

**CEZARY TRAWCZYŃSKI****ANNA WIERZBICKA**Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy  
Zakład Agronomii Ziemiaka, Oddział w Jadwisinie

## Relacje między zawartością witaminy C i azotanów w bulwach odmian ziemniaka należących do różnych grup wczesności

### Relationships between vitamin C and nitrates contents in tubers of potato cultivars belonging to different maturity groups

Celem badań polowych przeprowadzonych w latach 2006–2011 było określenie wpływu odmiany ziemniaka i warunków pogodowych w okresie wegetacji na zawartości witaminy C i azotanów w bulwach oraz relacje pomiędzy tymi składnikami. Badania przeprowadzono w warunkach gleby lekkiej na 28 jadalnych odmianach ziemniaka, podzielonych na 3 grupy: bardzo wczesne i wczesne, średnio wczesne, średnio późne i późne. Nawożenie organiczne stosowano w formie słomy i poplonu ścierniskowego z gorczycy białej. Nawożenie mineralne N:P:K stosowano odpowiednio w dawce 100:39,2:99,6 kg·ha<sup>-1</sup>. Stwierdzono istotne różnice w zawartości witaminy C i azotanów w bulwach oraz relacji pomiędzy tymi składnikami dla poszczególnych odmian i warunków pogodowych w latach badań. Większość bulw badanych odmian charakteryzowała się korzystnym stosunkiem witaminy C do azotanów (powyżej 2/1). Bulwy odmian średnio wczesnych, średnio późnych i późnych charakteryzowały się korzystniejszym stosunkiem witaminy C do azotanów w porównaniu do odmian bardzo wczesnych i wczesnych. Stwierdzono, że w latach o opadach wyższych od średniej z wielolecia, szczególnie w miesiącach lipiec-sierpień (2009, 2010, 2011), niesprzyjających nadmiernemu gromadzeniu azotanów w bulwach, stosunek witaminy C do azotanów był szerszy niż w innych latach.

**Słowa kluczowe:** azotany, odmiany ziemniaka, stosunek witamina C/azotany, warunki pogodowe, witamina C

In a field experiment conducted in the years 2006–2011, the influence of potato cultivars and climate conditions on the content of vitamin C and nitrates in tubers and relationships between components were determined. The investigations were carried out in the light soil conditions on 28 table potato cultivars which were divided into three groups: very early and early, mid early, mid late and late. Organic fertilization in the form of straw and aftercrop of white mustard was applied. Mineral fertilization was applied in the doses of 100 kg N·ha<sup>-1</sup>; 39.2 kg P·ha<sup>-1</sup>; 99.6 kg K·ha<sup>-1</sup>. We found significant differences in vitamin C and nitrates content in tubers and relationship between this component for cultivars and weather conditions in years. In most of the tested cultivars, the ratios of vitamin C to nitrates in tubers were advantageous (above 2/1). More advantageous ratios of vitamin C to nitrates were found in the tubers of mid early, mid late and late cultivars in comparison to tubers of very early and early cultivars. It was stated that in the years with higher precipitation than the long-term

mean, especially in months July-August (2009, 2010, 2011) that were not favourable for nitrates accumulation in tubers, relationship between vitamin C to nitrates was wider than in other years.

