

MONIKA JARYCH-SZYSZKA

## **WPLYW NAWOŻENIA AZOTOWEGO NA ZAWARTOŚĆ AZOTANÓW(V) W BULWACH ZIEMNIAKA**

### **Streszczenie**

Celem pracy było określenie wpływu stosowania różnych dawek nawożenia azotowego w uprawie czterech odmian ziemniaka na zawartość azotanów(V) w bulwach. Ponadto celem pracy było określenie zmian zawartości azotanów(V) w bulwach podczas przygotowywania ich do spożycia.

Do badań użyto bulw czterech odmian ziemniaka – Bard, Lord, Cedron i Kuba. W doświadczeniu polowym zastosowano trzy dawki nawożenia azotem: 40, 80 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup> – odmiany Bard i Lord oraz dwie dawki: 100 i 140 kg N·ha<sup>-1</sup> - odmiany Cedron i Kuba. Z prób ziemniaków nawożonych w uprawie podstawowymi dawkami azotu (40 kg N·ha<sup>-1</sup> - odmiana Bard i Lord; 100 kg N·ha<sup>-1</sup> - odmiana Cedron i Kuba), wydzielono bulwy, które obrano ręcznie i poddano analizie przed i po ugotowaniu. W bulwach oznaczano zawartość suchej masy, skrobi (z wyjątkiem ziemniaków gotowanych) oraz azotanów(V).

Ziemniaki odmian przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji (Bard i Lord) zawierały mniejszą ilość suchej masy i skrobi oraz większą ilość azotanów(V) niż ziemniaki odmian przeznaczonych do produkcji czipsów i suszy (Cedron i Kuba). Zastosowanie wyższych dawek nawożenia azotowego w uprawie badanych odmian ziemniaków spowodowało zwiększenie zawartości azotanów(V) w bulwach, przy czym odmiany konsumpcyjne w większym stopniu reagowały na nawożenie mineralne. Procesy obróbki ziemniaków przyczyniły się do zmniejszenia zawartości azotanów(V) – bulwy po obraniu zawierały o około 20% mniej, a po ugotowaniu o około 30% mniej tych związków.

**Słowa kluczowe:** ziemniaki, nawożenie azotowe, obieranie, gotowanie, azotany(V)

### **Wstęp**

Azotany(V) wykazują toksyczne działanie na organizm człowieka i zwierząt. Najpoważniejszym źródłem tych szkodliwych związków chemicznych w diecie są warzywa i ziemniaki. Zawartość związków azotowych w bulwach zależy od odmiany ziemniaka [4, 5], warunków glebowo-klimatycznych [4] i stosowanych zabiegów agrotechnicznych, takich jak: ochrona roślin [2], termin zbioru [7, 16], nawadnianie [18] nawożenie [1]. Istotnym czynnikiem kształtującym zawartość azotanów(V) w bulwach jest azotowe nawożenie mineralne - stosowane w celu zwiększenia plonów. Azot jest dla rośliny istotnym składnikiem pokarmowym - po pobraniu i

zasymilowaniu pełni w tkankach roślinnych rolę w syntezie licznych związków organicznych: aminokwasów, białek, chlorofilu i fitohormonów odpowiadających za rozwój rośliny [22, 24]. Zbyt intensywne nawożenie ziemniaka azotem powoduje, że pobierane przez roślinę w nadmiernej ilości azotany(V) nie są w całości metabolizowane, lecz są gromadzone w bulwach [14, 15, 17, 20]. Na gromadzenie się azotanów(V) w bulwach ziemniaka wpływają także warunki pogodowe w czasie okresu wegetacji [4, 17].

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia [21] maksymalny poziom azotanów w ziemniakach może wynosić 200 mg  $\text{NO}_3^-/\text{kg}$  świeżych bulw. Spożycie azotanów(V) wraz z dietą można zmniejszyć przez zastosowanie odpowiednich zabiegów kulinarnych lub operacji technologicznych. Azotany(V) zlokalizowane są w skórce i pod skórką bulwy ziemniaka, a równocześnie dobrze rozpuszczają się w wodzie [4], stąd obieranie, krojenie i płukanie bulw w wodzie, ich blanszowanie oraz gotowanie przyczyniają się do zmniejszania zawartości tych związków w ziemniakach [3].

