

MAGDALENA GRUDZIŃSKA, KAZIMIERA ZGÓRSKA

## WPLYW WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH NA ZAWARTOŚĆ AZOTANÓW(V) W BULWACH ZIEMNIAKA

### Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu warunków klimatycznych w czasie wegetacji na zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka. Materiałem badawczym było 17 odmian ziemniaka. Badania prowadzono w latach 2003 – 2006. Zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka oznaczono bezpośrednio po zbiorze.

Stwierdzono, że warunki klimatyczne w I i II dekadzie lipca oraz w I dekadzie września istotnie wpłynęły na zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka. Odmiany bardzo wczesne (Karatop i Velox) oraz odmiana wczesna Gracja kumulowały tych związków najwięcej.

**Słowa kluczowe:** bulwy ziemniaka, azotany, warunki klimatyczne

### Wprowadzenie

Problem nadmiernej zawartości azotanów w surowcach roślinnych oraz ich negatywny wpływ na organizm człowieka stał się w ostatnich latach przedmiotem wielu badań. Stwierdzono, że azotany(V) należą do związków chemicznych o stosunkowo niewielkiej szkodliwości dla człowieka, jednak pod wpływem flory bakteryjnej żołądka mogą ulegać przemianom do silnie toksycznych azotanów(III). W wyniku reakcji azotanów(III) z aminami II- i III-rzędowymi powstają związki uważane za kancerogenne, mutagenne i embriotoksyczne. Powodują również przemianę hemoglobiny w methemoglobinę, czego następstwem jest zmniejszenie zaopatrzenia tkanek w tlen [2, 13, 14, 15].

Ziemniak zaliczany jest do roślin o średniej skłonności do akumulacji azotanów w bulwach [5, 7]. Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (WE) nr 1822/2005 z dnia 8 listopada 2005 roku [12] zawartość azotanów w bulwach ziemniaków nie powinna być większa niż 200 mg/kg świeżej masy. Jednak zawartość tych związków w bulwach, zwłaszcza odmian wczesnych, często przekracza wartość uznaną za dopuszczalną

i niejednokrotnie spowodowana jest zmieniającymi się warunkami klimatycznymi [6, 17, 18].

Badania Cieślik i wsp. [1], Frydeckiej-Mazurczyk i Zgórskiej [6] wykazały, że zawartość azotanów(V) w bulwach odmian bardzo wczesnych jest większa niż w bulwach odmian późniejszych, oraz że okresowy niedobór opadów i wysoka temperatura powietrza, jak również nadmiar opadów i niska temperatura podczas wegetacji powodują zwiększenie zawartości tych związków w bulwach. Ponadto stwierdzono zwiększanie zawartości azotanów(V) wraz ze wzrostem dawek nawożenia azotem [3, 6, 16].

Celem pracy było określenie wpływu warunków klimatycznych w czasie wegetacji na zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka.

### **Material i metody badań**

Materiałem do badań było 17 odmian bulw ziemniaka: 2 odmiany bardzo wczesne (Karatop, Velox), 8 odmian wczesnych (Delikat, Gracja, Innovator, Korona, Vitarra, Augusta, Kuklik, Nora), 7 odmian średnio wczesnych (Andromeda, Asterix, Romula, Redstar, Victoria, Clarissa, Pirol).

Ziemniaki uprawiano na polu doświadczalnym IHiAR, Oddział w Jadwisinie, na piasku gliniastym lekkim o podłożu pseudobielicowym. Stosowano nawóz zielony – gorczycę (35 t świeżej masy/ha) oraz nawożenie mineralne N, K, P w ilości 94, 88, 135 kg/ha. Bulwy zbierano w pełnej dojrzałości.

Badania prowadzono przez 4 lata po zbiorach w latach 2003 – 2006. Do analiz pobierano próby ok. 5 kg ziemniaków z każdej odmiany. Zawartość azotanów(V) w badanym materiale oznaczano metodą potencjonometryczną z zastosowaniem elektrody jonoselektywnej [8].

