

Cezary Trawczyński

**WPLYW NAWADNIANIA KROPOWEGO
I FERTYGACJI NA PLON I WYBRANE ELEMENTY JA-
KOŚCI BULW ZIEMNIAKA**

***INFLUENCE OF DRIP IRRIGATION AND FERTIGATION
ON THE YIELD AND SOME QUALITY ELEMENTS
OF POTATO TUBERS***

Streszczenie

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2006–2008 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin na glebie lekkiej, kwaśnej. Celem badań było porównanie wpływu na plon bulw i jego strukturę oraz niektóre elementy jakości bulw (zawartość azotanów, skrobi, deformacje, zazielenienia, porażenie parchem zwykłym) zróżnicowanego nawożenia azotem stosowanego do gleby w formie stałej i płynnej (fertygacja). Kombinacje podzielono na: nawadniane i nienawadniane. Nawadnianie prowadzono metodą kropłową. Dawkę azotu w formie fertygacji ustalono przy wykorzystaniu komputerowego programu nawozowego DSS (Decision Support System). W formie fertygacji azot zastosowano w następujących dawkach: 2006 rok – 57,7 kg·ha⁻¹, 2007 rok – 31,7 kg·ha⁻¹, 2008 rok – 39,7 kg·ha⁻¹. Dawki wody (2006 rok – 110,3 mm, 2007 rok – 20,0 mm, 2008 rok – 68,9 mm) oraz terminy ich stosowania ustalono na podstawie wilgotności gleby przy użyciu tensjometrów. Kontrolę stanowił obiekt bez nawożenia NPK i nienawadniany. Istotnie najwyższy plon bulw uzyskano po zastosowaniu dawki azotu 150 kg·ha⁻¹ w warunkach nawadniania. Plon bulw uzyskany na kombinacji nawadnianej z wykorzystaniem programu nawozowego DSS był o 47,3% większy niż na kontroli. Na kombinacjach nawadnianych wykazano wzrost udziału w plonie bulw dużych (średnica powyżej 60 mm), obniżenie zawartości azotanów w bulwach oraz mniejszy udział bulw zdeformowanych i porażonych parchem zwykłym.

Słowa kluczowe: ziemniak, plon, jakość bulw, nawadnianie kropłujące, fertygacja, dawki azotu

Summary

The field experiment was conducted in the years 2006–2008 at Plant Breeding and Acclimatization Institute, Division Jadwisin on the light and acid soil. The aim of the research was to compare tubers yield, their structure and some quality elements of tubers (content of nitrates and starch, percentage of deformations, green tubers, common scab infection) different fertilization doses of solid and liquid nitrogen form (fertigation) applied to the soil. The objects were divided on: irrigated and non irrigated. Drip irrigation method was applied in this experiment. The nitrogen dose in fertigation form was established by using computer program DSS (Decision Support System). The nitrogen in fertigation form was applied in following doses: year of 2006 – 57,7 kg·ha⁻¹, year of 2007 – 31,7 kg·ha⁻¹, year of 2008 – 39,7 kg·ha⁻¹. The doses of water (year of 2006 – 110,3 mm, year of 2007 – 20,0 mm, year of 2008 – 68,9 mm) and dates of their application were established by using tensjometer. The control was object without fertilization of NPK and without irrigation. The significant highest yield of tubers was obtained on the irrigated object where dose of 150 kg·ha⁻¹N was applied. The yield of tubers on irrigated object by using fertilizer program DSS was about 47,3% higher than on the control object. On the irrigated objects the increase of big tubers share in the yield (diameter above 60 mm), decrease of nitrates content in tubers and smaller share of tubers with deformations less common scab infection than on non irrigated were observed.

Key words: potato, yield, tubers quality, drip irrigation, fertigation, nitrogen dose

WSTĘP

Azot jest najbardziej plonotwórczym składnikiem pokarmowym, stąd ustalenie właściwego poziomu nawożenia tym składnikiem ma podstawowe znaczenie w kształtowaniu wielkości plonu ziemniaka i jakości bulw. W gospodarstwach o zrównoważonym systemie produkcji większą uwagę zwraca się na jakość uzyskiwanego surowca niż maksymalizację plonu, stosując niższy poziom nawożenia azotem. Z kolei tam, gdzie prowadzi się wysokotowarową, intensywną produkcję, jednym z elementów maksymalizacji plonu bulw jest wysoki poziom nawożenia azotem [Trawczyński 2002; Trawczyński 2005]. W praktyce czynnikiem istotnie ograniczającym wykorzystanie tego składnika może być niedobór, jak również niekorzystny rozkład opadów w okresie wegetacyjnym. Ponadto w warunkach suszy występuje najczęściej duże zdrobnienie bulw. Ogólny plon jest niski i główną masę stanowią wówczas bulwy małe i średniej wielkości. Nierównomierny rozkład opadów zakłóca także prawidłowy wzrost bulw. Okresy suszy powodują zahamowanie przyrostu ziemniaków, a gdy po suszy następują większe opady to bulwy ponownie zaczynają rosnąć. Nierównomierność wzrostu jest przyczyną powstawania między innymi deformacji, co jest poważnym mankamentem w produkcji ziemniaka jadalnego. Przesuszenie redlin po wcześniejszym dużym uwilgotnieniu gleby powodować może ich spękanie i zielenienie bulw. Susza w okresie zawiązywania bulw oraz