Celem pracy było określenie wpływu stosowania różnych dawek nawożenia azotowego w uprawie czterech odmian ziemniaka na zawartość azotanów(V) w bulwach. Ponadto celem pracy było określenie zmian zawartości azotanów(V) w bulwach podczas ich przygotowywania do spożycia.

### **Materiał i metody badań**

Badaniom poddano bulwy dwóch bardzo wczesnych odmian ziemniaka: Bard i Lord, przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji, oraz wczesnej odmiany Cedron i średnio wczesnej odmiany Kuba - przeznaczonych do produkcji czipsów i suszy. Ziemniaki pochodziły z sezonów wegetacyjnych 2002, 2003 i 2004 roku. Doświadczenie polowe prowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Pawłowicach k. Wrocławia metodą podbloków w trzech powtórzeniach. W okresie przeprowadzania badań średnia temperatura powietrza była wyższa od średniej wieloletniej, natomiast ilość opadów niższa od średniej wieloletniej (tab. 1).

W doświadczeniu polowym zastosowano trzy dawki nawożenia azotem: 40, 80 i 120  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  - odmiany ziemniaka Bard i Lord, oraz dwie dawki: 100 i 140  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  - odmiany Cedron i Kuba. Ziemniaki zbierano z pola w pełnej dojrzałości i przed wykonaniem badań laboratoryjnych przechowywano przez dwa tygodnie w temp. ok. 15°C przy wilgotności względnej powietrza ok. 85%.

Z ziemniaków, nawożonych w uprawie podstawowymi dawkami azotu, wydzielono próby bulw do badań po obraniu i po ugotowaniu. Bulwy gotowano standardowo zachowując proporcje 0,5 kg ziemniaków i 0,7  $\text{dm}^3$  wrzącej wody.

Średnia temperatura powietrza i suma opadów atmosferycznych w okresie wegetacji ziemniaka według Stacji Meteorologicznej w Swojcu.

Mean air temperature and total rainfalls in the period of potato vegetation according the Swojec Meteorological Station.

Lata Years	Temperatura powietrza / Air temperature [°C] Opady atmosferyczne / Rainfall amount [mm]					Średnia temp. Mean temp. [°C] Suma opadów atmosferycznych Rainfall amount sum [mm]
	Kwiecień April	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August	
2002	9,0	17,4	18,5	20,5	20,9	17,3
	32,9	39,5	82,4	26,8	103,1	284,7
2003	8,3	16,1	20,0	19,9	20,5	17,0
	15,0	75,5	33,1	57,5	53,8	234,9
2004	9,8	13,2	16,7	18,6	19,6	15,6
	21,5	39,1	43,9	66,1	33,0	203,6
Średnia wieloletnia 1971 – 2004 Mean of many years 1971 – 2004						
	8,2	13,4	16,6	18,4	17,4	14,8
	35,3	59,4	67,8	68,5	67,6	298,6

W bulwach przed i po obraniu oraz po ugotowaniu oznaczano zawartość suchej masy metodą wagową [11] oraz zawartość azotanów metodą kolorymetryczną z użyciem reflektometru odbiciowego RQflex2 firmy Merck [19]. Dodatkowo w bulwach przed obraniem oznaczano zawartość skrobi metodą polarymetryczną Ewersa-Grossfelda w modyfikacji Hadorna i Bifera [12].

Wyniki badań poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 7.1, stosując jednoczynnikową analizę wariancji. W celu stwierdzenia statystycznie istotnych różnic wyznaczono wartości NIR oraz grupy homogenne za pomocą testu porównań wielokrotnych Duncana (na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ ).

