



**ROLA DESZCZOWANIA I ZRÓŻNICOWANEGO
NAWOŻENIA AZOTEM W KSZTAŁTOWANIU PŁONU
ZIEMNIAKA WCZESNEGO ODMIANY ‘DOROTA’
NA GLEBIE LEKKIEJ W REJONIE BYDGOSZCZY**

Czesław Rzekanowski, Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im.J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy

***INFLUENCE OF SPRINKLER IRRIGATION
AND DIFFERENTIATED NITROGEN FERTILIZATION
ON YIELDS OF EARLY POTATO CV. ‘DOROTA’ ON THE SOIL
OF WEAK RYE COMPLEX IN THE REGION OF BYDGOSZCZ***

Streszczenie

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2005-2007 na glebie bardzo lekkiej w Kruszynie Krajeńskim koło Bydgoszczy. Badano w nim wpływ deszczowania i zróżnicowanego nawożenia azotem na plonowanie ziemniaka wczesnego odmiany ‘Dorota’. Założono je jako dwuczynnikowe. Czynnikiem pierwszego rzędu było deszczowanie w wariantach: W_0 - bez nawadniania (kontrola), W_1 - deszczowanie, a drugiego rzędu zróżnicowane nawożenie azotem: $N_0 = 0$, $N_1 = 40$, $N_2 = 80$ i $N_3 = 120$ kg N·ha⁻¹. Ziemniaki uprawiano na pełnej dawce obornika (40 Mg·ha⁻¹), nawożenie fosforowo-potasowe było stosowane zależnie od zasobności gleby, jednakowo na wszystkich poletkach.

Średni plon zebrany na poletkach kontrolnych (bez nawadniania) wyniósł 14,41 t·ha⁻¹. Niższe plony, w zakresie 8,75-11,83 t·ha⁻¹, zanotowano w pierwszych dwóch latach badań o opadach 161-230 mm, wyższe natomiast (22,66 t·ha⁻¹) - w roku 2007, cechującym się największymi w okresie wegetacji ziemniaka opadami (323 mm). Zastosowanie deszczowania wpłynęło na istotny wzrost plonów, średnio do 28 t·ha⁻¹. Uzyskany dzięki nawadnianiu przyrost wynosił 13,59 t·ha⁻¹, co stanowiło 94 %. Wyższe przyrosty plonów (rzędu 15,03-17,99 t·ha⁻¹ - tj. 127-171%) zanotowano w pierwszych dwóch latach badań o niższych opadach w okresie wegetacji, a niższe efekty produkcyjne (7,78 t·ha⁻¹, tj. 34,3%) przyniosło deszczowanie w roku o największych opadach.

Nawożenie azotem na poletkach kontrolnych było efektywne jedynie w ostatnim, wilgotnym roku badań. Wystąpiło natomiast istotne współdziałanie pomiędzy deszczowaniem i nawożeniem azotem w kształtowaniu plonu handlowego ziemniaka. Wzrastające dawki azotu powodowały w warunkach deszczowania istotny wzrost plonu, tj. średnio dla trzech lat $32,17 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Najwyższy plon w warunkach nawadniania zanotowano przy nawożeniu $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (N_3).

Średni z trzech lat przyrost plonu uzyskany dzięki deszczowaniu wyniósł $11,61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ przy dawce $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, $16,01 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ przy $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $16,69 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ przy $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Produktowność 1 mm rozdeszczowanej wody zwiększała się wraz z rosnącym nawożeniem azotem (do dawki $80 \text{ N}\cdot\text{ha}^{-1}$), i średnio dla trzech lat oraz dawki 40, 80 i $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ wynosiła: 113,4; 127,2 i $126,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$.

Słowa kluczowe: dawki azotu, nawadnianie, ziemniak wczesny

Summary

The experiment was conducted was in the years 2005-2007 on the very light soil in Kruszyn Krajeński near Bydgoszcz. The influence of sprinkler irrigation and the differentiated nitrogen fertilization on yields of early potato cv. 'Dorota' was studied. This experiment was established as a two-factorial trial. The first-row factor was sprinkling irrigation applied in two variants: W_0 - without irrigation (control), W_1 - sprinkling irrigation. The second row factor – differentiated nitrogen fertilization, was used in the four following variants (doses): $N_0 = 0 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, $N_1 = 40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, $N_2 = 80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, $N_3 = 120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Potatoes were fertilized with the full dose of manure, the fertilization with P and K was uniform on all the plots, and it was applied in relation to the soil fertility.

