, a zmienność środowiskowa w przypadku tych cech była większa niż czynnika odmianowego, co w znacznym stopniu potwierdziły przeprowadzone badania.

WNIOSKI

1. Istotne zróżnicowanie zawartości składników odżywczych: skrobi, witaminy C i białka ogólnego w bulwach oraz antyżywniowych: azotanów i glikoalkaloidów stwierdzono w stosunku do odmian i warunków pogodowych w okresie wegetacji.

2. Warunki pogodowe w największym stopniu determinowały zawartość azotanów, a właściwości odmian – zawartość skrobi i glikoalkaloidów w bulwach.

PIŚMIENNICTWO

- 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.
- Brown C.R., 2005. Antioxidants in potato. *Am. J. Potato Res.*, 82, 163-172.
- Correia M., Barroso A., Barroso M., Soares D., Oliveira M.B., Delerue-Matos C., 2010. Contribution of different vegetable types to exogenous nitrate and nitrite exposure. *Food Chem.*, 120, 960-966.
- Fotyma M., Kęsik K., Pietruch C., 2010. Azot mineralny w glebach jako wskaźnik potrzeb nawozowych roślin i stanu czystości wód glebowo-gruntowych. *Nawozy i Nawożenie*, 38, 5-83.
- Friedman M., 2006. Potato glycoalkaloids and metabolites: Roles in the plant and in the diet. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 8655-8681.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K., 2000. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka w zależności od odmiany, miejsca uprawy i terminu zbioru. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(25) Supl., 46-51.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K., 2002. Czynniki wpływające na akumulację glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 489, 283-290.

- Gąsiorowska B., Zarzecka K., 2002. Wpływ terminu zbioru na plon i cechy jakościowe bulw ziemniaka uprawianego w rejonie Siedlec. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 489, 319-325.
- Grudzińska M., Zgórska K., 2008. Wpływ warunków meteorologicznych na zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 5(60), 98-106.
- Hamouz K., Pazderů K., Lachman J., Orsák M., Pivec V., Hejtmánková K., Tomášek J., Čížek M., 2014. Effect of cultivar, flesh colour, location and year of cultivation on the glycoalkaloid content in potato tubers. Plant Soil Environ., 60, 512-517.
- Jarych-Szyska M., 2006. Wpływ nawożenia azotowego na zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2(47) Supl., 76-84.
- Kołodziejczyk M., 2013. Fenotypowa zmienność plonowania, składu chemicznego oraz wybranych cech jakości bulw średnio późnych i późnych odmian ziemniaka jadalnego. Acta Agrophysica, 20 (3), 411-422.
- Kołodziejczyk M., 2014. Wpływ warunków opadowo-termicznych na skład chemiczny oraz wybrane parametry jakości bulw średnio późnych i późnych odmian ziemniaka jadalnego. Annales UMCS, sec. E., 3, 1-10.
- Kraska P., 2002. Wpływ sposobów uprawy, poziomów nawożenia i ochrony na wybrane cechy jakości ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 489, 229-237.
- Leszczyński W., 1994. Wpływ czynników działających w okresie wegetacji ziemniaka na jego jakość. Post. Nauk Rol., 41/46 (6), 55-68.
- Leszczyński W., 2000. Jakość ziemniaka konsumpcyjnego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 4 (25) Supl., 5-27.
- Leszczyński W., 2012. Znaczenie ziemniaka jako produktu żywnościowego oraz w przetwórstwie przemysłowym. Ziem. Pol., 1/2012, 38-43.
- Mazurczyk W., 1994. Skład chemiczny dojrzałych 30 odmian ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn., 44, 55-63.
- Mazurczyk W., Lis B., 2000. Zawartość azotanów i glikoalkaloidów w dojrzałych bulwach ziemniaka jadalnego. Rocz. PZH, 51(1), 37-41.
- Mazurczyk W., Lis B., 2004. Relacje między zawartością witaminy C i azotanów w bulwach różnych odmian ziemniaka. Biul. IHAR 232, 47-52.
- Nowacki W., Boguszewska D., Czerko Z., Goliszewski W., Grudzińska M., Jankowska J., Lutomińska B., Pietraszko M., Trawczyński C., Wierzbicka A., Zarzyńska K., Michalak K., 2015. Charakterystyka Krajowego Rejestru Odmian Ziemniaka. Wyd. XVIII, IHAR O/Jadwisin, 34.
- Pęksa A., 2003. Białoziemniaczane-charakterystyka i właściwości. Post. Nauk Rol., 50 (5), 79-92.
- Pała J., Skowera B., 2004. Zmienność cech jakościowych bulw ziemniaka odmiany Mila uprawianego na glebie lekkiej w zależności od warunków pogodowych. Acta Agrophysica, 3 (2), 359-366.
- Roztropowicz S., 1989. Środowiskowe, odmianowe i nawozowe źródła zmienności składu chemicznego bulw ziemniaka. Fragm. Agron., 6(6), 33-75.
- Rymuza K., Radzka E., Lenartowicz T., 2015. Wpływ warunków środowiskowych na zawartość skrobi w bulwach odmian ziemniaka średnio wczesnego. Acta Agrophysica 22 (3), 279-289.
- Sołtys D., 2013. Solanina i chakonina – główne glikoalkaloidy ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.). KOSMOS, 62, 129-138.
- Trawczyński C., 2010. Wykorzystanie azotu z nawozów przez odmiany ziemniaka o zróżnicowanych wymaganiach w stosunku do tego składnika. Biul. IHAR-PIB, 256, 133-140.
- Trawczyński C., Wierzbicka A., 2011. Odmianowe i środowiskowe zróżnicowanie zawartości glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. Biuletyn IHAR-PIB, 262, 119-126.
- Trawczyński C., Wierzbicka A., 2012. Relacje między zawartością witaminy C i azotanów w bulwach odmian ziemniaka należących do różnych grup wczesności. Biul. IHAR-PIB, 266, 143-150.