## Wyniki i dyskusja

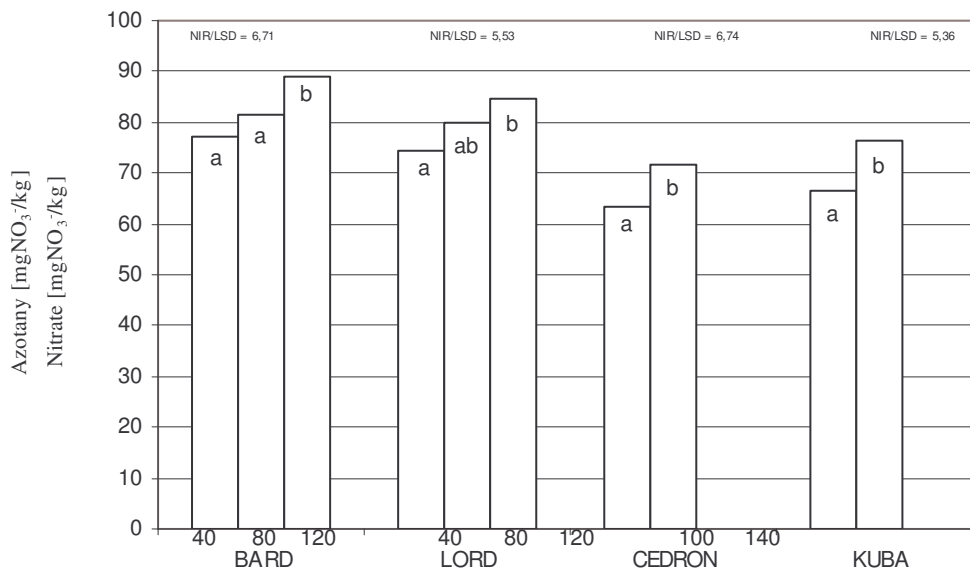
Badane odmiany charakteryzowały się różną zawartością suchej masy i skrobi: ziemniaki przeznaczone do bezpośredniej konsumpcji odmian Bard i Lord zawierały mniej suchej masy i skrobi niż odmiany przeznaczone do przetwórstwa: Cedron i Kuba (tab. 2). Odmiany różniły się zawartością azotanów(V) w bulwach. Odmiany przeznaczone do przetwórstwa - Cedron i Kuba w mniejszym stopniu gromadziły azotany(V) (około 65 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg) niż odmiany konsumpcyjne Bard i Lord (około 80 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg) (rys. 1). Frydecka-Mazurczyk i Zgórska [5] prowadząc wieloletnie badania z użyciem odmian ziemniaka: Ajiba, Felsina, Fresco, Karlena, Sante, Saturna i Timate wykazały duży wpływ genotypu na zawartość azotanów w bulwach.

Zawartość suchej masy i skrobi w ziemniakach nawożonych dawkami: 40 kg N·ha<sup>-1</sup> ('Bard' i 'Lord') oraz 100 kg N·ha<sup>-1</sup> ('Cedron' i 'Kuba') uprawianych w latach 2002-2004.

Dry matter [%] and starch [%] content in potato fertilized with basic dose of nitrogen 40 kg·ha<sup>-1</sup> ('Bard' and 'Lord') and 100 kgN·ha<sup>-1</sup> ('Cedron' and 'Kuba') cultivated in 2002 - 2004 years.

Odmiana ziemniaków Potatoes variety	Sucha masa [%] Dry matter [%]				Skrobia [%] Starch [%]			
	Lata Years							
	2002	2003	2004	$\bar{x}$	2002	2003	2004	$\bar{x}$
Bard	16,89	17,19	16,99	17,02	11,74	11,71	12,73	12,06
Lord	17,08	17,74	16,47	17,09	12,12	12,91	11,82	12,28
Cedron	23,90	24,81	23,80	24,17	18,57	19,01	18,85	18,81
Kuba	25,36	24,77	24,16	24,76	20,16	19,43	19,39	19,66

Wysokość dawki nawożenia azotowego zastosowanego w uprawie badanych odmian miała wpływ na zawartość azotanów w ziemniakach (rys. 1). Zastosowanie najwyższej dawki azotu – 120 kg N·ha<sup>-1</sup> spowodowało istotny wzrost zawartości azotanów(V) w ziemniakach odmiany Bard i Lord w porównaniu z ziemniakami nawożonymi dawką 40 kg N·ha<sup>-1</sup> (rys. 1 i 2) i zależność ta wyraźniej zaznaczała się w przypadku odmiany Bard. Ziemniaki odmiany Cedron i Kuba uprawiane z zastosowaniem dawki 140 kg N·ha<sup>-1</sup>, zgromadziły więcej azotanów(V) w porównaniu z ziemniakami nawożonymi niższą dawką - 100 kg N·ha<sup>-1</sup> (rys. 1 i 3). Odmiany ziemniaków Cedron i Kuba mimo nawożenia wyższymi dawkami azotu niż odmiany Bard i Lord w mniejszym stopniu gromadziły azotany(V) w bulwach (rys. 1). Świadczyło to o lepszym wykorzystywaniu azotowych substancji pobieranych z gleby i przetwarzaniu ich na związki białkowe [20, 24] w porównaniu z odmianami konsumpcyjnymi. Wielu autorów donosi o decydującym wpływie nawożenia azotowego na gromadzenie się azotanów(V) w bulwach różnych odmian ziemniaka [1, 8, 23]. Machnacki oraz Wyszowski [16, 25] obserwowali systematyczny wzrost zawartości azotanów(V) w ziemniakach badanych odmian wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotem.