The mean yield harvested on control plots (without irrigation) amounted on average $14,41 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Smaller yields, in range $8,75$ - $11,83 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, were noted in the first two years of study which were characterized by lower rainfall (161 - 230 mm), higher yields ($22,66 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) - in year 2007 that was characterized by the highest rainfall (323 mm) in the vegetation period of the potatoes. The use of irrigation significantly increased the yields, on average to level $28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. The yield increase, obtained thanks to irrigation, amounted $13,59 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (94 %). The higher increases of yields (in the range $15,03$ - $17,99 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ – i.e. 127 %) were noted in the first two years of investigation with lower rainfall during the vegetation period, and the lowest productive results ($7,78 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, i.e. 34,3%) the irrigation caused in the year characterized by the highest rainfall.

The nitrogen fertilization was effective on control plots only in case of the last, wet year of investigations. Significant interaction of sprinkler irrigation and nitrogen fertilization in formation of potato marketable yields was observed. The increasing doses of nitrogen caused - in conditions of irrigation – significant yield increase, which amounted, on average for three years $32,17 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. The highest yield was noted on plots fertilized with dose $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (N_3).

Average from three years, the increase of yield obtained thanks to irrigation amounted $11,61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ with dose $40 \text{ kg the N}\cdot\text{ha}^{-1}$, $16,01 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ with dose $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, and $16,69 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ with dose $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. The higher was nitrogen dose, the higher was productivity of 1 mm of water from irrigation. This productivity, on average or the three years, amounted: 113,4, 127,2 and $126,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$, for the nitrogen doses: 40, 80 and $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectively.

Key words: irrigation, nitrogen dose, yearly of potato

WSTĘP

Warunki klimatyczno-glebowe Polski sprzyjają uprawie ziemniaka, należącego do najważniejszych roślin uprawianych w naszym kraju [Nowak 2006]. Ocenia się, że wczesne odmiany ziemniaka dają najwyższe plony – niezależnie od strefy uprawy – przy opadach w okresie wegetacji, mieszczących się w zakresie 250-350 mm [Nowak 1989]. Potrzeby opadowe ziemniaka zależą od zwięzłości gleby, bowiem przy opadach niższych od optymalnych, największy spadek plonów występuje na glebach lekkich. Największy niedobór opadów dla ziemniaka występuje w pasie Wielkich Dolin [Nowak 1989, 2006], wynosząc w latach suchych od 105 do 120 mm.

Problem niedostatku wody dla ziemniaka może rozwiązać zastosowanie nawodnień deszczownianych, które w połączeniu z odpowiednim nawożeniem mineralnym jest w uprawie tej rośliny bardzo efektywne [Dzieżyc1988, Gładysiak i Borówczak 1996, Chmura i Rojek 2001, Nowak 2001]. Największe przyrosty plonów wskutek tego zabiegu notuje się zwłaszcza na glebie bardzo lekkiej, w rejonie o niskich opadach atmosferycznych w okresie wegetacji [Grabarczyk i in. 1992]. To, że przyrost plonów ziemniaków deszczowanych zależy od kategorii ciężkości gleb potwierdza Nowak [2006], w syntezie wskazując, że deszczowanie podnosiło plony ziemniaków średnio wczesnych o 8,1 t·ha⁻¹ (30%) na glebach lekkich, 4,1 t·ha⁻¹ (15%) na glebach średnich i 2,0 t·ha⁻¹ (7%) na glebach ciężkich.

Celem badań było określenie efektywności produkcyjnej deszczowania ziemniaka odmiany 'Dorota', uprawianego na glebie bardzo lekkiej w Kruszynie Krajeńskim koło Bydgoszczy.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w latach 2005-2007 na czarnej ziemi wytworzonej z piasku aluwialnego, zaliczanej do podtypu czarna ziemia zbrunatniała. Gleba ta wykazywała bardzo małą zdolność retencji wody glebowej. Mogła ona przy uwilgotnieniu w stanie połowej pojemności wodnej (pF 2,0) zatrzymać w profilu glebowym (0 – 150 cm) 792,6 Mg·ha⁻¹ wody. Zawartość wody dostępnej dla roślin (PRU) wynosiła 537,8 Mg·ha⁻¹, co w przeliczeniu na cały profil daje warstwę wody 54 mm, w tym wody łatwo dostępnej (ERU) 32 mm [Rolbiecki i in. 2007].