- Trętowski J., Boligłowa E., Bombik A., 1989. Zmienność plonu i zawartości skrobi u odmian ziemniaka różnych grup wczesności. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 382, 70-77.
- Wierzbicka A., Trawczyński C., 2011. Czynniki wpływające na pobranie i wykorzystanie azotu przez jadalne i skrobiowe odmiany ziemniaka. Biul. IHAR-PIB, 259, 203-210.
- Zarzecka K., Antolak M., Pszczółkowski P., 2004. Plonowanie dziesięciu średnio wczesnych odmian ziemniaka w warunkach Podlasia. Zesz. Nauk. AP Roln. Siedlce, 65, 59-63.
- Zarzecka K., Gugala M., 2007. Changes in the content of glycoalkaloids in potato tubers according to soil tillage and weed control methods. Plant Soil Environ., 53, 247-251.
- Zarzecka K., Gugala M., Mystkowska I., 2013. Glycoalkaloid contents in potato leaves and tubers as influenced by insecticide application. Plant Soil Environ., 59, 183-188.
- Zgórska K., Czerko Z., Grudzińska M., 2006. Wpływ wybranych czynników na zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 1 (46) Suppl., 229-234.

THE INFLUENCE OF CULTIVARS AND WEATHER CONDITIONS OF VEGETATION PERIOD ON THE CONTENT OF SOME NUTRITIONAL AND ANTI-NUTRITIONAL COMPONENTS IN POTATO TUBERS

Cezary Trawczyński

Department of Potato Agronomy
Plant Breeding and Acclimatization Institute, National Research Institute, Division of Jadwisin
ul. Szaniawskiego 15, 05-140 Serock
e-mail: c.trawczynski@ihar.edu.pl

Abstract. The aim of the field experiment conducted in the years 2011-2013 was to determine the content of starch, vitamin C, total protein, nitrates and glycoalkaloids in tubers of some potato cultivars (mid-early – Gawin, Legenda, Stasia, mid-late – Gustaw), taking into account the climate conditions in the years under study. An estimation was made of the effect of genotype and weather conditions during the growing season on the variation of the chemical composition of potato tubers. The investigations were carried out on a light soil (sandy loam) fertilised organically with straw and aftercrop of white mustard. Mineral fertilisation was applied in the doses of 100 kg N ha⁻¹, 17.5 kg P ha⁻¹, 99.6 kg K ha⁻¹. The years 2011 and 2013 were more unfavourable in terms of the weather conditions than the year 2012. The most optimal chemical composition of potato tubers, high content of nutrients and low level of anti-nutritional components was obtained in 2012. In the year 2011 significantly the lowest level of nitrates in tubers was noted. In the year 2013 significantly the highest content of nitrates and the lowest level of starch and vitamin C in tubers was observed. The highest level of starch in tubers was obtained in cultivar Gawin, vitamin C in cultivar Gustaw, and protein in cultivar Legenda. The least amount of nitrates was accumulated in the tubers of cultivar Gawin, and glycoalkaloids in cultivar Legenda. The starch content and glycoalkaloids were determined mainly by the genetic factors, the level of nitrates by the weather conditions during the growing season, and the levels of protein and vitamin C by the interaction of cultivars and years.

Key words: cultivars, chemical composition of tubers, weather conditions of vegetation, potato