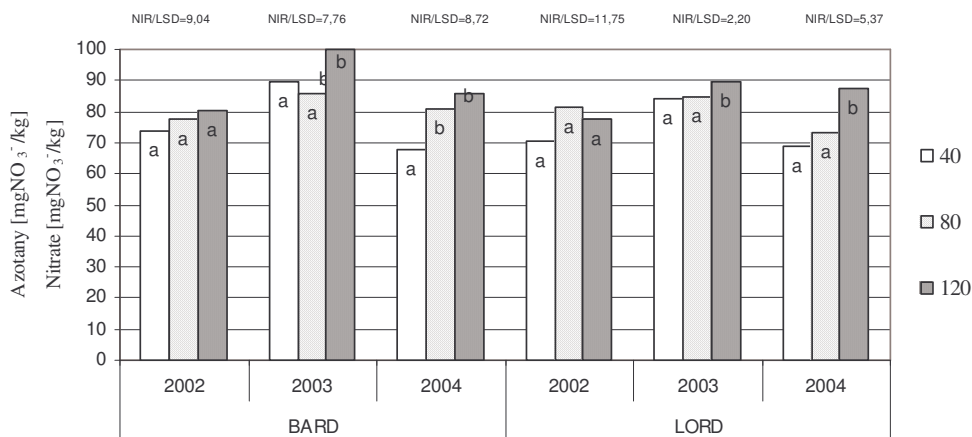
40, 80, 120, 100, 140 - dawki nawożenia azotem [kg N·ha<sup>-1</sup>] / doses of nitrogen applied to fertilizate [kgN·ha<sup>-1</sup>],

a, b - wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie istotności  $\alpha=0,05$  / the mean values denoted by the same letters are not statistically significantly different

Rys. 1. Zawartość azotanów(V) w bulwach czterech odmian ziemniaka nawożonego w uprawie różnymi dawkami azotu (wartość średnia z trzech sezonów wegetacyjnych).

Fig. 1. The nitrate (V) content in four potato varieties fertilized with different doses of nitrogen (mean value from three vegetation seasons).

Na zawartość azotanów(V) miały wpływ warunki klimatyczne panujące w sezonie wegetacyjnym. Najwyższą zawartość azotanów(V) w ziemniakach badanych odmian stwierdzono w 2003 roku (rys. 2 i 3) - kumulacji azotanów sprzyjały najniższe opady oraz najwyższa temperatury powietrza w czerwcu i lipcu w porównaniu z pozostałymi latami (tab. 1). Czerwiec i lipiec to okres tuberyzacji, czyli najintensywniejszego gromadzenia plonu i kształtowania składu chemicznego bulw, w którym rośliny były równocześnie najbardziej wrażliwe na niedobór wody [9]. Wielu autorów obserwowało podobny wpływ okresu suszy na wzrost zawartości azotanów(V) w bulwach [5, 13, 23]. Zawartość azotanów(V) w ziemniakach w żadnej z badanych prób nie przekroczyła dopuszczalnego poziomu 200 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg [21].