Doświadczenie założono jako dwuczynnikowe w układzie zależnym *split-plot*, w trzech powtórzeniach. Czynnikiem pierwszego rzędu było nawadnianie zastosowane w dwóch wariantach: W_0 – bez deszczowania (kontrola), W_1 – deszczowanie w oparciu o tensjometry (nie dopuszczano do spadku potencjału wody w glebie poniżej -0,03 MPa). Czynnikiem drugiego rzędu było zróżnicowane nawożenie azotowe: $N_0 = 0$, $N_1 = 40$, $N_2 = 80$ - i $N_3 = 120$ kg N na ha⁻¹

(saletra amonowa 34%). Ziemiaki uprawiano na pełnej dawce obornika ($35 \text{ Mg}\cdot\text{t}^{-1}$) wnoszonego do gleby jesienią. Nawożenie fosforowo-potasowe w dawkach: 100 kg P_2O_5 w postaci superfosfatu potrójnego (46%) i 150 K_2O w postaci soli potasowej (55%) było stosowane zależnie od zasobności gleby, jednakowo na wszystkich poletkach. Do plonu handlowego zaliczano bulwy w trzech grupach rozmiarowych: <4, 4-6 i >6 cm, czyli tę część plonu ogólnego, która odpowiadała standardom handlowym ziemniaka jadalnego zawartym w Rozporządzeniu MRiRW (Dz.U. nr 199, poz. 1900 z dnia 29.10.2003 r.).

Tabela 1. Temperatury powietrza i opady atmosferyczne w Kruszyńskim Krajeńskim na tle średnich wieloletnich w Bydgoszczy oraz sezonowe dawki nawodnieniowe ziemniaków ‘Dorota’

Table. 1. Air temperatures and precipitations in Kruszyn Krajeński compared to long-term values in Bydgoszcz and seasonal rates of irrigation for potatoes of ‘Dorota’

| Lata / Years | Miesiące / Months | | | | |
|--|-------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | V | VI | VII | VIII | V-VIII |
| Temperatury powietrza (°C) / Air temperatures (°C) | | | | | |
| 2005 | 12,2 | 14,9 | 19,4 | 16,3 | 15,7 |
| 2006 | 12,5 | 16,8 | 22,4 | 16,6 | 17,1 |
| 2007 | 13,8 | 18,2 | 18,0 | 17,8 | 17,0 |
| 2005-2007 średnio / mean | 12,8 | 16,6 | 19,9 | 16,9 | 14,8 |
| Norma / Long-term value | 13,1 | 16,0 | 18,5 | 17,9 | 14,7 |
| Opady atmosferyczne (mm) / Rainfall (mm) | | | | | |
| 2005 | 69,5 | 30,7 | 40,2 | 20,9 | 161,3 |
| 2006 | 63,5 | 21,8 | 30,4 | 114,5 | 230,2 |
| 2007 | 49,1 | 103,4 | 111,3 | 59,2 | 323,0 |
| 2005-2007 średnio / mean | 60,7 | 52,0 | 60,6 | 64,9 | 238,2 |
| Norma / Long-term value | 40,2 | 52,4 | 63,1 | 60,0 | 215,7 |
| Dawki wody (mm) / Water rates (mm) | | | | | |
| 2005 | - | - | 120 | 50 | 170 |
| 2006 | - | - | 100 | 50 | 150 |
| 2007 | - | - | - | 40 | 40 |
| 2005-2007 średnio / mean | - | - | 73 | 47 | 120 |