w początkowym okresie wzrostu przyczynić się może do porażenia ich parchem zwykłym, co również dyskwalifikować może taki towar z obrotu rynkowego. Niekorzystne zmiany uwilgotnienia gleby dotyczyć także mogą zmian zawartości azotanów czy skrobi w bulwach. Spadek plonu czy pogorszenie jakości bulw wymusza konieczność stosowania nawadniania plantacji ziemniaków w okresie największej wrażliwości roślin na suszę [Głuska 1996]. Bardzo ważna jest również sama technika nawadniania, która powinna zapewnić roślinom podawanie optymalnych dawek wody, a jeżeli istnieje możliwość również składników pokarmowych. Za najbardziej precyzyjne uważa się nawadnianie kropłowe. Ten sposób nawadniania daje największe oszczędności wody i zapewnia najodpowiedniejszy dla ziemniaka sposób jej aplikacji, gdyż nie powoduje rozmywania redlin i polewania części nadziemnych roślin. Ponadto proste urządzenia włączone w system pozwalają na precyzyjne nawożenie podczas nawadniania – fertygację [Łuszczak 2004].

Mając na uwadze powyższe zagadnienia, przeprowadzono badania, których celem było porównanie oddziaływania na wielkość, strukturę plonu i wybrane elementy jakości bulw ziemniaka zróżnicowanego nawożenia doglebowego azotem w formie stałej z formą płynną (fertygacja) ustaloną przy wykorzystaniu komputerowego programu nawozowego DSS w warunkach nawadniania kropłowego oraz naturalnego układu warunków wilgotnościowych gleby.

METODYKA

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2006–2008 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin w warunkach gleby lekkiej o składzie mechanicznym piasku gliniastego lekkiego. Charakterystykę warunków glebowych dotyczącą odczynu i zawartości węgla organicznego oraz składników przyswajalnych przedstawiono w tabeli 1. Warunki klimatyczne okresu wegetacji oceniono na podstawie odchyień od normy ilości opadów i średnich temperatur powietrza. Zarówno rok 2006 jak i 2008 były niedoborowe, jeżeli chodzi o opady w miesiącach czerwiec i lipiec, podczas gdy w roku 2007 niedobór opadów stwierdzono tylko w miesiącu lipcu (tab. 2).

Tabela 1. Charakterystyka warunków glebowych w latach badań (Jadwisin 2006–2008)
Table 1. Soil characteristic in the years of study (Jadwisin 2006–2008)

| Rok Year | % C organicznego % C organic | pH w KCl pH in KCl | N-mineralny kg·ha ⁻¹ N-mineral kg·ha ⁻¹ | Zawartość w glebie (mg·100g ⁻¹) Content in the soil (mg·100g ⁻¹) | | |
|-------------|---------------------------------------|-----------------------|--|---|------|-----|
| | | | | P | K | Mg |
| 2006 | 0,67 | 4,6 | 67,1 | 9,2 | 10,0 | 2,7 |
| 2007 | 0,55 | 5,2 | 40,9 | 9,5 | 5,8 | 4,1 |
| 2008 | 0,68 | 5,5 | 61,6 | 8,8 | 12,0 | 8,2 |

Tabela 2. Charakterystyka warunków klimatycznych okresu wegetacji w Jadwisinie w latach 2006–2008**Table 2.** Characteristic of climate conditions of the vegetation periods in Jadwisin 2006–2008

| Rok Year | Odchylenie od średniej wieloletniej Deviations from long term average | | | | | | | | | |
|-------------|--|-------|-------|------|-------|---|------|------|------|------|
| | Opady w mm i miesiąc Rainfalls in mm and month | | | | | Temperatura powietrza w °C i miesiąc Temperature in °C and month | | | | |
| | V | VI | VII | VIII | IX | V | VI | VII | VIII | IX |
| 2006 | -0,6 | -26,1 | -63,8 | 94,1 | -37,5 | -0,9 | -1,3 | 3,6 | -0,7 | 1,6 |
| 2007 | 26,4 | 32,6 | -18,9 | 12,3 | 52,7 | -0,5 | -0,8 | -0,8 | 0,0 | -2,3 |
| 2008 | 10,9 | -33,5 | -4,2 | 18,9 | -2,2 | 0,0 | 0,6 | -0,3 | -0,1 | -1,5 |

Układ badanych kombinacji był następujący:

- A. Bez NPK, bez nawadniania (kontrola)
- B. 100 kg·ha⁻¹ N + 34,9 kg·ha⁻¹ P + 99,6 kg·ha⁻¹ K, bez nawadniania
- C. 150 kg·ha⁻¹ N + 34,9 kg·ha⁻¹ P + 99,6 kg·ha⁻¹ K, bez nawadniania
- D. Dawka N według DSS (fertygacja) + 34,9 kg·ha⁻¹ P + 99,6 kg·ha⁻¹ K + nawadnianie
- E. 100 kg·ha⁻¹ N + 34,9 kg·ha⁻¹ P + 99,6 kg·ha⁻¹ K + nawadnianie
- F. 150 kg·ha⁻¹ N + 34,9 kg·ha⁻¹ P + 99,6 kg·ha⁻¹ K + nawadnianie.