**Key words:** nitrates, potato cultivars, ratio vitamin C/nitrates, vitamin C, weather conditions

#### WSTĘP

Bulwy ziemniaka są ważnym źródłem wielu witamin, ale największe znaczenie ma witamina C, której głównymi składnikami są kwas askorbinowy i kwas dehydroaskorbinowy. Zawartość witaminy C wahać się może w zależności od odmiany w granicach od 5 do 30 mg w 100 g świeżej masy bulw (Leszczyński, 2000; Sinden i in., 1978; Zimnoch-Guzowska, Flis, 2006). Z kolei azotany są naturalnymi składnikami występującymi w bulwach ziemniaka. Obecność ich w bulwach związana jest z przemianami azotu w aminokwasy i białka. Ziemniak zaliczany jest do grupy roślin w niewielkim stopniu kumulującym azotany, ale poziom ich w bulwach może być bardzo zróżnicowany. Azotany wykazywać mogą działanie szkodliwe, jeżeli ulegną redukcji do azotynów, co może zachodzić nie tylko w organizmie, ale także w środkach spożywczych podczas ich produkcji, przetwarzania czy magazynowania. Powstałe z azotanów nitrozoaminy mogą wykazywać działanie mutagenne i rakotwórcze. Inhibitorem tworzenia się nitrozoamin jest witamina C. Kwas askorbinowy redukuje azotyny do tlenku azotu eliminując reakcję ich nitrozowania, czyli zawarta w produktach, między innymi w bulwach ziemniaka witamina C skutecznie obniża szkodliwość azotanów (Hippe, 1996; Massey, 1982). Dlatego większa zawartość witaminy C w stosunku do poziomu azotanów wskazuje na lepszą wartość pokarmową bulw (Cieślik, 1994; Mazurczyk, Lis, 2004; Mazur i in., 1993). Do ważnych czynników modyfikujących zawartość azotanów i witaminy C w bulwach należy zaliczyć genotyp (właściwości odmianowe) i warunki meteorologiczne w okresie wegetacji, szczególnie opady i temperaturę powietrza (Cieślik, 1995; Lis, 1996; Roztropowicz, 1989; Zgórska, Frydecka-Mazurczyk, 1985).

Celem badań było określenie wpływu genotypu i przebiegu warunków meteorologicznych w okresie wegetacji na zawartość witaminy C i azotanów oraz ustalenie wzajemnych relacji pomiędzy tymi składnikami w bulwach ziemniaków należących do różnych grup wczesności.

#### MATERIAŁ I METODY

W latach 2006–2011 w Zakładzie Agronomii Ziemniaka Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział w Jadwisinie w ścisłych doświadczeniach polowych i laboratoryjnych określono zawartość witaminy C i azotanów w bulwach 28 nowych jadalnych odmian ziemniaka należących do różnych grup wczesności (bardzo wczesne i wczesne — Aruba, Augusta, Bellarossa, Berber, Etola, Eugenia, Ewelina, Flaming, Impala, Justa, Miłek, Nora, Oman Velox; średnio wczesne — Almera, Ametyst, Benek, Elanda, Finezja, Jutrzenka, Marlen, Meridian, Promyk, Sagitta, Tetyda; średnio późne i późne — Medea, Roko, Zagłoba). Doświadczenia zakładano metodą losowanych bloków w 3

powtórzeniach. Wielkość pojedynczego poletka stanowiła powierzchnię 7,425 m<sup>2</sup> (30 krzaków).

Badania przeprowadzono na glebie lekkiej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego. Gleba charakteryzowała się kwaśnym odczynem, bardzo wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor oraz średnią do wysokiej w potas i magnez. Warunki meteorologiczne okresu wegetacji oceniono na podstawie odchyleń sumy opadów i średnich temperatur powietrza od średnich z wielolecia (tab. 1). W głównych miesiącach wegetacji ziemniaków oraz w okresie zbioru (czerwiec, lipiec, sierpień, wrzesień) warunki wilgotnościowe były zróżnicowane w poszczególnych latach. W czerwcu zanotowano opady poniżej średniej z wielolecia, z wyjątkiem roku 2007, natomiast w miesiącu lipcu lata 2006, 2007, 2008 były niedoborowe, zaś lata 2009, 2010, 2011 charakteryzowały się sumą opadów powyżej średniej z wielolecia. W miesiącu sierpniu we wszystkich latach badań opady utrzymywały się powyżej średniej z wielolecia, a jedynie w roku 2011 zanotowano niewielki ich niedobór. Ponadto wykazano, że miesiąc czerwiec był chłodniejszy w latach 2006 i 2007 niż w pozostałych latach, zaś lipiec chłodniejszy w latach 2007, 2008 i 2011 w porównaniu do pozostałych trzech lat. Z kolei miesiąc sierpień był generalnie chłodny, zaś we wrześniu w latach 2006, 2009 i 2011 było cieplej w porównaniu do pozostałych lat.