Średnia temperatura powietrza okresu wegetacji ziemniaka (V-VIII) była najniższa w roku 2005 (15,7 °C), a w następnych dwóch sezonach przekraczała 17 °C (tab. 1). Suma opadów atmosferycznych w okresie wegetacji (V-VIII), średnio dla trzech lat, wyniosła 238,2 mm, wahając się od 161,3 mm (rok 2005) do 323,0 mm (2007). Sezonowe dawki nawodnieniowe mieściły się, zależnie od rozkładu opadów atmosferycznych, w przedziale od 40 mm (2007) do 170 mm (2005), przy średniej z trzech lat wartości 120 mm.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plon bulw ziemniaka odmiany 'Dorota' zebrany na poletkach kontrolnych (bez nawadniania) wyniósł, średnio dla okresu badań i poziomów nawożenia azotem $14,41 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 2). Mniejsze plony, w przedziale $8,75\text{-}11,83 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ zanotowano w charakteryzujących się niższymi opadami (161-230 mm) pierwszych dwóch latach badań, wyższe natomiast ($22,66 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) w 2007 r. - cechującym się najwyższymi w okresie wegetacji ziemniaka opadami (323 mm) roku 2007.

Zastosowanie deszczowania wpłynęło na istotny wzrost plonów, średnio dla okresu badań i dawek azotu do poziomu $28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Uzyskany dzięki nawadnianiu przyrost wynosił $13,59 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, czyli 94 %. Wyższe przyrosty plonów (rzędu $15,03\text{-}17,94 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, tj. 127-171%) zanotowano pierwszych dwóch latach badań o niższych opadach w okresie wegetacji, a najniższe efekty produkcyjne ($7,78 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, tj. 34,3%) przyniosło deszczowanie w roku o najwyższych opadach. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie we wcześniejszych ustaleniach innych autorów, odnoszących się jednak do odmian uprawianych w innych rejonach klimatycznych naszego kraju i z reguły na lepszych glebach [Gładysiak i Borówczak 1996, Chmura i Rojek 2001, Nowak 2001, Mazurczyk i in. 2006].

Według innych badań przeprowadzonych na tej samej glebie w latach 1986-2002 deszczowanie istotnie zwiększyło plony ziemniaków wczesnych, średnio do poziomu $26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ [Rzekanowski i in. 2004]. Wyższe plony w warunkach deszczowania zanotowano między innymi u odmian 'Albina', 'Bila' i 'Drop' ($27,2\text{-}37,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), niższe u - 'Orlik', 'Lotos' i 'Jaśmin' ($15,3\text{-}25,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Uzyskane dzięki nawadnianiu względne przyrosty plonów były wyższe u tych trzech ostatnich odmian (96-204 %), niższe zaś u 'Albina', 'Bila' i 'Drop' (41-85 %). Najwyższy ich zakres w warunkach deszczowania stwierdzono u odmiany 'Albina' (powyżej $37 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), która cechowała się także najwyższymi przyrostami plonów ($16,5\text{-}17,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) oraz największą efektywnością zastosowania wody ($220\text{-}231 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$).

Nawożenie azotem na poletkach kontrolnych było efektywne jedynie w ostatnim, wilgotnym roku badań. Wystąpiło natomiast istotne współdziałanie pomiędzy deszczowaniem i nawożeniem azotem w kształtowaniu plonu handlowego ziemniaka. Wzrastające dawki azotu powodowały w warunkach deszczowania istotny wzrost plonu, najwyższy zanotowano przy nawożeniu 120 kg N ha^{-1} (dawka N_3), i średnio dla trzech lat wyniósł on $32,17 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Średni z trzech lat przyrost plonu uzyskany dzięki deszczowaniu, wyniósł $11,61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ przy dawce 40 kg N ha^{-1} , $16,01 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ gdy podano $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $16,69 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ przy nawożeniu 120 kg N ha^{-1} . Zanotowany w wyniku deszczowania przyrost plonu pod wpływem nawożenia azotem jest zbieżny z wynikami NOWAKA [za Dżeżycem i Nowakiem 1993], który w przypadku odmian średnio wczesnych najwyższy przyrost w wysokości $18,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ uzyskał na glebach kompleksu żytniego słabe-

go, a wzrost dawki azotu do 150 kg·ha⁻¹ (N₂) nie przyniósł już istotnych korzyści plonotwórczych.