Jednakowe na powierzchni całego doświadczenia nawożenie organiczne pod ziemniaki stanowiła słoma pszena oraz poplon ścierniskowy z gorczycy białej. Nawożenie fosforowo-potasowe wg schematu doświadczenia zastosowano wiosną przed sadzeniem ziemniaków. Nawożenie mineralne azotem dogłębowo w formie stałej i płynnej, z wodą (fertygacja) stosowano w postaci saletry amonowej. Azot w formie stałej w dawce do 50 kg·ha⁻¹ wysiewano bezpośrednio przed sadzeniem bulw, a uzupełniające dawki 50 i 100 kg·ha⁻¹ N wysiewano przed wschodami ziemniaków, przed ostatnim obredlaniem. Dawki azotu oraz terminy ich stosowania na kombinacji D ustalono za pomocą komputerowego programu wspomaganie decyzji Decision Support System (DSS) autorstwa Batilani, Hansen i Plauborg. Nawożenie azotem przeprowadzono według statycznej opcji programu DSS. Polegała ona na wyznaczeniu siedmiu dawek azotu na podstawie bilansu azotu dla początku okresu wegetacji, bezpośrednio po posadzeniu ziemniaków. Aplikacje pierwszej wyznaczonej dawki azotu w formie fertygacji przeprowadzano w okresie pełni wschodów roślin ziemniaka. Kolejne dawki aplikowano raz w tygodniu do końca lipca. Nawadnianie w formie kropłowej przeprowadzono z zastosowaniem podpowierzchniowego (5 cm) systemu linii kroplujących z kompensacją ciśnienia firmy NetaFim. Linie kroplujące z emiterami wody rozmieszczonymi co 35 cm, były rozprowadzone na grzbiecie

każdej redliny. Układ ten był wyposażony w pompę nawozową, umożliwiającą dawkowanie roztworu saletry amonowej podczas zabiegów nawadniania. Dawki wody oraz terminy ich stosowania ustalono na podstawie wilgotności gleby przy wykorzystaniu tensjometrów umieszczonych na każdej z nawadnianych kombinacji. W okresie wegetacji roślin utrzymywano optymalny poziom potencjału wody glebowej, czyli od około -20 do -40 kPa. Do zabiegów nawadniania przystępowano, gdy potencjał wody glebowej spadał poniżej -40 kPa [Haverkort, MacKerron 2000]. Dawki azotu zastosowane w formie fertygacji zgodnie z programem DSS oraz wody i ilość wykonanych zabiegów zestawiono w tabeli 3. Na określenie wielkości dawki azotu zastosowanej w formie fertygacji w poszczególnych latach badań decydujący wpływ miała zawartość azotu mineralnego w warstwie gleby 0–60 cm oraz wniesiona masa nawozu organicznego (tab. 3).

Tabela 3. Dawki wody oraz azotu w formie fertygacji zastosowane w latach badań
Table 3. Doses of water and nitrogen in fertigation form applied in the years experiments

| Wyszczególnienie Specification | Lata/Years | | |
|---|------------|-------|-------|
| | 2006 | 2007 | 2008 |
| Liczba zabiegów nawozowych Number of fertilizers practices | 7 | 7 | 7 |
| Dawka azotu (kg·ha ⁻¹) Nitrogen dose (kg·ha ⁻¹) | 57,7 | 31,7 | 39,7 |
| Liczba zabiegów nawadniania Number of irrigation practices | 20 | 9 | 21 |
| Dawka wody (mm) Water dose (mm) | 110,3 | 20,0 | 68,9 |
| Opady maj-wrzesień (mm) Rainfall May-September (mm) | 278,1 | 420,1 | 304,9 |
| Woda ogółem (mm) Total water (mm) | 388,4 | 440,1 | 373,8 |
| N-mineralny w warstwie gleby 0-60 cm (kg·ha ⁻¹) N-mineral in soil layer 0-60 cm (kg·ha ⁻¹) | 67,1 | 40,9 | 61,6 |
| Plon świeżej masy poplonu gorczycy (t·ha ⁻¹) Yield of fresh mass mustard aftercrop (t·ha ⁻¹) | 5,2 | 36,7 | 28,4 |