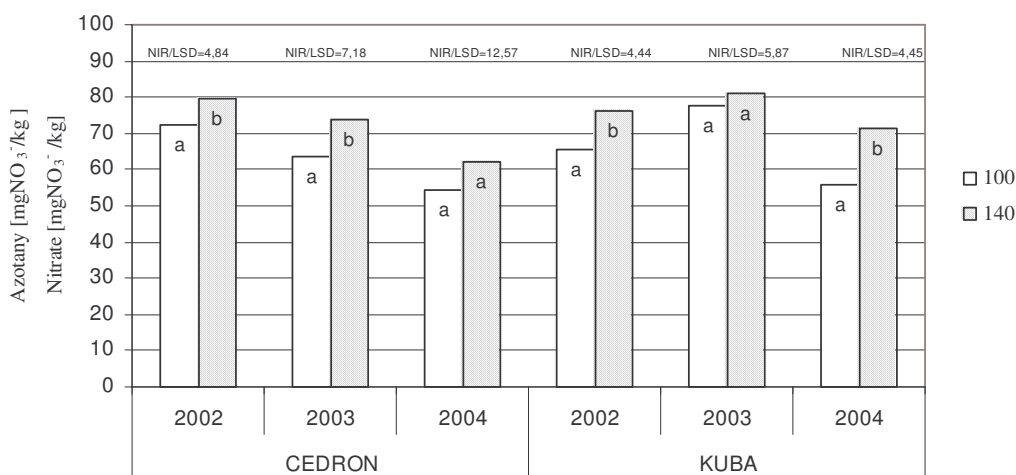


40, 80, 120 - dawki nawożenia azotem [kg N·ha<sup>-1</sup>] / doses of nitrogen applied to fertilizate [kg N·ha<sup>-1</sup>],

a, b - wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie istotności  $\alpha=0,05$  / the mean values denoted by the same letters are not statistically significantly different at the level of  $\alpha=0,05$ .

Rys. 2. Zawartość azotanów(V) w bulwach dwóch odmian ziemniaka nawożonego w uprawie różnymi dawkami azotu.

Fig. 2. The nitrate (V) content in two potato varieties fertilized with different doses of nitrogen.



100, 140 - dawki nawożenia azotem [kg N·ha<sup>-1</sup>] / doses of nitrogen applied to fertilizate [kg N·ha<sup>-1</sup>],

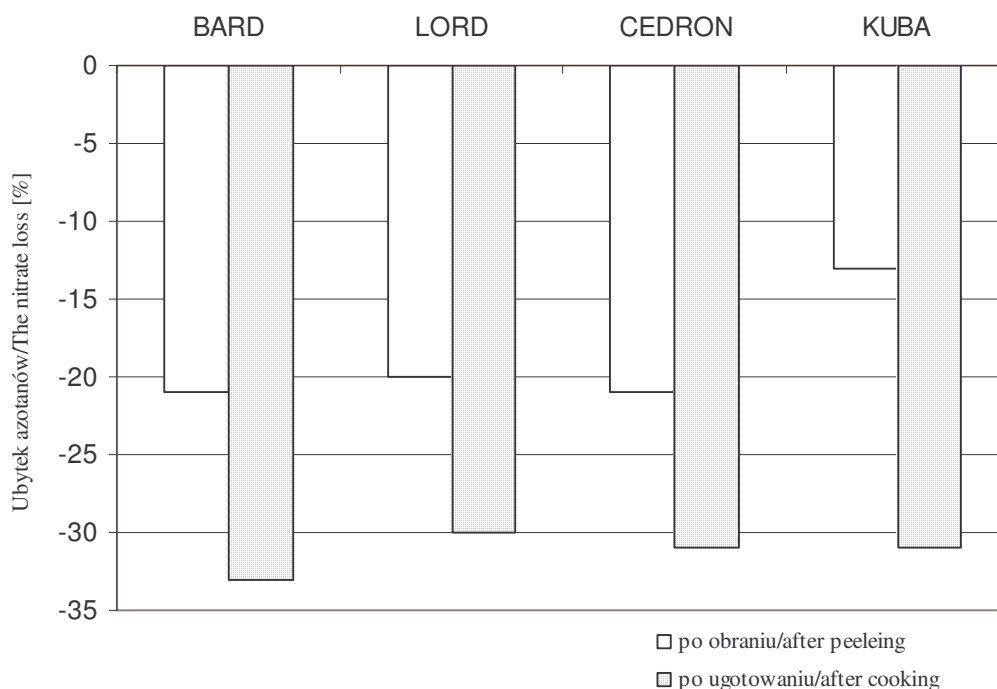
a, b - wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie istotności  $\alpha=0,05$  / the mean values denoted by the same letters are not statistically significantly different at the level of  $\alpha=0,05$ .

Rys. 3. Zawartość azotanów w bulwach dwóch odmian ziemniaka nawożonego w uprawie różnymi dawkami azotu.