Obliczenia statystyczne wykonano w programie ANW opracowanym przez Akademię Techniczno-Rolniczą w Bydgoszczy. Przeprowadzono analizę wariancji w regresji dla modelu liniowego. Istotność wpływu lat uprawy na zawartość azotanów(V) w badanych odmianach określono przy zastosowaniu analizy wariancji. Przy obliczeniu najmniejszej istotnej różnicy stosowano test t-Studenta.

### *Obserwacje meteorologiczne*

Do bezpośredniej analizy wpływu czynników meteorologicznych na badaną cechę w bulwach ziemniaka wykorzystano obserwacje z lat 2003 - 2006, zgromadzone przez Punkt Meteorologiczny Oddziału IHAR w Jadwisinie, zlokalizowany w pobliżu pola doświadczalnego. W pracy uwzględniono średnie temperatury powietrza, mierzone zgodnie z obowiązującymi standardami międzynarodowymi na wysokości 2 m nad poziomem gruntu oraz wielkość opadów atmosferycznych. Ponadto, w celu poszerzenia charakterystyki warunków pogody na podstawie danych temperatury powietrza i sum opadów wyliczono wartość współczynnika Sielianinowa [11] z równania:

$$K = P \times 10 / \Sigma t$$

gdzie:

K – współczynnik Sielianinowa,

P – suma opadów w dekadzie,

$\Sigma t$  – średnie dekadowe temperatur powietrza.

Wartość K w przedziale od 0 do 0,5 oznacza suszę, od 0,6 do 1,0 – posuchę, a wartość powyżej 1,0 charakteryzuje warunki wilgotne.

Przebieg warunków meteorologicznych w miesiącach lipiec – wrzesień, czyli od początku tuberyzacji do osiągnięcia pełnej dojrzałości przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1

Opady, temperatura powietrza oraz współczynnik hydrotermiczny w miesiącach VII – IX według Stacji Meteorologicznej „Cambela” w Jadwisinie.

Rainfall, air temperature, and hydrothermal coefficient in the 7<sup>th</sup>, 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> month as reported at the „Cambela” Meteorological Station in the locality of Jadwisin.

Lata badań Years of the experiment	Miesiące / Months								
	Lipiec / July [dekady]/[ten day periods]			Sierpień / August [dekady]/[ten day periods]			Wrzesień / September [dekady]/[ten day periods]		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Średnia temperatur powietrza [°C]; Mean air temperature [°C];									
2003	16,0	19,3	24,7	20,0	18,0	17,7	12,4	14,0	13,2
2004	15,8	16,2	20,0	19,5	19,7	17,8	14,8	15,1	18,7
2005	19,4	20,7	20,7	16,2	16,3	17,5	17,7	13,2	13,7
2006	22,0	21,0	24,8	18,2	17,6	16,8	14,8	15,3	14,2
Suma opadów [mm] / Total Rainfall [mm]									
2003	52,9	5,3	13,0	0,2	16,6	19,4	12,6	14,3	28,4
2004	28,6	16,9	23,8	9,7	12,0	15,3	0,2	0,25	8,8
2005	2,1	4,5	60,8	5,3	7,0	0,0	0,0	17,7	7,6
2006	0,0	1,9	7,3	59,0	57,1	156,1	6,5	0,0	5,0
Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa K / 'K' Sielianin's hydrothermal coefficient									
2003	3,1	0,3	0,5	0,0	1,1	1,1	1,0	1,0	2,1
2004	1,8	1,0	1,2	0,5	0,6	0,8	0,0	0,0	0,5
2005	0,1	0,2	2,9	0,3	0,4	0,0	0,0	1,3	0,5
2006	0,0	0,1	0,3	3,2	3,2	9,3	0,4	0,0	0,3

Obserwacje meteorologiczne prowadzone w Jadwisinie w latach 2003 – 2006 wskazują na znaczne zróżnicowanie warunków pogodowych. W okresie tuberyzacji bulw (I i II dekada lipca) najwyższe średnie temperatury powietrza odnotowano