Ziemniaki średnio wczesnej odmiany Triada wysadzano ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75 x 33 cm. Na każdą kombinację nawozową składały się 4 powtórzenia polowe, a wielkość pojedynczego poletka stanowiła powierzchnię 56,4 m². Zbiór przeprowadzono w II dekadzie września (rok 2007), III dekadzie września (rok 2006) i I dekadzie października (rok 2008) przy użyciu kopaczki przenośnikowej. Podczas zbioru określano wielkość plonu bulw z każdego poletka oraz pobierano 5-kilogramowe próby w celu oznaczenia struktury plonu bulw, zawartości skrobi i azotanów oraz wad zewnętrznych bulw (deformacje, zazielenienia, porażenie parchem zwykłym). Strukturę plonu

oznaczono wagowo na podstawie procentowego udziału bulw w plonie (frakcje poniżej 3,5 cm; od 3,5 do 5,0 cm; od 5,0 do 6,0 cm i powyżej 6,0 cm). Zawartość skrobi oznaczono metodą hydrostatyczną na wadze elektronicznej. Zawartość azotanów w świeżej masie bulw oznaczano, stosując kolorymetryczną metodę z wykorzystaniem reakcji Griessa. Efektywność zastosowanego azotu obliczono z podzielenia różnicy plonu bulw pomiędzy obiektem nawożonym i kontrolą przez dawkę azotu. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, określając istotność różnic na poziomie ufności $p = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Dodatni efekt nawadniania na wielkość plonu bulw uzyskano w latach 2006 i 2008 bardziej niedoborowych pod względem opadów w okresie wegetacji niż rok 2007, co potwierdziło zasadę, że przy dłuższym okresie niedoboru opadów naturalnych wzrasta efekt stosowania dodatkowych zabiegów nawadniających plantacji ziemniaków [Chotkowski i in. 1997]. Niezależnie od lat badań stwierdzono, że plon bulw uzyskany po zastosowaniu azotu w dawkach $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{N}$ w warunkach nienawadnianych był wyższy odpowiednio o 21,5% i 38% w porównaniu do obiektu kontrolnego (tab. 4).

Tabela 4. Wpływ lat badań i kombinacji nawozowych na plon bulw ziemniaka ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Table 4. The influence years and fertilizer objects on the yield of potato tubers ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)

| Lata Years | Kombinacje / Objects | | | | | | Średnio Mean |
|--|----------------------|------|------|------|------|------|-----------------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 2006 | 27,0 | 33,0 | 37,6 | 48,8 | 47,7 | 51,2 | 40,8 |
| 2007 | 18,4 | 23,1 | 23,9 | 23,3 | 23,0 | 24,0 | 22,6 |
| 2008 | 38,4 | 45,9 | 54,3 | 51,2 | 53,3 | 58,8 | 50,3 |
| Średnio/Mean | 27,9 | 33,9 | 38,5 | 41,1 | 41,3 | 44,6 | |
| NIR _{0,05} /LSD _{0,05} | 2,1 | | | | | | 1,9 |

Istotnie najwyższy plon bulw spośród analizowanych kombinacji uzyskano po zastosowaniu dawki $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{N}$ w warunkach nawadniania. Różnica w plonie bulw pomiędzy kombinacjami: kontrolną a nawadnianą z dawką azotu $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ stanowiła 60%. Wyniki uzyskane przez Rębarz i Borówczaka [2006] wykazały, że przyrost plonu bulw pod wpływem nawadniania deszczującego wahał się od około 15 do około 88%, a średnio w czteroletnim cyklu badań stanowił $8,07 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, czyli 34,9%. Wysokie przyrosty plonu bulw ziemniaków ($13,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) pod wpływem nawadniania deszczującego przedstawili Chmura i in. [2006]. W badaniach Mazurczyka i in. [2006] uzyskano bardzo korzystny efekt nawadniania kropłowego w odniesieniu do plonu bulw. Różnica w plonie bulw

między obiektem kontrolnym a obiektem, na którym zastosowano nawadnianie stanowiła $15,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, czyli 53,4%, zaś w odniesieniu do obiektu nawadnianego w połączeniu z azotem zastosowanym w formie płynnej (fertygacja) wzrosła do $26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, co stanowiło 88%.

W przeprowadzonych badaniach różnica w plonie pomiędzy kontrolą a kombinacją z wykorzystaniem programu nawozowego DSS stanowiła $13,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, czyli 47,3%, a plon bulw uzyskany na kombinacji z zastosowaniem azotu w formie fertygacji był podobny jak na kombinacji nawadnianej z zastosowaniem dawki azotu $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w formie stałej, co świadczy o znacznie większej efektywności azotu zastosowanego w formie płynnej niż stałej. Efektywność azotu zastosowanego w formie fertygacji w odniesieniu do uzyskanej masy bulw była około 4-krotnie wyższa w porównaniu do kombinacji nienawadnianych oraz około 2-krotnie wyższa w przypadku kombinacji nawadnianych (tab. 5).

