

Przechowalnictwo i przetwórstwo

AZOTANY(V) W BULWACH ZIEMNIAKA

dr hab. inż. Barbara Wójcik-Stopczyńska

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Katedra Ogrodnictwa
ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, e-mail: Barbara.Wojcik-Stopczynska@zut.edu.pl

Streszczenie

Koncentracja azotanów(V) w bulwach na ogół nie przekracza poziomu bezpiecznego, tj. 200 mg NO_3/kg ś.m., jednak badania wskazują, że niekiedy notuje się wysokie ich stężenie. W większości prób zakupionych do badań w różnych punktach handlowych Olsztyna i Szczecina zawartość azotanów(V) nie stwarzała zagrożenia zdrowotnego, jednak w niektórych latach przeważał udział prób z zawartością powyżej dozwolonego poziomu. Zwiększonej koncentracji można się spodziewać w bulwach odmian bardzo wczesnych i wczesnych, uprawianych na glebach mocniejszych, w latach z wysoką temperaturą i suchych – szczególnie w okresie tuberyzacji, w latach chłodnych i mokrych, a także z plantacji traktowanych środkami ochrony roślin. Istotne znaczenie ma też właściwy płodozmian i odpowiednio dobrane nawożenie nie tylko azotem, ale również fosforem, potasem i mikroelementami.

Słowa kluczowe: azotany(V), bulwy ziemniaka, nawożenie, odmiany, system uprawy

Azotany(V) to związki zawierające w swoim składzie jon azotanowy ($-\text{NO}_3^-$). Odnaczają się one stosunkowo niewielką szkodliwością dla człowieka, ale ok. 5% azotanów(V) przyjętych z pokarmem (a w indywidualnych przypadkach nawet 20%) jest redukowanych w przewodzie pokarmowym do toksycznych azotanów(III) – N-NO_2 . Szkodliwość azotanów(III) wiąże się przede wszystkim z dwoma faktami. Najbardziej znany to utlenianie hemoglobiny krwi (zawarte w niej żelazo Fe^{2+} przechodzi w Fe^{3+}) i powstawanie methemoglobiny, czego konsekwencją jest niemożność transportu tlenu i niedotlenienie tkanek (methemoglobinemia). Po drugie, w wyniku reakcji azotanów(III) z II- i III-rzędowymi aminami powstają bardzo szkodliwe nitrozoaminy – kancerogenne, mutagenne i embriotoksyczne (Correia i in. 2010). Uwzględniając zagrożenie powodowane przez azotany(V), przede wszystkim jako źródła niebezpiecznych dla zdrowia azotanów(III), Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) określiła, że maksymalny, dopuszczalny poziom ich dziennego pobrania nie powinien przekraczać 3,7 mg NO_3/kg wagi ciała (Santamaria 2006).

Głównym źródłem azotanów(V) w codziennej diecie jest żywność pochodzenia roślinnego, która dostarcza ok. 80-95% ogólnej ilości tych związków obecnych w pożywieniu (Correia i in. 2010). Ze względu na znaczne spożycie udział azotanów(V) pochodzących z ziemniaków sięga ok. 27-30% dziennego pobrania tych związków (Santamaria 2006, Wadas i in. 2012).

Azotany stanowią integralną część obiegu azotu w przyrodzie (procesy nityfikacji, denityfikacji) i są naturalnym składnikiem roślin. Azot pobierany przez rośliny z gleby (w formie azotanowej i amonowej) jest przez nie wykorzystywany do syntezy m.in. aminokwasów, białek, chlorofilu czy fitohormonów. Jednak przy nadmiernej podaży azotu, np. wskutek wysokiego nawożenia azotem, rośliny nie są w stanie metabolizować go w całości i mogą gromadzić w postaci azotanów. Zdolność kumulowania azotanów(V) zależy m.in. od gatunku rośliny. Ziemniak odznacza się stosunkowo małą tendencją do ich gromadzenia – stężenie do 200 mg NO_3/kg ś.m. bulw (co odpowiada 250 mg NaNO_3/kg ś.m.) jest dopuszczalne i uważane za bezpieczne (Santamaria 2006). Dla