Tabela 2. Plon handlowy bulw ziemniaka odmiany ‘Dorota’ (t·ha⁻¹)
Table 2. Marketable yield of tubers cv. ‘Dorota’ (t·ha⁻¹)

| Warianty wodne/ Water variants | Warianty nawozowe/ Fertilization variants | Lata/ Years | | | Średnio/ Mean | | |
|-----------------------------------|--|---------------------|---------------|--------------|------------------|-------|-------|
| | | 2005 | 2006 | 2007 | | | |
| O | N ₀ | 7,72 | 8,75 | 17,94 | 11,47 | | |
| | N ₁ | 7,92 | 12,16 | 22,59 | 14,22 | | |
| | N ₂ | 9,10 | 12,21 | 23,61 | 14,97 | | |
| | N ₃ | 10,26 | 14,21 | 26,50 | 16,99 | | |
| | Średnio / Mean | 8,75 | 11,83 | 22,66 | 14,41 | | |
| W | N ₀ | 22,49 | 19,93 | 22,83 | 21,75 | | |
| | N ₁ | 25,68 | 25,99 | 31,83 | 27,83 | | |
| | N ₂ | 28,65 | 29,47 | 32,57 | 30,23 | | |
| | N ₃ | 29,94 | 32,04 | 34,53 | 32,17 | | |
| | Średnio / Mean | 26,69 | 26,86 | 30,44 | 28,00 | | |
| NIR _{0,05} | - czynnik I | LSD _{0,05} | - factor I | 4,676 | 4,738 | 1,514 | 5,985 |
| | - czynnik II | | - factor II | 3,762 | 4,346 | 4,166 | 3,127 |
| Interakcja | - czynnik II/I | Interaktion | - factor II/I | 5,320 | 4,582 | r.n. | 4,423 |
| | - czynnik I/II | | - factor I/II | 4,167 | 6,146 | r.n. | 4,450 |

Jednostkowa efektywność działania wody z nawodnień (*WUE*), średnio dla lat i dawek azotu, wyniosła 113,2 kg·ha⁻¹·mm⁻¹ (tab. 3) i zwiększała się wraz z rosnącym nawożeniem azotem. Podobną efektywność uzyskali dla wczesnych odmian Rzekanowski i in. [2006], omawiając wyniki badań z lat 1986-2002 wykonanych w rejonie Bydgoszczy, a blisko dwukrotnie niższe Borówczak i Rębarz [2006] w rejonie Poznania. W przypadku braku nawożenia N efektywność działania 1 mm wody wynosiła średnio dla lat blisko 85,7 kg bulw, a dla kolejnych dawek 40, 80 i 120 kg N·ha⁻¹ odpowiednio: 113,4, 127,2 i 126,5 kg·ha⁻¹·mm⁻¹.

Tabela 3. Produktywność 1 mm rozdeszczowanej wody (netto) w uprawie ziemniaka odmiany ‘Dorota’ (kg·ha⁻¹·mm⁻¹)

Table 3. Productivity of 1 mm sprinkled water (netto) in cultivation of potato cv. ‘Dorota’ (kg·ha⁻¹·mm⁻¹)

| Warianty nawozowe / Variants of fertilization | Lata / Years | | | Średnio / Mean |
|--|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| | 2005 | 2006 | 2007 | |
| N ₀ | 86,9 | 74,5 | 122,2 | 85,7 |
| N ₁ | 104,5 | 92,2 | 231,0 | 113,4 |
| N ₂ | 115,0 | 115,1 | 224,0 | 127,2 |
| N ₃ | 115,8 | 118,9 | 200,7 | 126,5 |
| Średnio / Mean | 105,5 | 100,2 | 194,7 | 113,2 |

Najwyższą jednostkową efektywność plonotwórczą deszczowania stwierdzono w ostatnim, wilgotnym roku badań (średnio $194,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$), w którym podano tylko dwie dawki wody po 20 mm. Wynikło to z faktu, że w pierwszej i drugiej dekadzie sierpnia spadło odpowiednio zaledwie 2,7 mm i 11 mm deszczu naturalnego. Nowak [2001] analizując doświadczenia z uprawą ziemniaków średnio wczesnych wykonane w latach 1974-1998 w rejonie Wrocławia informuje, że najwyższa wartość *WUE* występowała w latach suchych i średnio suchych, a w średnio wilgotnych i wilgotnych zdecydowanie malała (nawet czterokrotnie), podobnie jak i z przyrostami plonów. Te ostatnie jednak były dużo niższe niż w doświadczeniu w Kruszyńcu Krajeńskim.

Również wraz ze wzrostem dawek azotu, jednak w mniejszym zakresie, powiększała się jednostkowa efektywność działania wody brutto (opad + dawka wody), wynosząc średnio dla lat i dawek azotu $37,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ (tab. 4). W odróżnieniu jednak od efektywności netto, w tym przypadku największa efektywność wystąpiła w latach suchszych, a najmniejsza w roku mokrym.