Tabela 5. Wpływ lat badań i kombinacji nawozowych na efektywność zastosowanego azotu (kg bulw na 1 kg N)

Table 5. The influence of years and fertilizer objects on efficiency nitrogen applied (kg tubers per 1 kg N)

| Lata Years | Kombinacje / Objects | | | | | Średnio Mean |
|---------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----------------|
| | B | C | D | E | F | |
| 2006 | 60 | 71 | 378 | 207 | 161 | 175 |
| 2007 | 47 | 37 | 154 | 46 | 37 | 64 |
| 2008 | 75 | 106 | 322 | 149 | 136 | 158 |
| Średnio/Mean | 61 | 71 | 285 | 134 | 111 | |

W badaniach Rębarz i Borówcza [2006] efektywność 1 kg azotu w podobnym do badań własnych przedziale dawek, czyli $60\text{--}120$ i $60\text{--}180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N w warunkach deszczowania wyniosła od około 104 do 76 kg bulw, a w wariancie niedeszczowanym była około 3-krotnie mniejsza. We wcześniejszych badaniach własnych [Trawczyński 2006] wykazano, że efektywność azotu w przypadku ziemniaków uprawianych na oborniku w połączeniu z nawadnianiem kroplującym i fertygacją stanowiła około 170 kg bulw na 1 kg zastosowanego azotu, podczas gdy w warunkach stosowania jedynie obornika wyniosła 71 kg bulw na 1 kg N. Większą efektywność azotu przy korzystnych warunkach wilgotnościowych potwierdzili również Koszański [1991], Peszek i Rolbiecki [1992], Gładysiak i Borówcza [1996].

Korzystne oddziaływanie zabiegów nawadniających przejawiało się również wzrostem udziału frakcji handlowej bulw w plonie, a szczególnie bulw dużych o średnicy powyżej 60 mm (tab. 6). Udział frakcji bulw dużych w plonie

(powyżej 60 mm) pochodzących z kombinacji nienawadnianych stanowił średnio 37%, zaś udział tej frakcji w plonie w warunkach nawadniania zwiększył się o 7%, a po zastosowaniu fertygacji o 9%. Szczególnie duży zanotowano procentowy udział w plonie bulw o średnicy powyżej 60 mm w trzecim roku badań (tab. 6).

Tabela 6. Wpływ lat badań i kombinacji nawozowych na strukturę plonu bulw (% wagowe)

Table 6. The influence of years and fertilizer objects on tubers yield structure (% by weight)

| Kombinacje i lata Objects and years | Procentowy udział bulw frakcji w mm /Percentage share of tubers fraction in mm | | | |
|--|---|-----------|-----------|-----------|
| | >35 | 35-50 | 50-60 | <60 |
| A 2006 | 3 | 40 | 25 | 7 |
| 2007 | 4 | 41 | 42 | 13 |
| 2008 | 1 | 9 | 29 | 60 |
| Średnio/Mean | 3 | 30 | 32 | 35 |
| B 2006 | 2 | 32 | 29 | 11 |
| 2007 | 4 | 38 | 41 | 17 |
| 2008 | 1 | 9 | 31 | 60 |
| Średnio/Mean | 3 | 26 | 34 | 37 |
| C 2006 | 2 | 34 | 28 | 11 |
| 2007 | 3 | 36 | 43 | 19 |
| 2008 | 1 | 9 | 27 | 64 |
| Średnio/Mean | 2 | 26 | 33 | 39 |
| D 2006 | 1 | 18 | 25 | 31 |
| 2007 | 3 | 28 | 48 | 22 |
| 2008 | 1 | 11 | 27 | 60 |
| Średnio/Mean | 2 | 19 | 33 | 46 |
| E 2006 | 1 | 16 | 26 | 32 |
| 2007 | 2 | 38 | 39 | 21 |
| 2008 | 1 | 6 | 29 | 64 |
| Średnio/Mean | 1 | 20 | 31 | 39 |
| F 2006 | 1 | 14 | 28 | 32 |
| 2007 | 4 | 36 | 38 | 22 |
| 2008 | 1 | 7 | 28 | 64 |
| Średnio/Mean | 2 | 19 | 31 | 48 |

Wzrost udziału bulw dużych w plonie (średnica powyżej 60 mm) od 10 do 15% na kombinacjach nawadnianych metodą kropłową w połączeniu z fertygacją w porównaniu do kombinacji nienawadnianych wykazała również Zarzyńska [2006]. W badaniach Rębarz i Borówcza [2006] zwiększenie dawek azotu w warunkach deszczowania spowodowało zmniejszenie udziału w plonie frakcji bulw o średnicy poniżej 3 cm, 3–4 cm i 4–6 cm oraz zwiększyło udział frakcji powyżej 6 cm. Głuska [1996] stwierdziła, że nawadnianie zwiększyło

szą plon całkowity, a przyrost ten odbywa się poprzez zwiększenie udziału frakcji bulw dużych i podkreśliła, że w średnim przyroście plonu wynoszącym $5\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, aż $4,2\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ stanowiły bulwy duże (o średnicy powyżej 5 cm).