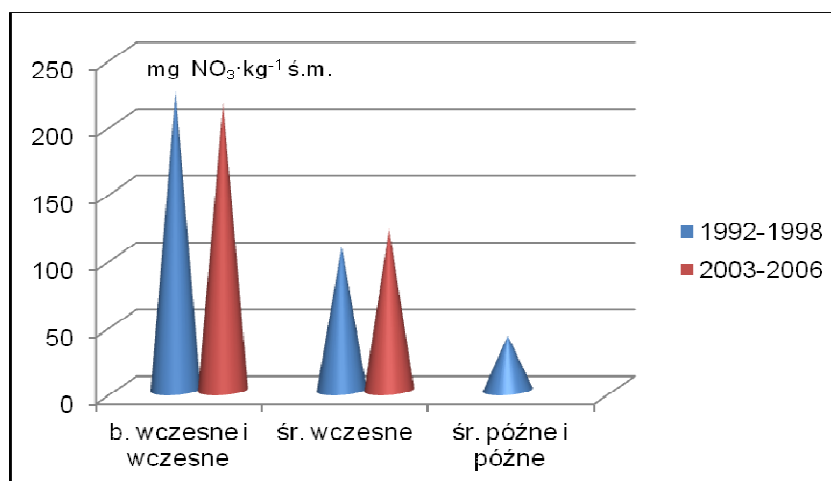
porównania: w sałacie, w zależności od terminu jej zbioru i sposobu uprawy, maksymalna dopuszczalna zawartość tych związków wynosi 3000-5000 mg NO_3/kg ś.m. (Rozp. Komisji WE nr 1258/2011).

Mimo ogólnie niewielkiej tendencji ziemniaków do kumulowania azotanów(V) wyniki doświadczeń polowych wskazują na wysokie niekiedy ich stężenie (Grudzińska, Zgórska 2008; Mazurczyk, Lis 2000; Wichrowska 2007; Wichrowska, Wojdyła 2011; Zarzyńska, Wroniak 2007, 2008). Dlatego celem niniejszej pracy jest, oparta na analizie danych literaturowych, charakterystyka wpływu różnych czynników – głównie uprawowych i klimatycznych – na zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka.

Czynniki wpływające na zawartość azotanów(V) w ziemniakach

Znaczącą rolę w nagromadzeniu azotanów(V) w ziemniakach odgrywa czynnik odmianowy, a zwłaszcza wczesność odmiany

(rys. 1). Mazurczyk i Lis (2000) oraz Grudzińska i Zgórska (2008) na podstawie wieloletnich badań, obejmujących odpowiednio lata 1992-1998 i 2003-2006, wykazali, że w odmianach bardzo wczesnych i wczesnych średnia zawartość azotanów(V) wynosiła odpowiednio 224 oraz 205 mg NO_3/kg ś.m., w bulwach odmian średnio wczesnych była ok. 2-krotnie mniejsza, a w średnio późnych nie przekraczała 50 mg NO_3/kg ś.m. Najwyższy poziom azotanów(V) wymienieni autorzy odnotowali w odmianach Perkoz (301), Aster (276), Drop (263), Fauna (261) oraz Velox (305), Karatop (275) i Gracja (280). Wysokie stężenia tych związków (przekraczające poziom dopuszczalny) wystąpiły przy nawożeniu zalecanym w uprawie ziemniaka: w doświadczeniu Mazurczyka i Lis (2000) obornik (22 t/ha) oraz NPK w dawce 90:90:135 kg/ha, a w badaniach Grudzińskiej i Zgórskiej (2008) – nawóz zielony (gorczyca 35 t ś.m./ha) i NPK – 94:88:135 kg/ha.



