

EFFECT OF MANY-YEAR NATURAL AND MINERAL FERTILIZATION ON YIELDING AND THE CONTENT OF NITRATES (V) IN POTATO TUBERS

ODDZIAŁYWANIE WIELOLETNIEGO NAWOŻENIA NATURALNEGO I MINERALNEGO NA WIELKOŚĆ PLONU I ZAWARTOŚĆ AZOTANÓW (V) W BULWACH ZIEMNIAKA

Jolanta JANOWIAK*, Ewa SPYCHAJ-FABISIAK*, Elżbieta WSZELACZYŃSKA**,
Mieczysława PIŃSKA**, Barbara MURAWSKA*

*Department of Agricultural Chemistry, **Department of Plant Material Storage and Processing, Faculty of Agriculture, University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz, 85-326 Bydgoszcz, 5 Seminaryjna Str., Poland,
e-mail: janowiak@utp.edu.pl

Manuscript received: September 1, 2008; Reviewed: May 13, 2009; Accepted for publication: May 15, 2009

ABSTRACT

The present research, carried out based on many-year long-term experiment, aimed at determining yielding, the content of total protein and the content of nitrates (V) in potato tubers as a result of the fertilization applied. There were observed significantly lower tuber yields whenever mineral fertilization only was applied. The varied nitrogen fertilization and combined fertilization with nitrogen and manure significantly modified 'Bila' potato tuber yielding. Significantly highest yield, as much as 49.5 % higher, as compared with the control, was recorded after the application of nitrogen at the dose of 180 kg N·ha⁻¹ with manure. The content of total protein in 'Bila' potato tubers ranged from 94 g·kg⁻¹ to 109 g·kg⁻¹ and it was significantly determined by the fertilization used. The content of nitrates (V) was determined by the fertilization applied and ranged from 133 to 222 mg·kg⁻¹.

Key words: potato, fertilization, yield, protein, nitrate(V)

STRESZCZENIE

Badania prowadzono w oparciu o wieloletnie doświadczenie statyczne. Celem badań było określenie wielkości plonu, zawartości białka ogólnego i zawartości azotanów (V) w bulwach ziemniaka pod wpływem zastosowanego nawożenia. Stwierdzono istotnie niższe plony bulw na obiektach, gdzie stosowano nawożenie wyłącznie mineralne. Zastosowane zróżnicowane nawożenie azotem oraz łączne nawożenie azotem i obornikiem istotnie modyfikowały wielkość plonu bulw ziemniaka odmiany Bila. Istotnie najwyższą wielkość plonu, wyższą aż o 49,5 %, w stosunku do obiektu kontrolnego, stwierdzono po zastosowaniu azotu w dawce 180 kg N·ha⁻¹ na tle obornika. Zawartość białka ogólnego w bulwach ziemniaka odmiany Bila mieściła się w zakresie od 94 g·kg⁻¹ do 109 g·kg⁻¹ i była istotnie determinowana zastosowanym nawożeniem. Ilość azotanów (V) determinowana była zastosowanym nawożeniem i wahała się w granicach od 133 do 222 mg·kg⁻¹.

Słowa kluczowe: ziemniak, nawożenie, plon, białko, azotany(V)