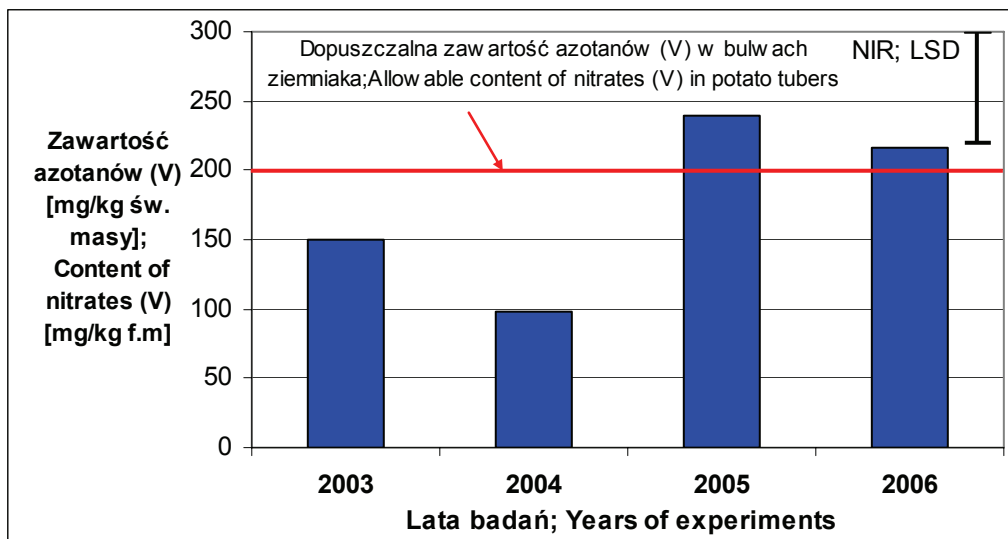
w 2006 roku (22,1 i 21,1 °C) przy równoczesnych niedoborach wody (suma opadów 0 - 1,9 mm). Największą sumą opadów w I dekadzie lipca (52,9 mm) charakteryzował się rok 2003, przy średniej temperaturze 16,9 °C. W roku 2004 w I i II dekadzie lipca opady były równomiernie rozłożone, natomiast średnie dekadowe temperatury były najniższe (15,9 i 16,3 °C). Przed zbiorem (I i II dekada września) najniższymi średnimi temperaturami charakteryzował się rok 2003, przy czym w tym samym czasie odnotowano największą sumę opadów. W roku 2004 wystąpił wyraźny niedobór opadów przy średniej temperaturze powietrza ok. 15 °C. Po długotrwałej suszy w roku 2005 (sierpień i I dekada września) obserwowano zwiększoną sumę opadów.

Na podstawie współczynnika Sielianiowa można stwierdzić, że w okresie tuberyzacji roślin jedynie w roku 2003 i 2004 panowały warunki wilgotne. Przed zbiorem bulw w latach 2004 i 2006 wystąpiła susza, w roku 2003 posucha, a w II dekadzie września 2006 r. było wilgotno (współczynnik Sielianiowa = 1,3).

### Wyniki i dyskusja

Badania wykazały, że w roku 2004 ziemniaki wszystkich badanych odmian odznaczały się najmniejszą zawartością azotanów(V) (rys. 1). Rok ten charakteryzował się wysoką temperaturą powietrza pod koniec okresu wegetacji (około 15 °C) i wysoką sumą opadów – współczynnik Sielianiowa powyżej 1,0 (tab. 1). Natomiast w roku 2005, w bulwach ziemniaka obserwowano znaczną kumulację tych związków. W okresie tuberyzacji roślin średnia temperatura powietrza w tym roku wynosiła około 20 °C i odnotowano bardzo małą sumę opadów atmosferycznych (od 2,1 mm do 4,5 mm). Podobne zależności stwierdziły Cieślik [3] i Frydecka-Mazurczyk i Zgórska [6], które wykazały, że przy średniej temperaturze powietrza (16 – 18 °C) oraz optymalnej sumie opadów w czasie wegetacji bulwy charakteryzowały się najmniejszym poziomem azotanów.