Tabela 4. Produktywność 1 mm wody brutto (dawka wody + opad) w uprawie ziemniaka odmiany 'Dorota' ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$)

Table 4. Productivity of 1 mm water brutto (water dose + rainfall) in cultivation of potato cv. 'Dorota' ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$)

| Warianty nawozowe / Variants of fertilization | Lata / Years | | | Średnio / Mean |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------------|
| | 2005 | 2006 | 2007 | |
| N ₀ | 44,6 | 29,4 | 13,5 | 28,7 |
| N ₁ | 53,6 | 36,4 | 25,5 | 38,0 |
| N ₂ | 59,0 | 45,4 | 24,7 | 42,6 |
| N ₃ | 59,4 | 46,9 | 22,1 | 42,4 |
| Średnio /Mean | 54,2 | 39,5 | 21,5 | 37,9 |

Wyliczona produktywność 1 kg azotu wskazuje, że na obiektach nienawadnianych najwyższe efekty plonotwórcze spowodował ten pierwiastek w wilgotnym 2007 r. (tab. 5). W pierwszym roku badań (2005), najsuchszym z trzech, produktywność była czterokrotnie niższa. W drugim, bardziej wilgotnym (2006) oraz trzecim najwilgotniejszym (2007) ziemniaki dobrze reagowały na azot, podobnie jak w przypadku deszczowania, a najwyższe efekty plonotwórcze przyniosła w obu wariantach wodnych dawka 40 kg N ha^{-1} (N₁). Podobne efekty uzyskali też Peszek i Rolbiecki [1992], Gładysiak i Borówcak [1996] oraz Gładysiak i Grześ [2006].

Tabela 5. Produktyność 1 kg azotu w uprawie ziemniaka odmiany ‘Dorota’ (kg·kg·N⁻¹)**Table 5.** Productivity of 1 kg N in cultivation of potato cv. ‘Dorota’ (kg·kg·N⁻¹)

| Warianty wodne / Water variants | Warianty nawozowe / Fertilization variants | Lata / Years | | | Średnio/ Mean |
|------------------------------------|---|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | | 2005 | 2006 | 2007 | |
| O | N ₁ | 5,0 | 85,2 | 116,2 | 68,7 |
| | N ₂ | 17,2 | 43,2 | 70,9 | 43,7 |
| | N ₃ | 21,2 | 45,5 | 71,3 | 46,0 |
| | Średnio /Mean | 14,5 | 58,0 | 86,1 | 52,8 |
| W | N ₁ | 79,7 | 151,5 | 225,0 | 152,0 |
| | N ₂ | 59,7 | 119,5 | 121,7 | 106,0 |
| | N ₃ | 40,9 | 100,9 | 97,5 | 86,8 |
| | Średnio /Mean | 60,1 | 124,0 | 148,1 | 114,9 |

Wzrost plonu handlowego ziemniaka pod wpływem nawadniania następował głównie na skutek zwiększenia średniej masy pojedynczej bulwy (tab. 6) oraz poprawy jego struktury (tab. 7). Deszczowanie oraz wzrastające dawki azotu w istotny sposób powiększały w stosunku do kontroli nie tylko masę pojedynczej bulwy handlowej, ale zwiększały też udział w plonie bulw o średnicy powyżej 6 cm podobnie jak to miało miejsce w doświadczeniach Głuskiej [1989], Sobiecha i in. [1996] oraz Rębarza i Borówczaka [2006].

Tabela 6. Masa bulwy handlowej ziemniaka odmiany ‘Dorota’ (g)**Table 6.** Weight of a single marketable tuber of potato cv. ‘Dorota’ (g)