DETAILED ABSTRACT

Badania prowadzono w oparciu o wieloletnie doświadczenie statyczne. Celem badań było określenie wielkości plonu, zawartości białka ogólnego i zawartości azotanów (V) w bulwach ziemniaka pod wpływem zastosowanego nawożenia. Doświadczenie założono w czterech powtórzeniach metodą losowanych podbloków w układzie zależnym. Prowadzono je w trzyletnim, uproszczonym zmianowaniu: ziemniak – żyto ozime (1) – żyto ozime (2). Pierwszym czynnikiem doświadczenia (I) było nawożenie naturalne ($n=2$, obiekt bez obornika; obornik - $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), natomiast drugim czynnikiem doświadczenia (II) były zróżnicowane dawki azotu ($n=4$; N_{60} , N_{120} , N_{180} i obiekt kontrolny) Stwierdzono istotnie niższe plony bulw na obiektach, gdzie stosowano nawożenie wyłącznie mineralne. Zastosowane zróżnicowane nawożenie azotem oraz łączne nawożenie azotem i obornikiem istotnie modyfikowały wielkość plonu bulw ziemniaka odmiany Bila. Istotnie najwyższą wielkość plonu, wyższą aż o 49,5 %, w stosunku do obiektu kontrolnego, stwierdzono po zastosowaniu azotu w dawce $180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ na tle obornika. Zawartość białka ogólnego w bulwach ziemniaka odmiany Bila mieściła się w zakresie od $94 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $109 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i była istotnie determinowana zastosowanym nawożeniem. Średnio istotnie najwyższą zawartość białka i wysokość plonu białka stwierdzono po zastosowaniu $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ na tle obornika i były one średnio wyższe odpowiednio o 16% i 75% w stosunku kontroli. Ilość azotanów (V) determinowana była zastosowanym nawożeniem i wahała się w granicach od 133 do $222 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Po zastosowaniu badanych dawek azotu nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnej zawartości azotanów (V) w bulwie (średnio $163 \text{ mg N}\cdot\text{NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ św.m.), które zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 13.01.2003 r. nie powinny przekraczać wartości $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w świeżej masie. Komitet Ekspertów WHO/FAO natomiast ustalił dopuszczalne dzienne pobranie azotanów (V) na poziomie do $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ciała. Istotnie najwyższą zawartość azotanów (V) ($222 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), podobnie jak w przypadku wielkości plonu, stwierdzono po zastosowaniu $180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ na tle obornika.

INTRODUCTION

Nitrates (V), due to their possibility of a quick reduction to nitrites (III) in a living organism, can lead to a destruction of vitamins A and B groups, and the formation of N nitro compounds showing a toxic effect [2, 3, 12, 13, 16, 17, 18]. Fertilization, especially nitrogen fertilization, is one of the most important agrotechnical factors which can significantly affect potato tuber yielding and the

yield quality, e.g. the content of protein and nitrates (V). Defining these parameters depending on the fertilization used is of great importance for the agricultural practice, especially as facing an enormous biological progress. After-effects of the many-year fertilization can determine the crop quality. With that in mind, research has been taken up which aimed at defining potato tuber yielding, the content of total protein and nitrates (V) in the tubers of 'Bila' potato exposed to varied nitrogen fertilization, without and with manure.

MATERIALS AND METHODS

The research was carried out based on many-year long-term field experiment located at the Agricultural Experiment Station at Wierzchucinek. The soil has been classified as Haplic Luvisol (heavy loamy sand at the depth of 45-50 cm on light clay, of the content of 18% of floatable particles) representing the good rye complex. The experiment was set up in four replications following the randomized split-plot design, and carried out in three-year, simplified crop-rotation: potato – winter rye (1) – winter rye (2). The first experimental factor (I) was made up of natural fertilization ($n=2$, without manure; manure - $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), while the second experimental factor (II) – of different nitrogen doses ($n=4$; N_{60} , N_{120} , N_{180} and the control). Nitrogen fertilization was applied in a form of ammonium nitrate, at two doses (1/2+ 1/2), phosphorus ($35 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$) and potassium ($100 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$) in a form of, respectively, granulated superphosphate and high-percentage potassium salt. Potato tubers were harvested in autumn 2006 in the 10th rotation of the long-term field experiment. Yielding was determined, content of nitrates (V) was defined following the ionometric method with the use of multifunctional computer device CX-721 [11] and the content of total nitrogen (N_t) – with the Kjeldahl method to calculate the content of total protein ($N_t\cdot 6,25$). Similarly, based on the content of dry matter and the content of total protein, the protein yield was calculated. The results were verified statistically with the analysis of variance according to the model compliant with the experiment design, using the Tukey test to determine the level of significance. Non-significant values were eliminated at $p=0.05$. There were also calculated correlation coefficients and linear regression equations.

RESULTS AND DISCUSSION

The varied nitrogen fertilization applied modified the 'Bila' potato tuber yield (Fig. 1) significantly. Significantly highest and comparable potato tuber yields were recorded following the application of 60 and $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ and they were higher by an average of 24.8 %

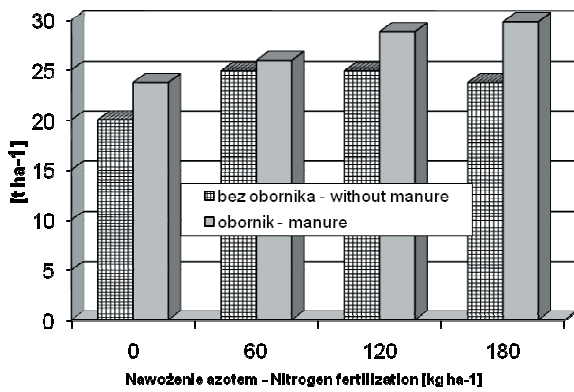


Fig. 1. Yield of potato tubers Bila cultivar
Rys. 1. Plon bulw ziemniaka odmiany Bila