Rys. 1. Porównanie średniej zawartości azotanów(V) w bulwach ziemniaka w zależności od grupy wczesności odmian. Źródło: Mazurczyk, Lis 2000; Grudzińska, Zgórska 2008

Nawożenie, zwłaszcza azotem, jest jednym z podstawowych czynników agrotechnicznych, które mają istotny wpływ na plon i jakość bulw, w tym na koncentrację w nich azotanów(V). Stwierdzono, że wzrost dawek nawożenia azotem powoduje zwiększenie zawartości tych związków w bulwach, jednak reakcja odmian na nawożenie jest zróżnicowana, dlatego konieczne są prace, które pozwoliłyby na określenie optymalnej dawki nawozu w odniesieniu do konkretnej odmiany (Jabłoński 2008). Jarych-Szyska (2006)

wykała, że zastosowanie większych dawek azotu (120 i 140 kg N/ha) w uprawie odmian Bard, Lord, Cedron i Kuba spowodowało wzrost stężenia azotanów(V) w bulwach, porównaniu z dawkami 40 i 80 kg N/ha, ale w żadnej z prób nie przekroczyło ono dopuszczalnego poziomu. Również badania Jabłońskiego (2008) wykazały, że przy nawożeniu mocznikiem, w dawkach od 40 do 160 kg N/ha, odmian Elanda, Medea, Niagara i Oman średnia zawartość azotanów(V) w bulwach była bezpieczna, gdyż

mieściła się w zakresie od 85 mg NO₃/kg ś.m. (Elanda) do 136 mg NO₃/kg ś.m. (Medea).

Znaczenie ma nie tylko dawka, ale także forma nawozu mineralnego. Generalnie forma azotanowa bardziej sprzyja gromadzeniu azotanów w roślinie niż amonowa (Lisiewska, Kmiecik 1991). Wadas i inni (2012) przewidują, że w nadchodzących latach może wzrastać stosowanie w uprawie ziemniaka nawozów wieloskładnikowych, zawierających oprócz NPK także wapń, magnez, siarkę oraz takie mikroelementy, jak: żelazo, cynk, mangan, miedź, bor i molibden.

W przeprowadzonych badaniach Wadas i inni (2012) ocenili wpływ wieloskładnikowych nawozów kompleksowych z grupy nitrofosok (HydroComplex, Nitrofoska Blue Special i Viking 13) oraz amofosok (Polimag S), a także nawozów jednoskładnikowych (saletra amonowa, superfosfat pojedynczy i siarczan potasu) na zawartość azotanów(V) w bulwach bardzo wczesnych odmian ziemniaka Aster, Gloria i Fresco.

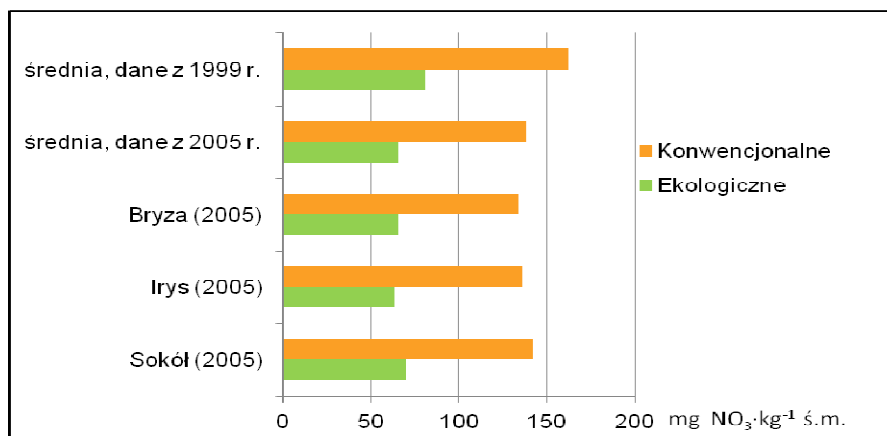
Wyniki uzyskane w 3-letnim doświadczeniu pokazały, że średnia koncentracja azotanów(V) w ziemniakach nawożonych nawozami jednoskładnikowymi (83,1 mg NO₃/kg ś.m.) była nieco większa niż przy zastosowaniu nawozów wieloskładnikowych (81,1 mg NO₃/kg ś.m.). Największy wzrost koncentracji tych związków (do 87,1 mg NO₃/kg ś.m.) w porównaniu z obiektem kontrolnym (75,5 mg NO₃/kg ś.m.) odnotowano jednak w bulwach nawożonych HydroComplexem, który spośród nawozów użytych w doświadczeniu zawiera najwięcej magnezu i siarki. Podwyższona ilość tych składników może wpływać na obniżenie aktywności reduktazy azotanowej i przyczynić się do wzrostu stężenia azotanów(V) w bulwach. Należy jednak zaznaczyć, że ich zawartość w żadnym z wariantów omawianych badań nie przekroczyła bezpiecznego poziomu 200 mg NO₃/kg ś.m.