Fig. 3. The nitrate (V) content in two potato varieties fertilized with different doses of nitrogen.

Podczas przygotowywania ziemniaków do spożycia stwierdzono znaczny ubytek azotanów(V) w bulwach. Proces obierania przyczynił się do zmniejszenia pierwotnej zawartości azotanów(V) w bulwach o około 20% (rys. 4). Gotowanie bulw spowodowało dalsze zmniejszenie się zawartości azotanów(V) – ziemniaki ugotowane

zawierały ponad 30% mniej azotanów(V) niż surowe nieobrane (rys. 4). Gołaszewska i Zalewski [6] prowadząc doświadczenie z ziemniakami odmian Sokół i Bronka zanotowali większy, bo 36% ubytek azotanów(V) w bulwach po ich obraniu i 42% po ugotowaniu. Natomiast Zgórska i Grudzińska [26] stwierdziły zmniejszenie się zawartości azotanów(V) w ugotowanych ziemniakach odmian Agria, Danusia, Ditta, Satina, Wawrzyn, Wiking i Zebra od 40 do 67%.



Rys. 4. Ubytek azotanów(V) w ziemniakach czterech odmian po obraniu i po ugotowaniu w stosunku do bulw surowych nieobrane.

Fig. 4. The nitrate(V) loss in four potato varieties after peeling and after cooking in relation to unpeeled uncooked tubers.

### Wnioski

1. Ziemniaki odmian przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji (Bard i Lord) zawierały więcej azotanów(V) przy mniejszej zawartości suchej masy i skrobi niż ziemniaki odmian przeznaczonych do produkcji czipsów i suszy (Cedron i Kuba).
2. Zastosowanie wyższych dawek nawożenia azotowego w uprawie badanych odmian ziemniaków spowodowało zwiększenie zawartości azotanów(V) w bulwach, przy czym odmiany konsumpcyjne w większym stopniu reagowały na nawożenie mineralne.
3. Susza i wysoka temperatura panujące w sezonie wegetacyjnym spowodowały wzrost zawartości azotanów(V) w bulwach.
4. Procesy obróbki ziemniaków spowodowały zmniejszenie zawartości azotanów(V) – bulwy po obraniu zawierały o około 20% mniej tych związków, a po ugotowaniu o około 30%.