Zawartości azotanów i skrobi w świeżej masie bulw były zróżnicowane zarówno w obrębie badanych lat, jak i poszczególnych kombinacji. Na kombinacjach nawadnianych stwierdzono istotnie mniejszą zawartość azotanów w bulwach w porównaniu do kombinacji nienawadnianych (tab. 7). Większa zawartość azotanów w bulwach w warunkach niedoboru wody i pod wpływem wzrostu nawożenia azotem znalazła potwierdzenie w literaturze przedmiotu [Lis 1996; Machnacki 1998]. W badaniach Rębarz i Borówczaka [2006] deszczowanie obniżyło zawartość azotanów w bulwach z $59,3$ do $44,2\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy.

Tabela 7. Wpływ lat badań i kombinacji nawozowych na zawartość azotanów w bulwach ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. masy)

Table 7. The influence of years and fertilizer objects on the nitrates content in tubers ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ fresh mass)

| Lata Years | Kombinacje / Objects | | | | | | Średnio Mean |
|---------------------------------------|-------------------------|-------|-------|------|------|------|-----------------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 2006 | 62,3 | 112,4 | 119,1 | 28,4 | 22,1 | 47,8 | 65,3 |
| 2007 | 6,1 | 27,3 | 61,4 | 5,8 | 31,3 | 61,2 | 32,1 |
| 2008 | 42,0 | 60,0 | 63,0 | 24,0 | 25,0 | 34,0 | 41,3 |
| Średnio/Mean | 36,8 | 66,5 | 81,1 | 19,4 | 26,1 | 47,7 | |
| $\text{NIR}_{0,05}/\text{LSD}_{0,05}$ | 40,6 | | | | | | 28,7 |

W odniesieniu do zawartości skrobi wykazano istotne jej obniżenie w bulwach pochodzących z kombinacji nienawadnianych po zastosowaniu dawek 100 i $150\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N w porównaniu do pozostałych kombinacji (tab. 8). W warunkach nawadniania i nawożenia azotem w formie stałej jak i płynnej wykazano, że zawartość skrobi w bulwach nie różniła się istotnie w porównaniu do obiektu kontrolnego. W badaniach wykazuje się na ogół obniżenie zawartości skrobi w bulwach pod wpływem nawadniania [Grześkiewicz, Wierzejska 1980; Głuska 2000; MacKerron 1990; Rębarz, Borówczak 2006]. Analizując poszczególne lata badań, wykazano, że największą zawartość azotanów w bulwach wykazano w pierwszym roku, w którym zanotowano największy niedobór opadów w okresie wegetacyjnym, a najbardziej sprzyjającym kumulacji skrobi był trzeci rok badań, ciepły i umiarkowanie wilgotny.

Tabela 8. Wpływ lat badań i kombinacji nawozowych na procentową zawartość skrobi w bulwach**Table 8.** The influence of years and fertilizer objects on the percentage content of starch in tubers

| Lata Years | Kombinacje / Objects | | | | | | Średnio Mean |
|--|----------------------|------|------|------|------|------|-----------------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 2006 | 11,0 | 10,7 | 10,4 | 12,7 | 12,9 | 13,2 | 11,8 |
| 2007 | 14,0 | 13,9 | 12,7 | 14,2 | 13,8 | 13,0 | 13,6 |
| 2008 | 15,8 | 14,8 | 14,8 | 14,6 | 15,5 | 14,9 | 15,0 |
| Średnio/Mean | 13,6 | 13,1 | 12,6 | 13,8 | 14,0 | 13,7 | |
| NIR _{0,05} /LSD _{0,05} | 0,3 | | | | | | 0,2 |

Spośród analizowanych wad wpływających na wygląd zewnętrzny wykazano największy udział bulw zdeformowanych od 14,8 do 28,6%, następnie porażonych parchem zwykłym od 4,0 do 11,6%, zaś najmniejszy był udział bulw zazieleniałych i wahał się od 2,4 do 3,9% (tab. 9). Natomiast oceniając wygląd zewnętrzny bulw pochodzących z poszczególnych kombinacji wykazano, że głównie nawadnianie istotnie wpływało na ograniczenie udziału bulw zdeformowanych oraz porażonych parchem zwykłym. Z kombinacji nawadnianych udział bulw zdeformowanych w plonie zmniejszył się średnio o około 10%, a udział bulw porażonych parchem zwykłym średnio o 5% w stosunku do kombinacji nienawadnianych. Udział bulw zazieleniałych w plonie nie różnił się istotnie w obrębie analizowanych kombinacji. Generalnie najmniejszy udział bulw z wadami zewnętrznymi stwierdzono w drugim roku badań, najbardziej wilgotnym. Uzyskane w tym aspekcie wyniki badań znalazły pełne potwierdzenie w literaturze [Goffart i in. 1996; Szutkowska 1998; Głuska 2000].

Badania udowodniły, że kroplowy system nawadniania jest rentowny w produkcji ziemniaka, ale jego mankamentem są duże koszty inwestycyjne [Nowacki 2006]. Z uwagi jednak na oszczędności wody i nawożenia należy oczekiwać, że w przyszłości system nawadniania kroplowego oraz fertygacja będą podstawą precyzyjnej technologii uprawy ziemniaka.