Pośród zabiegów agrotechnicznych uwagę ośrodków naukowych przyciąga także związek między stosowaniem herbicydów a zawartością azotanów(V). Wichrowska (2007) stwierdziła, że użycie w ochronie ziemniaka preparatów Afalon 50 WP, Azogard 50 WP, Sencor 70 WG (+ adiuwant Olbras 88 EC), Apyros 75 WG (+ adiuwant

Atpolan 80 EC) spowodowało wzrost zawartości azotanów w bulwach w porównaniu z obiektem kontrolnym. Szczególnie dużą zawartością tych związków (315 mg NO₃/kg ś.m.) odznaczały się ziemniaki, w których uprawie stosowano preparat triazynowy Sencor 70 WG z adiuwantem Olbras. W dalszych badaniach (Wichrowska, Wojdyła 2011) wykazano, że także herbicydy Stomp, Barox oraz Sencor + Titus powodowały wzrost stężenia azotanów(V) w bulwach odmian Asterix, Dorota i Victoria, do poziomu przekraczającego 200 mg NO₃/kg ś.m.

Rosnąca świadomość konsumentów, przywiązywanie wagi do jakości zdrowotnej i bezpieczeństwa żywności sprawiają, że w okresie ostatnich kilkunastu lat coraz większego znaczenia nabiera system ekologicznej produkcji surowców roślinnych (bez nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin) oraz system produkcji integrowanej, polegający m.in. na ograniczeniu chemizacji i wykorzystujący ekonomiczne progi w ochronie roślin (Kuś, Stalenga 2006). Zawartość azotanów(V) w bulwach produkowanych ekologicznie jest na ogół mniejsza, niż w uprawianych konwencjonalnie. Dowodzą tego m.in. badania Rutkowskiej (1999, 2005) – rysunek 2. Z danych uzyskanych w różnych sezonach wegetacyjnych wynika, że w ziemniakach pochodzących z certyfikowanej uprawy ekologicznej zawartość azotanów(V) była ok. 2-krotnie mniejsza niż z uprawy konwencjonalnej, przy czym zawartość tych związków w bulwach poszczególnych odmian (dane z 2005 r.) była zbliżona.

Z kolei Zarzyńska i Wroniak (2008) porównały zawartość azotanów(V) w ziemniakach uprawianych systemem ekologicznym i zintegrowanym na glebie cięższej, w dwóch seriach badań obejmujących lata 2002-2004 i 2005-2007 oraz różne odmiany. W podanych okresach średnia zawartość azotanów(V) była nieco mniejsza w ziemniakach produkowanych systemem ekologicznym (odpowiednio 170,6 i 228,9 mg NaNO₃/kg ś.m.) niż integrowanym (199,2 i 229,9 mg NO₃/kg ś.m.). Autorki stwierdziły przy tym, że średnia zawartość azotanów(V) w bulwach odmian Bila, Orlik, Drop i Korona przewyższała poziom uznawany za bezpieczny (tj. 250 mg NaNO₃/kg ś.m.).