Największą zawartością azotanów cechowały się bulwy ziemniaka odmian bardzo wczesnych Velox i Karatop (powyżej 200 mg/kg świeżej masy) oraz odmiany wczesnej Gracja. W bulwach pozostałych odmian poziom tych związków wynosił od 70 mg/kg ś.m. do 200 mg/kg ś.m. w odmianie Augusta (rys. 2). Badania Lis [9] wykazały, że odmiany bardzo wczesne i wczesne mają silne predyspozycje do gromadzenia azotanów(V) w bulwach. Podobne wyniki uzyskała Mikos-Bielak [10]. Wyniki badań własnych potwierdzają obserwacje autorek. Odmiany bardzo wczesne cechowały się dużą akumulacją azotanów(V) w bulwach, wczesne niewiele mniejszą, a ziemniaki odmian średnio wczesnych wykazały najmniejszą zawartość tych związków w ziemniakach.



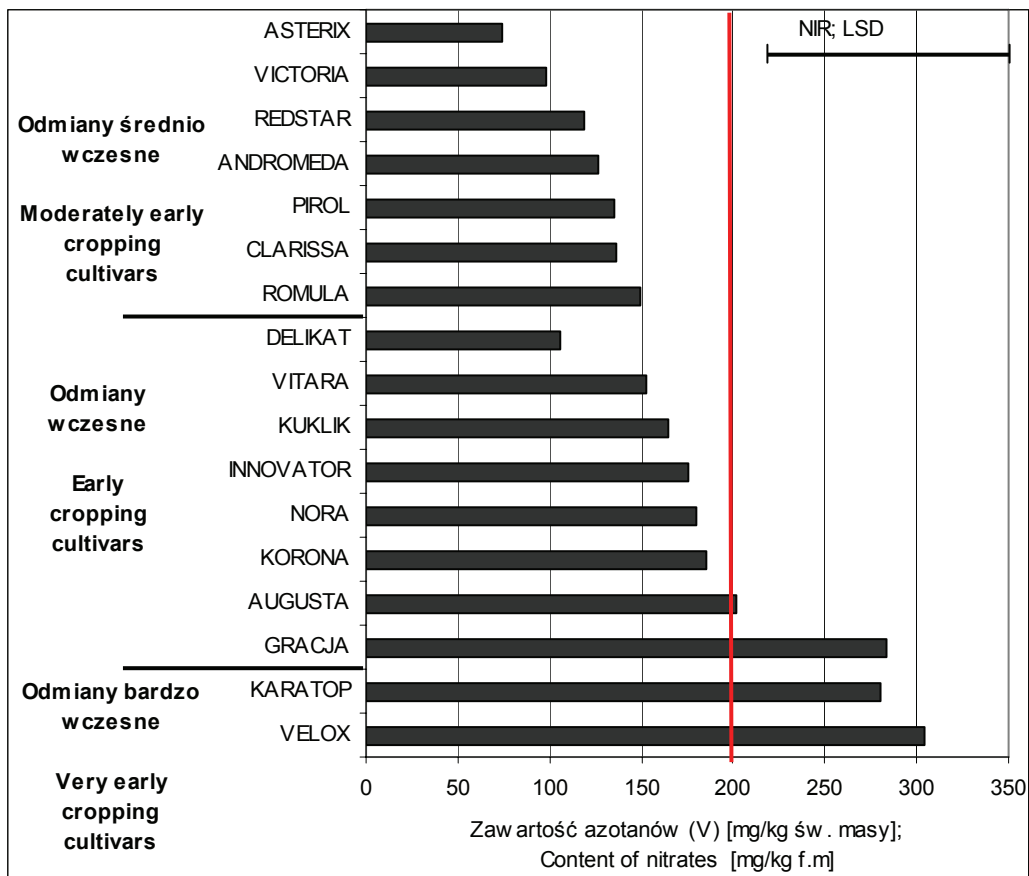
Rys. 1 Zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka, w latach 2003-2006 (średnia z 17 odmian).

Fig. 1. Content of nitrates (V) in potato tubers in the years from 2003 to 2006 (mean value obtained based on 17 cultivars).

Decydujący wpływ na zawartość tych związków w bulwach ziemniaka miała temperatura powietrza oraz suma opadów atmosferycznych w okresie tuberyzacji. Na podstawie współczynników korelacji ustalono, że im wyższa była temperatura powietrza w I i II dekadzie lipca, przy niedoborach wody w I dekadzie, tym wyższa była zawartość azotanów(V) w bulwach (współczynniki korelacji odpowiednio  $r = 0,82$ ,  $r = -0,67$ ). Podobne zależności wykazały Cieślik [3], Frydecka–Mazurczyk i Zgórska [6] oraz Wierzbicka i wsp. [16].