Tabela 1

**Odchylenia miesięcznych sum opadów (mm) oraz średnich miesięcznych temperatur powietrza (°C) w latach od średniej wieloletniej**  
**Deviations of monthly precipitation sums (mm) and of mean monthly air temperature (°C) in the years from long-term means**

RokYear	Miesiące — Months						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
	Opady — Precipitation						
1967-2011	39	51	77	73	62	49	351
2006	-1,0	-0,6	-26,1	-63,8	94,1	-37,5	-34,9
2007	-22,7	26,4	32,6	-18,9	12,3	52,7	85,4
2008	-8,7	10,9	-33,5	-4,2	18,9	-2,2	-16,8
2009	-36,0	27,8	-3,6	12,6	25,1	-30,2	-10,3
2010	-26,3	110,8	-12,0	22,7	46,3	21,3	162,8
2011	-9,2	-22,9	-30,2	200,1	-1,9	-30,5	107,4
	Temperatura powietrza — Air temperature						
1967-2011	7,7	13,7	16,5	18,4	17,7	13,2	14,5
2006	0,0	-0,9	-1,3	3,6	-0,7	1,6	0,4
2007	0,1	-0,5	-0,8	-0,8	0,0	-2,3	-0,7
2008	-0,3	0,0	0,6	-0,3	-0,1	-1,5	-0,3
2009	1,9	-1,3	0,9	2,9	-0,5	1,1	0,9
2010	0,3	-1,2	0,0	1,5	0,4	-2,0	0,1
2011	1,9	-0,4	1,0	-1,5	-2,4	0,6	0,0

Nawożenie organiczne pod ziemniaki stanowiła słoma z dodatkiem azotu mineralnego (około 1 kg N na 100 kg słomy) przyorywana podorywką oraz poplon ścierniskowy z gorczyca białej przyorywany jesienią orką przedzimową. Nawożenie mineralne N : P : K stosowano odpowiednio w dawce 100 : 39,2 : 99,6 kg·ha<sup>-1</sup>. Bulwy sadzano ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75×33 cm, a zbierano w okresie od III dekady sierpnia

(odmiany wczesne) do I dekady października (odmiany późniejsze). Podczas zbioru pobierano 5-kilogramowe próby w celu oznaczenia zawartości witaminy C i azotanów w bulwach. Zawartość witaminy C określono jako sumę kwasu L-askorbinowego i dehydroaskorbinowego metodą Tillmansa za pomocą miareczkowania roztworem 2,6-dwuchlorofenolindofenolu (Rutkowska, 1981). Azotany oznaczono metodą koloryometryczną w oparciu o reakcję Griessa z wykorzystaniem mieszaniny cynku i manganu przy redukcji azotanów do azotynów (Zalewski, 1971).

Wyniki doświadczeń opracowano posługując się programem statystycznym SAS Enterprise Guide. Analizę porównania średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu zakresu studentyzowanego Tukeya.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość witaminy C w bulwach analizowanych odmian wynosiła średnio  $187,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy i była zbieżna z wykazaną przez innych badaczy (Kraska, 2002; Mazurczyk, 1988; Roztropowicz, 1989; Sawicka, Mikos-Bielak, 1998). Największą zawartość witaminy C w grupie bardzo wczesnych i wczesnych stwierdzono w bulwach odmiany Ewelina ( $248,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy), w grupie odmian średnio wczesnych w ziemniakach odmiany Meridian ( $223,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy), a spośród średnio późnych i późnych największym poziomem witaminy C w bulwach charakteryzowała się odmiana Roko ( $192,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy) — (tab. 2). Różnica zawartości witaminy C w bulwach pomiędzy odmianami wahała się od 123,6 do  $248,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy. Wraz z wydłużeniem okresu wegetacji ziemniaków, od wczesnych do późniejszych stwierdzono zmniejszenie poziomu witaminy C w bulwach, odpowiednio od 204,9 do  $163,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy (tab. 3). Udowodnione statystycznie różnice dotyczyły tylko grupy odmian bardzo wczesnych i wczesnych w porównaniu do pozostałych grup. Generalnie bulwy odmian bardzo wczesnych i wczesnych charakteryzowały się o około 18% większą zawartością witaminy C, niż bulwy odmian średnio późnych i późnych. Wielu badaczy (Gąsiorowska, Zarzecka, 2002; Kraska, 2002; Machnacki, Kołpak 1999; Rogozińska, 1983; Roztropowicz, 1989; Zgórska, Frydecka-Mazurczyk, 1985) potwierdziło, że zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka jest cechą odmianową, ale w znacznym stopniu zależną od przebiegu pogody w okresie wegetacji, głównie temperatury powietrza i opadów. Z reguły nierównomierny rozkład lub niedobór opadów oraz zbyt wysoka temperatura powietrza, szczególnie w końcowym okresie wegetacji odbijają się niekorzystnie na ilości tego składnika w bulwach, co potwierdzono w niniejszych badaniach. W trzech latach badań (2006, 2009, 2011), w których układ warunków pogodowych, opadów i temperatury powietrza w okresie wegetacji był najbardziej zróżnicowany, kiedy po okresie opadów następował ich niedobór lub po okresie chłodniejszym notowano wzrost temperatury powietrza, szczególnie w miesiącach sierpień — wrzesień, stwierdzono istotnie mniejszą zawartość witaminy C w bulwach, niż w pozostałych latach badań (2007, 2008 i 2010) — (tab. 4).