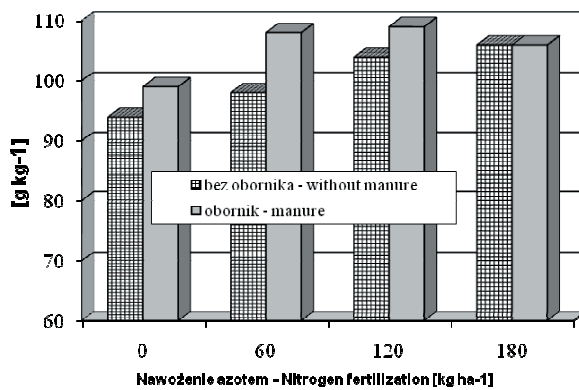


Fig. 2. The protein content in potato tubers Bila cultivar
Rys. 2. Zawartość białka ogólnego w bulwach ziemniaka odmiany Bila

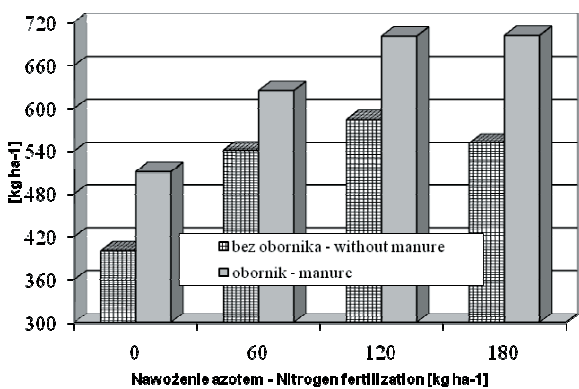


Fig. 3. The total protein yield in potato tubers Bila cultivar
Rys. 3. Plon białka ogólnego ziemniaka odmiany Bila

as compared with the yields when no fertilization was used, while an increase in the nitrogen dose by another 60 kg N·ha⁻¹ decreased the yield by an average of 4.8 %, as compared with the lower doses (60 and 120 kg N·ha⁻¹). The lower potato tuber yields recorded must have been due to the many-year (28 years) application of unbalanced mineral fertilization which resulted in, e.g. a considerable decrease in the soil pH in the case of these treatments [9]. Similar relationships were reported by Czekala and Gładysiak [4], which show that the lower the soil pH, the more limited the intake of nutrients. The potato reaction to nitrogen fertilization varies considerably [5, 6, 7, 8, 17,]. As reported by Ciećko [1], the use of excessively high nitrogen doses can result in a decreased tuber yield and a deteriorated protein quality, while Rogozińska et al. [18] observed a linear increase in the potato tuber yield as a result of fertilization with increasing nitrogen doses, and the highest yield was recorded for the dose of 120 kg N·ha⁻¹.

Potato tuber yielding was also significantly determined by a combined manure and nitrogen fertilization. Significantly highest yield, as much as 49.5% higher than the control, was recorded after the application of nitrogen dose of 180 kg N·ha⁻¹ with manure.

The content of total protein in 'Bila' potato tubers was significantly determined by the fertilization used. The applicable literature shows that there was noted no clear-cut relationship between the content of total protein and its yield [6, 8, 14, 18, 20], which also coincides with the present results. In the present research the content of total protein ranged from 94 g·kg⁻¹ to 109 g·kg⁻¹, while the protein yield ranged from 400 to 701 kg·ha⁻¹ (Figs. 2 and 3).

On average significantly highest content of protein and the protein yield were observed after the application of 120 kg N·ha⁻¹ with manure and they were, respectively, on average 16% and 75% higher than the control.