Tabela 9. Wpływ lat badań i kombinacji nawozowych na procentowy udział wad zewnętrznych bulw (% wagowe)**Table 9.** The influence of years and fertilizer objects on the percentage share of outside tubers faults (% by weight)

| Cecha Feature | Lata Years | Kombinacje / Objects | | | | | | Średnio Mean |
|---|---------------|----------------------|------|------|------|------|------|-----------------|
| | | A | B | C | D | E | F | |
| Deformacje Deformations | 2006 | 35,9 | 32,5 | 31,5 | 16,9 | 16,3 | 12,1 | 24,2 |
| | 2007 | 14,5 | 16,6 | 13,1 | 9,0 | 8,0 | 11,3 | 12,1 |
| | 2008 | 35,5 | 26,2 | 26,0 | 26,9 | 21,7 | 21,0 | 26,2 |
| Średnio / Mean | | 28,6 | 25,1 | 23,5 | 17,6 | 15,3 | 14,8 | |
| NIR _{0,05} / LSD _{0,05} | | 3,5 | | | | | | 2,8 |
| Zazielenienia Greens | 2006 | 4,1 | 3,5 | 3,8 | 3,1 | 3,7 | 3,3 | 3,6 |
| | 2007 | 2,7 | 2,8 | 2,1 | 2,0 | 0,9 | 1,3 | 2,0 |
| | 2008 | 3,3 | 5,5 | 3,6 | 2,1 | 3,6 | 4,3 | 3,7 |
| Średnio / Mean | | 3,4 | 3,9 | 3,2 | 2,4 | 2,7 | 3,0 | |
| NIR _{0,05} / LSD _{0,05} | | r. n. n. s. | | | | | | 1,0 |
| Parch zwykły Common scab | 2006 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 2007 | 4,6 | 11,1 | 10,7 | 7,5 | 6,3 | 0,0 | 6,7 |
| | 2008 | 14,6 | 12,2 | 8,4 | 2,3 | 7,6 | 8,1 | 8,9 |
| Średnio / Mean | | 9,6 | 11,6 | 9,6 | 4,9 | 6,9 | 4,0 | |
| NIR _{0,05} / LSD _{0,05} | | 3,3 | | | | | | 0,7 |
| Suma wad Faults sum | 2006 | 40,0 | 36,1 | 35,3 | 20,0 | 20,0 | 15,5 | 27,8 |
| | 2007 | 21,9 | 30,6 | 26,0 | 18,6 | 15,3 | 12,6 | 20,8 |
| | 2008 | 53,5 | 44,0 | 38,1 | 31,3 | 32,9 | 33,6 | 38,9 |
| Średnio / Mean | | 38,5 | 36,9 | 33,1 | 23,3 | 22,7 | 20,5 | |
| NIR _{0,05} / LSD _{0,05} | | 4,3 | | | | | | 3,2 |

WNIOSKI

1. Na kombinacji nawadnianej kropłowo z wykorzystaniem programu nawozowego DSS uzyskano plon bulw wyższy o 47,3% niż na kombinacji kontrolnej (bez nawożenia i nawadniania).

2. Efektywność azotu w formie fertygacji w połączeniu z nawadnianiem kropłowym była około 4-krotnie wyższa niż w warunkach nienawadnianych i około 2-krotnie wyższa w porównaniu do kombinacji nawadnianych kropłowo z zastosowaniem dawek azotu 100 i 150 kg·ha⁻¹.

3. W warunkach nawadniania wykazano wzrost udziału bulw dużych w plonie o 7%, a po zastosowaniu azotu w formie fertygacji o 9% w stosunku do kontroli.

4. Na kombinacjach nawadnianych stwierdzono istotnie mniejszą zawartość azotanów w bulwach niż na kombinacjach nienawadnianych.

5. Zawartość skrobi w bulwach nie różniła się istotnie w warunkach nawadniania po zastosowaniu azotu zarówno w formie stałej, jak i płynnej w porównaniu do kontroli.