Tabela 2

**Zawartość oraz relacje witaminy C do azotanów w bulwach badanych odmian ziemniaka**  
**The content and relationships of vitamin C to nitrates in tubers of tested potato cultivars**

Odmiana Cultivar	Witamina C mg·kg <sup>-1</sup> św. masy Vitamin C mg·kg <sup>-1</sup> of fresh mass	Azotany (NaNO <sub>3</sub> ) mg·kg <sup>-1</sup> św. masy Nitrates (NaNO <sub>3</sub> ) mg·kg <sup>-1</sup> of fresh mass	Stosunek witamina C/azotany Ratio vitamin C/nitrates
Bardzo wczesne i wczesne — Very early and early			
Aruba	183,5	82,2	2,2/1
Augusta	201,8	74,6	2,7/1
Bellarossa	187,3	100,6	1,8/1
Berber	191,7	137,0	1,3/1
Etola	236,5	19,1	12,3/1
Eugenia	207,4	103,4	2,0/1
Ewelina	248,1	123,3	2,0/1
Flaming	217,0	65,0	3,3/1
Impala	217,9	252,0	0,8/1
Justa	193,1	95,9	2,0/1
Miłek	216,0	143,8	1,5/1
Nora	184,3	119,1	1,5/1
Oman	180,4	76,0	2,3/1
Velox	203,4	206,8	0,9/1
Średnio wczesne — Medium early			
Almera	202,3	69,8	2,8/1
Ametyst	129,0	17,8	7,2/1
Benek	155,6	70,5	2,2/1
Elanda	157,4	78,7	2,0/1
Finezja	151,9	50,6	3,0/1
Jutrzenka	155,0	55,4	2,7/1
Marlen	200,8	67,8	2,9/1
Meridian	223,9	157,5	1,4/1
Promyk	174,6	49,3	3,5/1
Sagitta	180,0	26,0	6,9/1
Tetyda	171,0	57,5	2,9/1
Średnio późne i późne — Medium late and late			
Medea	174,1	76,7	2,2/1
Roko	192,8	53,4	3,6/1
Zagłoba	123,6	53,4	2,3/1
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	12,1	26,0	0,5/1

Tabela 3

**Zawartość i relacje witaminy C do azotanów dla poszczególnych grup odmian ziemniaków**  
**The content and relationships of vitamin C to nitrates for maturity groups of potato cultivars**

Grupa odmian Group of cultivars	Witamina C mg·kg <sup>-1</sup> św. masy Vitamin C mg·kg <sup>-1</sup> of fresh mass	Azotany (NaNO <sub>3</sub> ) mg·kg <sup>-1</sup> św. masy Nitrates (NaNO <sub>3</sub> ) mg·kg <sup>-1</sup> of fresh mass	WitaminaC/Azotany Vitamin C/Nitrates
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	204,9	114,2	1,7/1
Średnio wczesne Medium early	172,8	63,7	2,7/1
Średnio późne i późne Medium late and late	163,5	61,2	2,7/1
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	10,5	28,0	0,6/1