According to Karłowski [10], potato represents the plant group of a relatively low tendency to accumulate nitrates (V). The content of nitrates (V) in potato tubers available on the market, as a result of the agrotechnical treatments applied, can range a lot from tens to a few thousand mg·kg⁻¹ [12, 13, 16, 17, 18]. In the present research, on the other hand, the content ranged from 133 to 222 mg·kg⁻¹ and it was significantly determined by the fertilization applied (Fig. 4). After the application of the nitrogen doses researched there was recorded no excess of the permissible content of nitrates (V) in tuber (on average 163 mg N-NO₃·kg⁻¹ in fresh weight), which, according to the Decree of Minister of Health of 13.01.2003 [19] should not exceed the value of 200 mg·kg⁻¹ in fresh weight. According to the WHO/FAO Expert Committee,

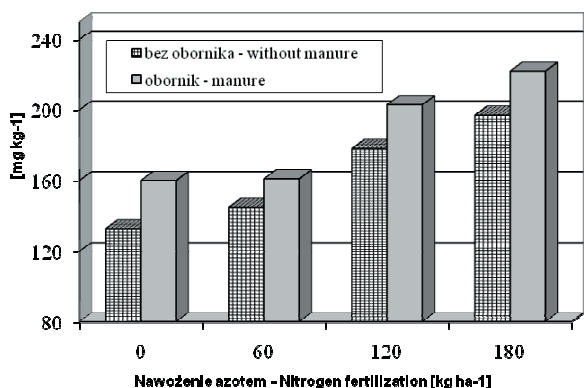


Fig. 4. The nitrates content in fresh matter potato tubers Bila cultivar

Rys. 4. Zawartość azotanów (V) w świeżej masie bulw ziemniaka odmiany Bila

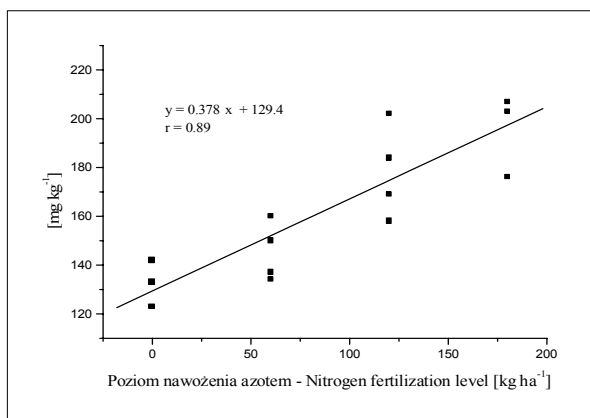


Fig. 5 Relationship between nitrate (V) content and nitrogen fertilization doses

Rys.5 Zależności pomiędzy zawartością azotanów (V) a badanymi dawkami azotu

the permissible daily intake of nitrates (V) is up to 5 mg·kg⁻¹ of the body weight [15]. Significantly highest content of nitrates (V) (222 mg·kg⁻¹), similarly as in the case of yield, was recorded following the application of 180 kg N·ha⁻¹ with manure. It was also observed that the use of 120 kg N·ha⁻¹ with manure did result in exceeding the so-called 'safe-level' of the content of nitrates (V). As reported by numerous researchers [2, 3, 8, 12, 13, 15, 18], the main factor determining the content of nitrates (V) is the fertilization used, especially nitrogen fertilization.

In the present research there were noted significant positive correlations between the content of nitrates (V) and the nitrogen doses applied ($r=0.89$) and between the content of nitrates (V) and the nitrogen doses researched with manure ($r=0.88$). These relationships are given in

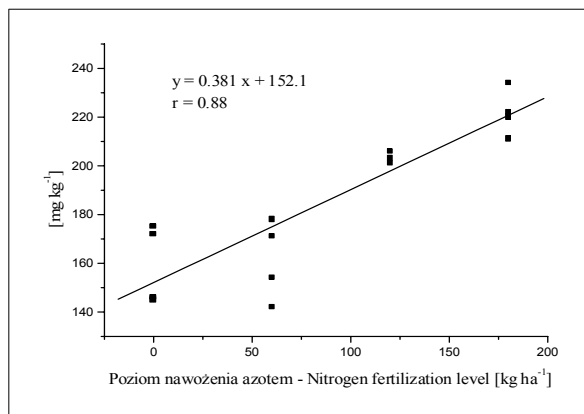


Fig. 6 Relationship between nitrate (V) content and nitrogen fertilization doses with manure

Rys. 6 Zależności pomiędzy zawartością azotanów (V) a badanymi dawkami azotu na tle obornika

Figs. 5 and 6. Similar tendencies are also stressed by Rogozińska [17].

CONCLUSIONS

1. Tuber yielding, protein yield and the content of nitrate nitrogen (V) in 'Bila' potato tubers were significantly modified by the fertilization researched.