Rys. 2. Porównanie zawartości azotanów(V) w ziemniakach pochodzących z uprawy konwencjonalnej oraz atestowanej uprawy ekologicznej (źródło: Rutkowska 1999, 2005)

Na podstawie badań Zarzyńska i Wroniak (2007) wykazały, że zawartość azotanów(V) w ziemniakach uprawianych ekologicznie może być niekiedy bardzo wysoka, gdyż dużą rolę odgrywa nie tylko system uprawy, ale także odmiana, rodzaj gleby i płodozmian. Autorki wskazały na zjawisko gromadzenia dużej ilości azotanów (średnio prawie

300 mg NaNO₃/kg s.m.) przez ziemniaki uprawiane ekologicznie na glebie mocniejszej (kompleks żytni bardzo dobry), natomiast tendencja taka nie występowała w uprawie na glebie lżejszej (kompleks żytni słaby), z której bulwy zawierały średnio 152 mg NaNO₃/kg s.m. (tab. 1).

Tabela 1

Zawartość azotanów(V) w ziemniakach uprawianych systemem ekologicznym w zależności od miejsca uprawy i odmiany

Odmiana	Zawartość azotanów w bulwach (mg NaNO ₃ /kg s.m.) uprawianych na glebie		Zawartość dopuszczalna (mg NaNO ₃ /kg s.m.)
	lżejszej – kompleks żytni słaby	cięższej – kompleks żytni bardzo dobry	
Drop – b. wczesna	190	450	250
Gracja – wczesna	120	290	
Korona – wczesna	250	610	
Bartek – śr. wczesna	38	40	
Triada – śr. wczesna	90	240	
Syrena – śr. późna	210	260	
Zeus – śr. późna	170	190	
Średnio	152	297	

Źródło: Zarzyńska, Wroniak 2007

Wystąpiło też bardzo duże zróżnicowanie zawartości tych związków w zależności od odmiany. Na przykład w bulwach odmiany Bartek koncentracja azotanów była niewielka niezależnie od miejsca uprawy, z kolei w bulwach odmiany Korona kumulacja tych niepożądanych związków była ogólnie wysoka, a w uprawie na glebie cięższej przekra-

czała ponad 2-krotnie poziom przyjmowany za bezpieczny (tj. 250 mg NaNO₃/kg s.m.). W bulwach odmian średnio późnych różnice zawartości azotanów(V) w zależności od miejsca uprawy były niewielkie, natomiast duże – w wypadku odmian bardzo wczesnych i wczesnych. Analizując otrzymane wyniki, Zarzyńska i Wroniak (2007) zwróciły

uwagę, że przyczyną wysokiej zawartości azotanów(V) w ziemniakach uprawianych ekologicznie na glebach mocniejszych może być zbyt bogaty w azot organiczny płodzian (duże wysycenie roślinami motylkowatymi). Problem ten nasila się zwłaszcza u odmian wczesnych, które mają mało czasu na przetworzenie na plon dużej dawki azotu, zatem pozostaje on w bulwach w postaci azotanów.

Niezależnie od systemu uprawy na zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka wpływają również warunki klimatyczne. Wykazano (Frydecka-Mazurczyk, Zgórska 2000), że okresowy niedobór opadów i wysoka temperatura, jak również nadmiar opadów i niska temperatura podczas wegetacji powodują wzrost zawartości tych związków w ziemniakach. Koncentracja azotanów(V) w bulwach w poszczególnych latach uprawy ziemniaka może ulegać dużym wahaniom. Grudzińska i Zgórska (2008) w badaniach prowadzonych w okresie 2003-2006 stwierdziły, że średnia zawartość azotanów(V), oceniana w bulwach 17 odmian ziemniaka, wynosiła 100 mg/kg ś.m. w 2004 r., natomiast w latach 2005 i 2006 była ponad 2-krotnie większa – odpowiednio 240 i 220

mg/kg ś.m. Autorki wykazały wysokie wartości współczynników korelacji między koncentracją azotanów(V) a wskaźnikiem Sielianiowa (suma opadów/średnie temperatury dekadowe) i stwierdziły, że istotne korelacje pomiędzy tymi czynnikami wystąpiły w okresie tuberyzacji (I i II dekada lipca) oraz w I dekadzie września (10 dni przed zbiorem). Im wyższy był w tym okresie współczynnik Sielianiowa (powyżej 1,0 – warunki wilgotne), tym mniejsza była zawartość azotanów(V) w bulwach. O znaczeniu warunków wilgotnościowych w uprawie ziemniaka oraz ich wpływie na koncentrację azotanów(V) w bulwach przekonują również badania Wierzbickiej (2011). Uzyskane przez autorkę wyniki wskazują, że w bulwach nawadnianych w okresach posuchy zawartość tych związków była mniejsza (25,1 mg NO₃/kg ś.m.) niż w uprawianych bez nawadniania (30,1 mg NO₃/kg ś.m.).