**Wpływ lat badań na zawartość i relacje witaminy C do azotanów w bulwach ziemniaka**  
**Influence of year of testing on the content and relationships of vitamin C to nitrates in potato tubers**

Lata Years	Witamina C mg·kg <sup>-1</sup> św. masy Vitamin C mg·kg <sup>-1</sup> of fresh mass	Azotany (NaNO <sub>3</sub> ) mg·kg <sup>-1</sup> św. masy Nitrates (NaNO <sub>3</sub> ) mg·kg <sup>-1</sup> of fresh mass	WitaminaC/Azotany Vitamin C/Nitrates
2006	170,8	129,8	1,3/1
2007	212,9	119,7	1,7/1
2008	245,7	165,0	1,4/1
2009	149,3	63,0	2,3/1
2010	205,2	85,1	2,4/1
2011	150,0	20,1	7,4/1
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	15,0	25,0	0,7/1

Zawartość azotanów w ziemniakach badanych odmian, była bardziej zróżnicowana niż zawartość witaminy C i wahała się od 17,8 do 206,8 mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy bulw. Z grupy odmian bardzo wczesnych i wczesnych największą zawartością azotanów (252 mg NaNO<sub>3</sub>·kg<sup>-1</sup> świeżej masy) charakteryzowały się ziemniaki odmiany Impala, spośród średnio wczesnych odmiana Meridian (157,5 mg NaNO<sub>3</sub>·kg<sup>-1</sup> świeżej masy), natomiast wśród średnio późnych i późnych odmiana Medea (76,7 mg NaNO<sub>3</sub>·kg<sup>-1</sup> świeżej masy) — (tab. 2). Generalnie w bulwach odmian bardzo wczesnych i wczesnych stwierdzono istotnie większą zawartość azotanów, niż w bulwach odmian późniejszych (tab. 3). Zbieżność odnośnie zróżnicowania odmian pod względem zawartości azotanów, na podstawie wieloletnich badań, potwierdzili Mazurczyk i Lis (2000) wykazując, że poziom tego składnika w bulwach odmian bardzo wczesnych i wczesnych, średnio wczesnych oraz średnio późnych i późnych stanowił odpowiednio: 224, 108 i 44 mg NaNO<sub>3</sub>·kg<sup>-1</sup> świeżej masy. Oprócz nawożenia, głównie azotem, czynnikiem w istotny sposób kształtującym zawartość azotanów w bulwach, może być układ warunków pogodowych w okresie wegetacji ziemniaków, co potwierdziły niniejsze badania oraz innych badaczy (Frydecka-Mazurczyk, Zgórska 1996; Lis 1996; Międzybrodzka i in. 1992). Wynika z nich, że wzrost gromadzenia azotanów w bulwach zbieżny jest bardziej z występowaniem lat suchych, z niedoborem opadów w okresie wegetacji, niż z latami wilgotnymi. Stąd w okresach wegetacyjnych, w których zanotowano opady powyżej średniej z wielolecia, szczególnie w miesiącu lipcu (2009, 2010, 2011) poziom azotanów w bulwach był istotnie niższy w porównaniu do pozostałych lat (2006, 2007, 2008) — (tab. 4). Przyczynia się do tego przemieszczanie mineralnych form azotu do głębszych warstw gleby w warunkach nadmiaru opadów, co decyduje o niskim pobieraniu tego składnika przez korzenie roślin, a tym samym mniejszym poziomie azotanów w bulwach oraz obniżonym wykorzystaniu azotu z zastosowanego nawozu (Fotyma i in., 2010; Trawczyński, 2010; Wierzbička, Trawczyński, 2011).