2. On average significantly highest potato tuber yield and protein yield were recorded after a combined application of 180 kg N·ha⁻¹ and manure. Due to exceeding the so-called 'safe level' of nitrates (V) following the treatment with that dose, the optimal dose for 'Bila' potato was 120 kgN·ha⁻¹ applied with manure.

REFERENCES

- [1] CIEĆKO Z. Wpływ nawożenia azotem na plon i cechy jakościowe ziemniaka, Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, (1986) 1: 212-222.
- [2] CIEĆKO Z. - ŻOŁNOWSKI A.C. - KRAJEWSKI W. Wpływ nawożenia NPK stosowanego w uprawie ziemniaka na zawartość N-NO₃ oraz N-NH₄ w glebie, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. (2006) 513: 55-62.
- [3] CIEŚLIK E. Czynniki kształtujące zawartość azotanów i azotynów w ziemniakach, Post. Nauk Roln. (1995) 6: 69-70.
- [4] CZEKAŁA J. - GŁADYSIAK S. Działanie niektórych czynników na zawartość makroskładników w bulwach ziemniaka, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. (1995) 421 a: 55-58.
- [5] DZIENIA S. - SZAREK P. - PUŻYŃSKI S. Plonowanie i jakość bulw ziemniaka w zależności od

systemu uprawy roli i rodzaju nawożenia organicznego, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. (2004) 500: 235-241.

[6] JABŁOŃSKI K. Wpływ poziomu nawożenia azotowego nowych odmian ziemniaków jadalnych na plon i jego jakość oraz trwałość przechowalniczą, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. (2002) 484: 211-217.

[7] JABŁOŃSKI K. Efektywność nawożenia azotem nowych odmian ziemniaków skrobiowych, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. (2005) 500: 253-262.

[8] JABŁOŃSKI K. Wpływ dawek i sposobów nawożenia azotem na plon ziemniaka i zawartość azotanów w bulwach, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. (2006) 513: 139-147.

[9] JANOWIAK J. - SPYCHAJ-FABISIAK E. - MURAWSKA B. Kształtowanie odczynu gleby i zawartość przyswajalnych form fosforu w warunkach doświadczenia wieloletniego, *Fragm. Agron.* (2005) XXII, 85: 78-87.

[10] KARŁOWSKI K. Azotany w warzywach – propozycje limitowania w Polsce, *Roczn. PHZ* (1990) 41(1-2):1-9.

[11] KUNSH U. - SCHARER H. - TEMPERII A. Eine Schnellmethode zur Bestimmung von Nitrat in Frischemusen mit Hilfe der ionensensitiven Elektrode, *nFlugschrift* (1981) 46.

[12] LIS B. Wpływ długości okresu wegetacji odmian i nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. (1996) 440: 217-222.

[13] MAZURCZYK-FRYDECKA A. - ZGÓRSKA K. Czynniki wpływające na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka, *Biul. Inst. Ziemi.* (1996) 47: 111-125.

[14] MAZURCZYK W. - LIS B. - TRAWCZYŃSKI C. - WIERZBICKA A. Dolistne dokarmianie azotem a stan odżywienia roślin ziemniaka pierwiastkiem oraz ich plonowanie, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. (2002) 489: 175-182.

[15] PIŃSKA M. - WSZELACZYŃSKA E. - ROGOZIŃSKA I. Zawartość azotanów (V) w warzywach i ich przetworach dostępnych w obrocie detalicznym na tle wymogów WHO/FAO, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. (2006) 513: 313-320.

[16] ROGOZIŃSKA I. Wpływ nawożenia azotowego na bilans azotu oraz szkodliwych dla zdrowia substancji chemicznych w bulwach ziemniaka, *Post. Nauk Roln.* (1995) 1: 59-65.

[17] ROGOZIŃSKA I., Czynniki kształtujące zawartość azotanów w wybranych produktach pochodzenia roślinnego, *Inż. Maszyn* (2003) XX, 1: 67-72.

[18] ROGOZIŃSKA I. - WOJDYŁA T. - WSZELACZYŃSKA E. - PIŃSKA M. Rola nawożenia mineralnego w kształtowaniu się azotanów w bulwach ziemniaka, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. (1996) 440: 301-307.

[19] ROZPORZĄDZENIE 2003. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu się na powierzchni żywności. *Dz. U. Z* dnia 4 marca 2003 r.

[20] WOJCIESKA U. Fizjologiczna rola azotu w kształtowaniu plonu roślin, *Post. Nauk Roln.* (1994), 1: 116-125.