Istotny wpływ warunków klimatycznych na zawartość azotanów(V) w bulwach miały warunki klimatyczne przed zbiorem (I dekada września). Wykazano, że im wyższe były opady w tym czasie, tym zawartość azotanów(V) była mniejsza ( $r = -0,68$ ). Potwierdzają to badania Zgórskiej i Grudzińskiej [18], które wykazały, że niedobór opadów w czasie tuberyzacji oraz ich nadmiar w ostatnich trzech dekadach poprzedzających zbiór wpływa na podwyższenie zawartości azotanów w bulwach. Podobne zależności zaobserwowali Cieślik i wsp. [1].

W tab. 2. przedstawiono współczynniki korelacji między zawartością azotanów w bulwach a warunkami klimatycznymi w okresie wegetacji.



Rys. 2. Zawartość azotanów(V) w bulwach 17 odmian ziemniaka (średnia z 4 lat badań).  
 Fig. 2. Content of nitrates (V) in tubers of 17 potato cultivars (mean value obtained from the 4 year investigations)

Wysokie współczynniki korelacji obliczono pomiędzy zawartością azotanów w ziemniakach a współczynnikiem Sielianinowa (suma opadów/średnie temperatury dekadowe). Obserwowano, że istotne zależności pomiędzy cechami wystąpiły w I i II dekadzie lipca (okres tuberyzacji) oraz w I dekadzie września (10 dni przed zbiorem). Im wyższy był współczynnik Sielianinowa (powyżej 1 – wilgotno) tym mniejsza była zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka. Stwierdzono, że jeśli przez cały okres tuberyzacji temperatura powietrza jest względnie wysoka i nie ma niedoboru wody, współczynnik Sielianinowa wynosi powyżej 1, to zawartość azotanów w bulwach jest mała. Podobne obserwacje odnotowały: Zgórska i Sowa-Niedziałkowska [17], Cieślík [3], Fargasowa [4].

Tabela 2

Współczynniki korelacji między zawartością azotanów(V) a warunkami klimatycznymi.

Coefficients of correlation between the content of nitrates (V) in potato tubers and weather conditions.

Miesiące Months	Współczynniki korelacji / Correlation coefficients		
	Suma temperatur powietrza [°C] Air temperature in total [°C]	Suma opadów [mm] Rainfall in total [mm]	Współczynnik Sielianinowa Sielianinow's Coefficient
Lipiec / July			
1 <sup>st</sup> week of so	0,82*	-0,67*	-0,69*
mid-July	0,91*	n.i	-0,87*
last 10 days of July	0,52*	n.i	n.i
Sierpień / August			
1 <sup>st</sup> week of so	n.i	n.i	n.i
mid-August	-0,52*	n.i	n.i
last 10 days of August	n.i	n.i	n.i
Wrzesień / September			
1 <sup>st</sup> week of so	0,66*	-0,68*	-0,70*
Mid-September	n.i	n.i	-0,57*

\*- współczynnik korelacji statystycznie istotny / statistically significant correlation coefficient;

n.i.- współczynnik korelacji statystycznie nieistotny / statistically insignificant correlation coefficient.

## Wnioski

1. Ocena wpływu warunków meteorologicznych w czasie wegetacji roślin na zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka wykazała, że temperatura powietrza oraz suma opadów w okresie tuberyzacji i 10 dni przed zbiorem decydują o zawartości azotanów w ziemniakach.
2. Niezależnie od warunków atmosferycznych największą predyspozycją do kumulowania związku cechowały się bulwy odmian bardzo wczesnych (Karatop, Velox) oraz odmiany wczesnej Gracja.

*Praca była prezentowana podczas XIII Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Łódź, 28 - 29 maja 2008 r.*

## Literatura

- [1] Cieślak E., Międzobrodzka A., Sikora E.: Zawartość azotanów i azotynów w bulwach ziemniaka uprawianych w różnych warunkach. *Przem. Spoż.*, 1990, **2**, 65-66.