6. Nawadnianie w istotny sposób obniżyło udział w plonie bulw zdeformowanych oraz porażonych parchem zwykłym.

BIBLIOGRAFIA

- Chmura K., Dmowski Z., Nowak L. *Znaczenie nawadniania w produkcji roślinnej*. Mat. Seminarium „Nowoczesne nawożenie i nawadnianie ziemniaka uwzględniające ochronę środowiska oraz jakość plonu bulw”. IHAR Oddział Jadwisin, Warszawa 2006, s. 10–18.
- Chotkowski J. *Uprawa ziemniaków w warunkach nawadniania*. Produkcja ziemniaków. Technologia-Ekonomika-Marketing. Pr. zbiorowa, wyd. 2 1997, s. 125–139.
- Gładysiak S., Borówczak F. *Wpływ pogody, deszczowania i nawożenia azotowego na plon ziemniaków w wieloletnich doświadczeniach w warunkach Wielkopolski*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 438, 1996, s. 53–60.
- Głuska A. *Agrotechnika ziemniaka na plantacjach nawadnianych*. Instrukcja wdrożeniowa nr 1/96. IZ Bonin 1996, s. 40.
- Głuska A. *Nawadnianie jako czynnik kształtujący jakość plonu ziemniaków*. Biul. IHAR nr 231, 2000, s. 179–184.
- Goffart J., Collin J., Ryckmans D. *Control of common scab of potato tubers by irrigation and secondary effects on the crop in Belgium Loam soils*. Abstr. 13th EAPR Conf. Veldhoven. 1996, s. 255–256.
- Grzeškiewicz H., Wierzejska A. *Wpływ nawadniania i nawożenia azotem na plon i niektóre cechy jakości ziemniaków*. Biul. Inst. Ziem. 25, 1980, s. 77–93.
- Haverkort A. J., MacKerron D. K. L. *Management of nitrogen and water in potato production*. Wageningen. Pres. 2000, s. 353.
- Koszański Z. *Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plonowanie roślin uprawnych w zmianowaniu na glebie kompleksu żytniego i pszennego dobrego*. Zesz. Nauk. AR Szczec., 1991, Rozpr. 133. s. 130.
- Lis B. *Wpływ długości okresu wegetacji odmian i nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 440, 1996, s. 217–221.
- Łuszczak K. *Systemy nawadniania ziemniaków*. Ziem. Pol. nr 2 2004, s. 16–19.
- Machnacki M. *Wpływ nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach wczesnych ziemniaków zbieranych w trzech terminach*. Fragm. Agronom. 3(59), 1998, s. 80–89.
- MacKerron D. K. L. *Timing of irrigation in relation to yield and quality of potatoes*. Irrigating Potatoes-UKIA Technical Monograph 2, 1990, s. 54–60.
- Mazurczyk W., Głuska A., Trawczyński C., Nowacki W., Zarzyńska K. *Optymalizacja nawadniania plantacji ziemniaka (FertOrgaNic) za pomocą metody kroplowej oraz systemu DSS*. Rocz. AR Pozn. CCCLXXX Rolnictwo 66, 2006, s. 235–241.
- Nowacki W. *Technologiczno-ekonomiczna efektywność stosowania systemu kroplującego w uprawie ziemniaka*. Mat. Seminarium „Nowoczesne nawożenie i nawadnianie ziemniaka uwzględniające ochronę środowiska oraz jakość plonu bulw”. IHAR Oddział Jadwisin, Warszawa 2006, s. 39–45.
- Peszek J., Rolbiecki S. *Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plonowanie ziemniaków jadalnych uprawianych na glebie bardzo lekkiej*. Zesz. Nauk. AT-R Bydg. 180, 32, 1992, s. 83–90.
- Rębarz K., Borówczak F. *Wpływ deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotowego na jakość ziemniaków odmiany Bila*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 511, 2006, s. 287–299.
- Rębarz K., Borówczak F. *Produkcyjne i ekonomiczne efekty różnej intensywności uprawy ziemniaków odmiany Bila*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 511, 2006, s. 469–479.

- Rębarz. K., Borówczak F. *Wpływ deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotowego na wielkość bulw, plon handlowy i występowanie strat w czasie przechowywania ziemniaków*. Roczn. AR Pozn. CCCLXXX Rolnictwo 66, 2006, s. 305–313.
- Szutkowska M. *Porażanie się bulw ziemniaka parchem zwykłym zależnie od warunków wilgotnościowo-termicznych i składu granulometrycznego gleby*. *Fragm. Agronom.* 2 (58), 1998, s. 106–119.
- Trawczyński C. *Intensywne nawożenie plantacji ziemniaków*. Podręcznik Producenta Ziemniaków. IHAR Oddział Jadwisin 2002, s. 21–25.
- Trawczyński C. *Integrowana produkcja ziemniaków–Nawożenie*. IHAR Oddział Jadwisin 2005, s. 26.
- Trawczyński C. *Precyzyjne nawadnianie i nawożenie ziemniaka w oparciu o program DSS (Decision Support System)*. *Mat. Seminarium „Nowoczesne nawożenie i nawadnianie ziemniaka uwzględniające ochronę środowiska oraz jakość plonu bulw”*. IHAR Oddział Jadwisin, Warszawa 2006, s. 23–30.
- Zarzyńska K. *Wpływ precyzyjnej fertygacji na rozwój roślin, plon i jakość bulw ziemniaka*. *Mat. Seminarium „Nowoczesne nawożenie i nawadnianie ziemniaka uwzględniające ochronę środowiska oraz jakość plonu bulw”*. IHAR Oddział Jadwisin, Warszawa 2006, s. 31–38.

Dr Cezary Trawczyński
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Oddział Jadwisin
ul. Szaniawskiego 15
05-140 Serock
tel. 022 782 66 20
e-mail: c.trawczynski@ihar.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Rolbiecki*