Z punktu widzenia konsumenta ważne jest, aby wnioski wypływające z prac doświadczalnych były wprowadzane do praktyki i przekładały się na wysoką jakość ziemniaków, także w odniesieniu do małej zawartości azotanów(V).

Tabela 2

**Zawartość azotanów(V) w ziemniakach
dostępnych w handlu na terenie Olsztyna i Szczecina**

Miejscowość	Rok	Liczba próbek	mg NO ₃ /kg ś.m.			Procent próbek >200 mg NO ₃ /kg ś.m.
			minimum	maksimum	średnia	
Olsztyn	2003	20	43,8	299,3	167,1	30
	2004	25	118,0	533,0	259,6	72
Szczecin	2008	7	99,7	208,4	156,7	14
	2009	14	31,4	233,3	115,7	16
	2010	7	59,8	124,7	89,6	0

Źródło: Murawa i in. 2008; Wójcik-Stopczyńska i in. 2012

W tabeli 2 przedstawiono stężenie azotanów(V) w ziemniakach krajowych, których próbki zakupiono do badań w różnych punktach handlowych Olsztyna i Szczecina. Wskazuje ono, że w większości prób ich zawartość nie stwarzała zagrożenia zdrowotnego, jednak w niektórych latach przeważał udział prób o nadmiernej koncentracji. Mając na uwadze użytkowanie ziemniaków w żywieniu indywidualnym i zbiorowym oraz ich przetwórstwo na cele spożywcze, warto

zaznaczyć, że azotany(V) zlokalizowane są głównie w zewnętrznych partiach bulw i jednocześnie dobrze rozpuszczają się w wodzie. Dlatego obieranie, krojenie i płukanie w wodzie oraz blanszowanie i gotowanie przyczyniają się do zmniejszenia ich koncentracji w ziemniakach. Stwierdzono (Jarych-Szyska 2006), że po obraniu i ugotowaniu zawartość azotanów(V) spadła w porównaniu ze stanem wyjściowym odpowiednio o ok. 20 i 30%.

Podsumowanie

Zawartość azotanów(V) w ziemniakach jest uzależniona od wielu czynników, głównie od odmiany, warunków klimatyczno-glebowych i zabiegów agrotechnicznych. Przedstawione dane wskazują, że zwiększonej ich koncentracji można spodziewać się zwłaszcza w bulwach odmian bardzo wczesnych i wczesnych, uprawianych na glebach mocniejszych, w latach o wysokich temperaturach i suszy – szczególnie w okresie tuberyzacji, a także w latach chłodnych i mokrych. Istotne znaczenie ma też właściwy płodozmian i odpowiednio dobrane nawożenie nie tylko azotem, ale również fosforem, potasem i mikroelementami. Wydaje się, że dobry efekt dla bezpieczeństwa zdrowotnego bulw, nie tylko pod względem mniejszej zawartości azotanów(V), może przynieść ograniczenie lub rezygnacja (jeśli to możliwe) ze stosowania chemicznych środków ochrony roślin.

Rolą artykułu nie jest „straszenie azotanami”, zwłaszcza że niektóre hipotezy wskazują, iż tlenek azotu powstający w żołądku z azotanów zawartych w pożywieniu może działać ochronnie na organizm, zwalczając patogenne bakterie przewodu pokarmowego (Correia i in. 2010). Jednak wysoka zawartość azotanów(V) w bulwach (>200 mg NO₃/kg ś.m.) uznawana jest za szkodliwą, dlatego ważne są szczegółowe badania nad czynnikami mającymi wpływ na ich kumulację, jak też monitorowanie ich koncentracji w bulwach dostępnych w handlu.