- [2] Cieślík E.: Zawartość związków azotowych w bulwach ziemniaka w aspekcie żywieniowym i toksykologicznym. Zesz. Nauk. AR- Kraków, 1995, **203**, 5-45.
- [3] Cieślík E.: Czynniki kształtujące zawartość azotanów i azotynów w ziemniaku. Post. Nauk Rol. 1995, **6**, 67-71.
- [4] Fargasowa A.: The effect of the environment storage on nitrate content in various potato cultivars from two localities. *Biologia*, 1994, **49**, 917 – 922.
- [5] Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K.: Wpływ warunków klimatycznych podczas wegetacji oraz przechowywania na jakość ziemniaków przeznaczonych na produkty smażone. *Mat. Konf. Nauk. Bonin* 1996, s. 44-47.
- [6] Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K.: Zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka w zależności od odmiany, miejsca uprawy i terminu zbioru. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, Kraków 2000, **4 (25) Supl.**, 46-51.
- [7] Karowski K.: Azotany w warzywach – propozycje limitowania w Polsce. *Rocz. PZH*, 1990, **4**, 1 - 9.
- [8] Kunch U., Schorer H., Tempell A.: Eines Schnellmethode zur Bestimmung von Nitrat in Frischgemüsen mit Hilfe der ionensensitiven Electrode, in: *Mitt. Der Eidgenossischen Forschungsanstalt für Obst – Wein und Gartenbau Wädenswill Schweiz Flugschrift*, 1981, 106.
- [9] Lis B.: Poziom azotanów w bulwach ziemniaka odmian wczesnych w odniesieniu do propozycji normy dopuszczalnej ich zawartości. *Mat. XXVIII Sesji Nauk.*, Bonin 1995, s. 63 - 66.
- [10] Mikos-Bielak M., Sawicka B., Rudzińska B.: Azotany i azotyny w bulwach wczesnych odmian ziemniaka. *Biul. IH i AR*, 1999, **209**, 137-147.
- [11] Molga M.: Podstawy klimatologii rolniczej. *PWRL*, Warszawa 1986, 544-547.
- [12] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1822/2005 z dnia 8 listopada 2005 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 466/2001 w odniesieniu do azotanów w niektórych warzywach (Tekst mający znaczenie dla EOG)
- [13] Swann P.: The toxicology of nitrate and N- nitroso compounds. *J. Sci. Food Agric.*, 1975, **26**, 1761-1770.
- [14] Traczyk J.: Azotany i azotyny – występowanie i wpływ na organizm człowieka. *Żywność, Żywnienie, Prawo a Zdrowie*, 2000, **1**, 81-89.
- [15] Tymczyna L., Maińska A.: Toksyczność związków azotowych występujących w środowisku oraz w produktach spożywczych. *Przeł. Handlowy*, 2001, **1**, 29-31.
- [16] Wierzbicka A., Lis B., Mazurczyk W.: Deficyt wody w okresie wegetacji a plonowanie i wykorzystanie azotu przez wczesne odmiany ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 2002, **481**, 341-347.
- [17] Zgórska K., Sowa-Niedziałkowska G.: Wpływ czynnika termicznego i odmianowego na zmiany jakościowe zachodzące w bulwach ziemniaka w czasie ich długotrwałego przechowywania. *Pamiętnik Puławski Zesz.*, 2004, **139**, 327-335.
- [18] Zgórska K., Grudzińska M.: Zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka po obróbce wstępnej i termicznej. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 2004, **500**, 475-481.

#### IMPACT OF WEATHER CONDITIONS ON THE CONTENT OF NITRATES(V) IN POTATO TUBERS

##### S u m m a r y

The objective of this paper was to determine the impact of weather conditions on the content of nitrates(V) in potato tubers. The experimental material consisted of seventeen cultivars of potato. The ex-



periment was carried out in the years from 2003 to 2006. The content of nitrates(V) in potato tubers was determined after gathering the potatoes.

It was found that the weather conditions as existing in the following periods: 1st week or so of July, mid-July, and 1st week or so of September, essentially impacted the content of nitrates(V) in the potato tubers. The very early cropping cultivars (Karatop and Velox) and the early cropping Gracja cultivar cumulated the highest amounts of those compounds.

**Key words:** potato tubers, nitrates(V), weather conditions 