W bulwach ziemniaków dostępnych w handlu stwierdza się zróżnicowaną, w dość szerokim zakresie zawartość azotanów (Frydecka-Mazurczyk, Zgórska, 2000; Lis, 1996), co zważywszy na wysokie ich spożycie może stanowić dużą ilość tego składnika w diecie. Udowodniono, że wysoka zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka skutecznie obniża

szkodliwość azotanów, gdyż redukuje azotyny do tlenku azotu eliminując w ten sposób prekursorzy reakcji nitrozowania azotynów (Massey i in., 1982). Cieślik (1994) oraz Mazurczyk i Lis (2004) wykazali istotną ujemną korelację między zawartością witaminy C a zawartością azotanów w bulwach, która wyrażała się tym, że zwiększeniu zawartości witaminy C o jednostkę ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy) towarzyszył spadek zawartości azotanów z 25 do 5 jednostek ( $\text{mg NaNO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy). Istnienie takiej zależności jest korzystne dla konsumentów i podkreśla wysoką wartość żywieniową produktu, bowiem stwierdzono, że nitrozoaminy nie powstają w żywności, jeżeli dwie części (jednostki) kwasu askorbinowego przypadają na jedną część azotanów (Mazur i in., 1993). W badaniach własnych wykazano, że takim korzystnym stosunkiem witaminy C do azotanów, stanowiącym co najmniej dwie jednostki charakteryzowała się większość z przebadanych odmian (tab. 2). Stwierdzono również, że odmiany średnio wczesne oraz średnio późne i późne charakteryzowały się korzystniejszym stosunkiem zawartości witaminy C do azotanów, niż odmiany bardzo wczesne i wczesne (tab. 3). Z badań Mazurczyka i Lis (2004) wynika, że spośród przebadanych odmian ziemniaków większym od dwa stosunkiem witaminy C do azotanów charakteryzowały się tylko odmiany należące do grupy średnio wczesnych i późnych. Odmiany wczesne w ich badaniach (Mazurczyk i Lis, 2004) charakteryzowały się zwiększoną kumulacją azotanów w bulwach przy niewielkich zmianach zawartości witaminy C, co zawężyło stosunek pomiędzy tymi składnikami. W niniejszych badaniach zawężony stosunek pomiędzy zawartością witaminy C i azotanów w bulwach, spowodowany był prawdopodobnie tym, że lata 2006, 2007 i 2008 sprzyjały gromadzeniu azotanów w bulwach (tab. 4), co wynikało z niedoboru opadów w lipcu.

#### WNIOSKI

1. Najkorzystniejszym stosunkiem witaminy C do azotanów z grupy bardzo wczesnych i wczesnych charakteryzowały się ziemniaki odmiany Etola (12,3/1), z grupy średnio wczesnych odmiany Ametyst (7,2/1), a z grupy średnio późnych i późnych odmiany Roko (3,6/1).
2. Stwierdzono korzystniejsze relacje pomiędzy zawartością witaminy C do azotanów w bulwach odmian średnio wczesnych oraz średnio późnych i późnych, niż w bulwach odmian bardzo wczesnych i wczesnych.
3. Rozszerzony stosunek witaminy C do azotanów stwierdzono w latach 2009, 2010, 2011 niż w pozostałych latach, co związane było przede wszystkim z wyższymi od średniej z wielolecia opadami, głównie w miesiącach lipiec i sierpień, a tym samym niską kumulacją azotanów w bulwach.

#### LITERATURA

- Cieślik E. 1994. The effect of naturally occurring vitamin C in potato tubers on the level of nitrates and nitrites. *Food Chem.* 49: 233 — 235.
- Cieślik E. 1995. Czynniki kształtujące zawartość azotanów i azotynów w ziemniakach. *Pos. Nauk Roln.* 6: 69 — 73.

- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1996. Czynniki wpływające na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 47: 111 — 125.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 2000. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka w zależności od odmiany, miejsca uprawy i terminu zbioru. *Żywność 4 (25), Suplement*: 46 — 52.
- Gąsiorowska B., Zarzecka K. 2002. Wpływ terminu zbioru na plon i cechy jakościowe bulw ziemniaka uprawianego w rejonie Siedlec. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, z. 489: 319 — 325.
- Hippe J. 1996. Potato and nitrate: a short review. 13<sup>th</sup> Trienn. Conf. of EAPR. Veldhoven, The Netherlands 1996: 89 — 90.
- Kraska P. 2002. Wpływ sposobów uprawy, poziomów nawożenia i ochrony na wybrane cechy jakości ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* z. 489: 229 — 237.
- Leszczyński W. 2000. Jakość ziemniaka konsumpcyjnego. *Żywność 4 (25), Suplement*: 5 — 27.
- Lis B. 1996. Wpływ długości okresu wegetacji odmian i nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 440: 217 — 222.
- Machnacki M., Kołpak R. 1999. Czynniki agrotechniczne a wartość spożywcza ziemniaków. *Mat. konf. nauk. nt. „Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego-czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość”*. Radzików, 23-25 II 1999: 65 — 67.
- Massey R. C., Forsythe L., McWenny D. J. 1982. The effects of ascorbic acid and sorbic acid on N-nitrosamine formation in a heterogenous model system. *J. Sci. Food Agric.* 32: 294 — 298.
- Mazur T., Mineev M. V., Debreczeni B. 1993. Nawożenie w rolnictwie biologicznym. Wydaw. ART. Olsztyn: 52 — 57.
- Mazurczyk W. 1988. Skład chemiczny dojrzałych bulw 43 odmian ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 37: 11 — 20.
- Mazurczyk W., Lis B. 2000. Zawartość azotanów i glikoalkaloidów w dojrzałych bulwach ziemniaka jadalnego. *Roczn. PZH* 51: 37 — 41.
- Mazurczyk W., Lis B. 2004. Relacje między zawartością witaminy C i azotanów w bulwach różnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 232: 47 — 52.
- Międzybrodzka A., Cieślik E., Sikora E., Leszczyńska T. 1992. The effect of environment conditions on the level of nitrates and nitrites in various varieties of potato. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 1/42 (4): 45 — 56.
- Rogozińska I. 1983. Wpływ nawożenia azotem i warunków przechowywania na kształtowanie się zawartości witaminy C w ziemniakach jadalnych. *Biul. Inst. Ziemniaka*, 30: 61 — 71.
- Roztropowicz S. 1989. Środowiskowe, odmianowe i nawozowe źródła zmienności składu chemicznego bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 1: 33 — 76.
- Rutkowska U. 1981. Wybrane metody badania składu i wartości odżywczej żywności. *PZWL, Warszawa*: 294 — 295.
- Sawicka B., Mikos-Bielak. 1998. The influence of Cultivations under Poly-ethylene Sheeting and Nitrogen Fertilization on the Content of Vitamin C, Sugars and Phenols in the Early Varieties of Potato Tubers. *The Post-Harvest Treatment of Fruit and Vegetables, Current Status and Future Prospects, Oosterbeek, 1998, The Netherlands*: 419 — 425.
- Sinden S. L., Webb R. E., Sandford L. L. 1978. Genetic potential for increasing ascorbic acid content in potatoes. *Am. Potato J.* 55: 394 — 395.
- Trawczyński C. 2010. Wykorzystanie azotu z nawozów przez odmiany ziemniaka o zróżnicowanych wymaganiach w stosunku do tego składnika. *Biul. IHAR* nr 256: 133 — 140.
- Wierzbicka A., Trawczyński C. 2011. Czynniki wpływające na pobranie i wykorzystanie azotu przez jadalne i skrobiowe odmiany ziemniaka. *Biul. IHAR-PIB* nr 259/2011: 203 — 210.
- Zalewski W. 1971. Zagadnienia występowania różnych form azotu w warzywach i w związku z nawożeniem azotowym. *Cz. III. Warzywa o małej zawartości N-NO<sub>3</sub> — wczesne ziemniaki, kalafior i cebula. Bromat. Chem. Toksykol.* 4: 399 — 404.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1985. Warunki agrotechniczne i przechowalnicze a cechy użytkowe bulw ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 33: 109 — 119.
- Zimnoch-Guzowska E., Flis B. 2006. Genetyczne podstawy cech jakościowych ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* z. 511: 23 — 36.