Literatura

- Correia M., Barroso A., Barroso M., Soares D., Oliveira MB., Delerue-Matos C. 2010.** Contribution of different vegetable types to exogenous nitrate and nitrite exposure. – *Food Chem.* 120: 960-966;
- 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;
- Grudzińska M., Zgórska K. 2008.** Wpływ warunków meteorologicznych na zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka. – *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 5(6): 98-106;
- Jabłoński K. 2008.** Wpływ nawożenia azotem na plon i jakość bulw oraz współczynnik rozmnażania nowych odmian ziemniaków jadalnych. – *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 530: 217-224;
- Jarych-Szyszka M. 2006.** Wpływ nawożenia azotowego na zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka. – *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2(47) Supl.: 76-84;
- Kuś J., Stalenga J. 2006.** Perspektywy rozwoju różnych systemów produkcji rolniczej w Polsce. – *Biul. IHAR* 242: 15-25;
- Lisiewska Z., Kmieciak W. 1991.** Azotany i azotyny w warzywach. Cz. I. Wpływ różnych czynników na zawartość azotanów w warzywach świeżych. – *Post. Nauk Rol.* 3: 11-24;
- Mazurczyk W., Lis B. 2000.** Zawartość azotanów i glikoalkaloidów w dojrzałych bulwach ziemniaka jadalnego. – *Rocz. PZH* 51(1): 37-42;
- Murawa D., Banaszekiewicz T., Majewska E., Błaszuk B., Sulima J. 2008.** Zawartość azotanów (III) i (V) w wybranych gatunkach warzyw i ziemniakach dostępnych w handlu w Olsztynie w latach 2003-2004. – *Bromat. Chem. Toksykol.* XLI, 1: 67-71;
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1258/2011 z dnia 2 grudnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów azotanów w środkach spożywczych;**
- Rutkowska G. 1999.** Badanie zawartości azotanów i azotynów w warzywach uprawianych konwencjonalnie i ekologicznie. – *Przem. Spoż.* 6: 47-49;
- Rutkowska G. 2005.** Ziemniaki i marchew z gospodarstw ekologicznych i konwencjonalnych. – *Przem. Ferm. Owoc. Warz.* 5: 20-21;
- Santamaria P. 2006.** Review. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. – *J. Sci. Food Agric.* 86: 10-17;
- Wadas W., Łęczycka T., Borysiak-Marciniak I. 2012.** Effect of fertilization with multinutrient complex fertilizers on tuber quality of very early potato cultivars. – *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 1(3): 27-41;
- Wichrowska D. 2007.** The content of nitrate(V) in potato tubers storage in temperature 4°C. – *Pol. J. Natural Sci. Suppl.* 4: 121-127;
- Wichrowska D., Wojdyła T. 2011.** Wpływ herbicydów na zmiany zawartości azotanów(V) w bulwach ziemniaka po zbiorach i przechowywaniu. – *Zesz. Nauk. UEP:* 206;
- Wierzbička A. 2011.** Wybrane cechy jakości bulw ziemniaków uprawianych w systemie ekologicznym w zależności od nawadniania. – *J. Res. Appl. Agric. Engin.* 56(4): 203-207;
- Wójcik-Stopczyńska B., Grzeszczuk M., Jakubowska B. 2012.** Zawartość niektórych składników odżywczych i potencjalnie szkodliwych w ziemniakach jadalnych pochodzących z sieci handlowej. – *Rocz. PZH* 63(2): 207-213;
- Zarzyńska K., Wroniak J. 2007.** Różnice w jakości plonu bulw ziemniaków uprawianych w systemie ekologicznym w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych. – *J. Res. Appl. Agric. Engin.* 52(4): 108-113;
- Zarzyńska K., Wroniak J. 2008.** Różnice w składzie chemicznym bulw ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym i integrowanym w zróżnicowanych warunkach klimatyczno-glebowych. – *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 530: 249-257