### Literatura

- [1] Bélanger G., Walsh J. R., Richards J. E., Milburn P. H., Ziadi N.: Nitrogen fertilization and irrigation affects tuber characteristics of two potato cultivars. *Amer. J. Potato Res.*, 2002, **79**, 269-279.
- [2] Boligłowa E., Gleń K., Pisulewski P.: Wpływ stosowania herbicydów na plonowanie i niektóre cechy jakości bulw ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 2004, **500**, 391-397.
- [3] Cieślak E.: Zmiany azotanów i azotynów podczas obróbki kulinarnej ziemniaków. *Przem. Spoż.*, 1992, **10**, 226-228.
- [4] Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K.: Czynniki wpływające na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Biul. Inst. Ziem.*, 1996, **47**, 111-125.
- [5] Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K.: Zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka w zależności od odmiany, miejsca uprawy i terminu zbioru. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2000, **4 (25) Supl.**, 46-51.
- [6] Gołaszewska B., Zalewski S.: Optimisation of potato quality in culinary process. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2001, **10/15,1**, 59-63.
- [7] Harmouz K., Lachman J., Dvořák P., Pivec V.: Yield and quality of potatoes cultivated conventionally and ecologically. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 2004, **500**, 277-283.
- [8] Jabłoński K.: Uprawa bardzo wczesnych odmian ziemniaka Bard i Lord w warunkach glebowo-klimatycznych Pomorza. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 2004, **500**, 243-251.
- [9] Jasińska Z., Kotecki A. (red.): Szczegółowa uprawa roślin. Tom I. Wyd. AR, Wrocław 2003.
- [10] Kmiecik W., Lisiewska Z.: Azotany i azotyny w warzywach. Cz.III. Zmiany zawartości azotanów i azotynów w warzywach pod wpływem zabiegów kulinarnych i konserwowania. *Post. Nauk Rol.*, 1994, **1**, 51-62.
- [11] Krełowska-Kułas M.: Badanie jakości produktów spożywczych. PWE, Warszawa 1993.
- [12] Leszczyński W.: Krytyczna ocena metod oznaczania zawartości skrobi w bulwach ziemniaka. *Przem. Ferm. i Rol.*, 1975, **11**, 22-24.
- [13] Lis B., Mazurczyk W., Trawczyński C., Wierzbicka A.: Czynniki ograniczające wykorzystanie azotu przez rośliny ziemniaka a zagrożenie środowiska. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 2002, **489**, 165-174.
- [14] Lis B.: Wpływ długiego okresu wegetacji odmian i nawożenia na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 1996, **440**, 217-222.
- [15] Lisińska G., Leszczyński W.: *Potato science and technology*. Elsevier Applied Science. London 1989.
- [16] Machnacki M., Kołpak R.: Wpływ nawożenia azotem i terminu zbioru na wysokość i wartość konsumpcyjną plonu ziemniaków wczesnych. Cz. I. Plon ogólny i zawartość azotanów i witaminy C w bulwach. *Rocz. Nauk Rol.*, 1998, **seria A, 113**, 1-2, 133-140.
- [17] Machnacki M.: Wpływ nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach wczesnych ziemniaków zbieranych w trzech terminach. *Fragm. Agr.*, 1998, **XV, 3(59)**, 80-89.
- [18] Prośba-Białczyk U., Nowak L., Makowski K.: Wpływ nawadniania i nawożenia azotem na produktywność dwóch odmian ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 2004, **500**, 313-323.
- [19] Reflektometryczna metoda oznaczania jonów azotanowych. Instrukcja obsługi aparatu Merck RQflex2.
- [20] Rogozińska I.: Wpływ nawożenia azotowego na bilans azotu oraz szkodliwych dla zdrowia substancji chemicznych w bulwach ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 1995, **1**, 59-65.
- [21] Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności Dz. U. 2003 r. Nr **37**, poz. 326 z późn. zm.
- [22] Ruiz J. M., Hernandez J., Castilla N., Romero L.: Potato performance in response to different mulches. I. Nitrogen metabolism in yield. *J. Agr. Food Chem.*, 1999, **47**, 2660-2665.



- [23] Wierzbicka A., Lis B.: Optymalizacja nawożenia azotem wczesnych odmian ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 2002, **489**, 203-212.
- [24] Wojcieszka U.: Fizjologiczna rola azotu w kształtowaniu plonu roślin. Cz. I. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 1994, **1**, 115-126.
- [25] Wyszowski M.: Zawartość związków azotowych i witaminy C w bulwach ziemniaka w zależności od zastosowanego nawożenia azotem i fungicydów. *Fragm. Agr.*, 1996, **XIII**, **1(49)**, 9-19.
- [26] Zgórska K., Grudzińska M.: Zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka po obróbce wstępnej i termicznej. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 2004, **500**, 475-481.

### INFLUENCE OF THE NITROGEN FERTILIZATION ON NITRATE CONTENT IN POTATO TUBERS

#### S u m m a r y

The purpose of the study was to determine the effects of different N rates used for fertilization of four potato varieties on nitrate content of potato tubers. In addition the aim of the study was to define changes in nitrate content of potato tubers during culinary process.

The experiments were conducted on four potato varieties – Bard, Lord, Cedron and Kuba. The experimental field with Bard and Lord varieties was fertilized with three N rates: 40, 80 and 120 kg of N·ha<sup>-1</sup>, while Cedron and Kuba varieties were fertilized with two N rates: 100 and 140 kg of N·ha<sup>-1</sup>. From potato fertilized with basic N rates (40 kg N·ha<sup>-1</sup> for Bard and Lord varieties and 100 kg N·ha<sup>-1</sup> for Cedron and Kuba varieties), potato samples were taken peeled handly and analysed before and after cooking. The measurements of potato tubers included: dry matter, starch (except cooked potatoes) and nitrate content.

The varieties destined for cooking exhibited lower dry matter and starch content, but higher nitrate content than potato varieties destined for chips and dehydrated products manufacturing. Higher N rates affected in higher content of nitrate in potato tubers, and edible potato varieties to a larger extend reacted on mineral fertilization. Culinary processes decreased nitrate content – peeled potatoes contained 20%, and cooked potatoes contained 30% lower nitrate amount.

**Key words:** potatoes, nitrogen fertilization, peeling, cooking, nitrate ☒