| Warianty wodne / Water variants | Warianty nawozowe / Fertilization variants | Lata / Years | | | Średnio/ Mean |
|------------------------------------|---|---------------------|---------------|--------------|------------------|
| | | 2005 | 2006 | 2007 | |
| O | N ₀ | 50,0 | 55,4 | 77,5 | 61,0 |
| | N ₁ | 61,2 | 58,1 | 109,0 | 76,0 |
| | N ₂ | 77,5 | 50,0 | 71,4 | 66,3 |
| | N ₃ | 57,5 | 40,0 | 75,0 | 57,5 |
| | Średnio / Mean | 49,0 | 50,9 | 72,9 | 65,23 |
| W | N ₀ | 91,5 | 72,3 | 93,5 | 85,8 |
| | N ₁ | 116,6 | 80,0 | 131,5 | 109,4 |
| | N ₂ | 93,5 | 53,3 | 75,0 | 73,9 |
| | N ₃ | 113,3 | 60,0 | 88,0 | 87,1 |
| | Średnio / Mean | 103,7 | 66,4 | 102,6 | 89,0 |
| NIR _{0,05} | - czynnik I | LSD _{0,05} | - factor I | | 20,433 |
| | - czynnik II | | - factor II | | 11,104 |
| Interakcja | - czynnik II/I | Interakcja | - factor II/I | | r.n. |
| | - czynnik I/II | | - factor I/II | | r.n. |

Największe zróżnicowanie średniej masy między bulwami pochodzącymi z poletek kontrolnych i nawadnianych wystąpiło w najsuchszym 2005 r. (o ponad 100%), najmniejsze w średnio wilgotnym 2006 r. (o 30%). Najdorodniejsze bulwy zebrano w roku wilgotnym, w obu wariantach wodnych oraz w najsuch-

szym 2005 r. w warunkach nawadniania. Interakcji pomiędzy nawadnianiem a rosnącymi dawkami azotu nie udowodniono.

Tabela 7. Procentowy udział bulw w plonie handlowym ziemniaka odmiany ‘Dorota’
Table 7. Percentage of tubers in marketable yield of potato cv. ‘Dorota’ (%)

| Warianty wodne / Water variants | Warianty nawozowe / Fertilization variants | Udział bulw w plonie handlowym (%) / Percentage of tubers in marketable yield (%) | | | | | | | | |
|------------------------------------|---|--|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 2005 | | | 2006 | | | 2007 | | |
| | | <4 | 4-6 | >6 | <4 | 4-6 | >6 | <4 | 4-6 | >6 |
| O | N ₀ | 100 | - | - | 87,6 | 12,4 | - | 24,4 | 37,2 | 38,4 |
| | N ₁ | 77,8 | 22,2 | - | 97,4 | 2,6 | - | 4,2 | 29,7 | 66,1 |
| | N ₂ | 85,1 | 10,8 | 4,1 | 97,2 | 2,8 | - | 20,6 | 38,6 | 40,7 |
| | N ₃ | 80,3 | 19,7 | - | 76,3 | 23,7 | - | 17,4 | 38,5 | 44,0 |
| | Średnio / Mean | 85,8 | 13,2 | 1,0 | 89,6 | 10,4 | - | 16,7 | 36,0 | 47,3 |
| W | N ₀ | 46,3 | 47,1 | 6,6 | 89,3 | 10,7 | - | 16,0 | 34,0 | 50,0 |
| | N ₁ | 12,2 | 74,4 | 13,4 | 84,8 | 14,5 | 0,7 | 3,1 | 21,0 | 75,9 |
| | N ₂ | 19,6 | 70,3 | 10,1 | 96,4 | 3,6 | - | 20,1 | 32,0 | 47,9 |
| | N ₃ | 14,4 | 69,5 | 16,1 | 99,0 | 1,0 | - | 27,9 | 23,0 | 49,2 |
| | Średnio / Mean | 23,1 | 65,3 | 11,6 | 92,4 | 7,4 | 0,2 | 16,8 | 27,5 | 55,5 |

Tabela 8. Liczba bulw z jednej rośliny ziemniaka ‘Dorota’ (szt)
Table 8. Numbers of tubers from the one plant of potato cv. ‘Dorota’ (pcs)

| Warianty wodne / Water variants | Warianty nawozowe / Fertilization variants | Lata / Years | | | Średnio/ Mean |
|------------------------------------|---|---------------------|--------------------------------|-----------|------------------|
| | | 2005 | 2006 | 2007 | |
| O | N ₀ | 21 | 21 | 25 | 22 |
| | N ₁ | 25 | 23 | 25 | 24 |
| | N ₂ | 33 | 21 | 26 | 27 |
| | N ₃ | 35 | 18 | 24 | 26 |
| | Średnio / Mean | 28 | 21 | 25 | 25 |
| W | N ₀ | 28 | 24 | 27 | 26 |
| | N ₁ | 23 | 27 | 26 | 25 |
| | N ₂ | 36 | 25 | 26 | 29 |
| | N ₃ | 34 | 24 | 25 | 28 |
| | Średnio / Mean | 30 | 25 | 26 | 27 |
| NIR _{0,05} | - czynnik I - czynnik II | LSD _{0,05} | - factor I - factor II | | r.n. r.n. |
| Interakcja | - czynnik II/I - czynnik I/II | Interaction | - factor II/I - factor I/II | | r.n. r.n. |

Najmniejszy wpływ (nieistotny) na kształtowanie się wyższych plonów bulw na skutek zastosowanego deszczowania miała większa ich liczba pod krzakiem (tab. 8). Podobnie niewielkie znaczenie dawek wody uzyskał też Gładysiak ze wsp. [1996]. Drugi czynnik, jakim było rosnące nawożenie azotem, również nie miał istotnego dla kształtowania się liczby bulw pod krzakiem znaczenia.

WNIOSKI

1. Deszczowanie wczesnej odmiany ziemniaka 'Dorota' uprawianego na glebie kompleksu żytanego słabego w rejonie Bydgoszczy, zapewniało w trzy-letnim okresie badawczym plon handlowy na poziomie 26,69-30,44 t·ha⁻¹ (średnio 28,0 t·ha⁻¹).

2. Deszczowanie okazało się zabiegiem efektywnym, zwiększając w stosunku do kontroli plony średnio o 13,59 t·ha⁻¹, czyli 94,3 %. W poszczególnych latach ich przyrosty wahały się od 7,78 t·ha⁻¹ (tj. 34,3%) - rok suchy, do 17,94 t·ha⁻¹ (tj. 205%) - rok wilgotny.

3. Efektywność produkcyjna deszczowania zależała od opadów atmosferycznych w okresie wegetacji. Najwyższe przyrosty plonów (17,9-18,9 t·ha⁻¹) uzyskano w roku o najniższych opadach, najniższe natomiast (5,2-8,9 t·ha⁻¹) - w roku o opadach najwyższych.

4. Jednostkowa efektywność działania wody z nawodnień (*WUE*), średnio dla lat i dawek azotu, wyniosła 113,2 kg·ha⁻¹·mm⁻¹ i zwiększała się wraz z rosnącym nawożeniem azotowym. Efektywności brutto (opad + dawka wody) wykazywała podobną tendencję (średnio dla lat i dawek azotu 37,9 kg·ha⁻¹·mm⁻¹), przy czym największa wystąpiła w roku suchym.

5. Najwyższą produktywność 1 kg azotu na obiektach nienawadnianych stwierdzono tylko w roku wilgotnym, a za uzasadnioną dawkę można uznać 40 kg N na 1 ha. W przypadku deszczowania największa produktywność wystąpiła przy 40 kg N w najwilgotniejszym 2007 r., a uzyskane efekty produkcyjne malały wraz ze wzrastającymi dawkami azotu.

6. Wzrost plonu handlowego ziemniaka pod wpływem nawadniania następował głównie na skutek zwiększenia średniej masy pojedynczej bulwy oraz poprawy jego struktury, poprzez powiększenie udziału w plonie bulw o większych gabarytach. Najmniejszą rolę w kształtowaniu wyższych plonów bulw na skutek zastosowanego deszczowania miała większa ich liczba pod krzakiem.

BIBLIOGRAFIA

- Borówczak F., Rębarz K. 2006: *Influence of sprinkler irrigation and cultivation system on the yields and quality of potatoes*. Proceedings of Third Poland-Israel Scientific Conference "Water requirements and irrigation effects of plants cultivated in arid and semiarid climates", Held in Tel Aviv, Israel, November 24-December 3, 2006, 281-285.
- Chmura K., Rojek S. 2001: *Irrigating potatoes in the Wrocław region*. Przegl. Nauk. Wydz. Inż. i Kształt. Środ. SGGW w Warszawie, 22: 259-274.
- Dziężyc J. 1988: Rolnictwo w warunkach nawadniania. PWN, Warszawa.
- Dziężyc J., Nowak L. 1993. Deszczowanie. W: *Czynniki plonotwórcze - plonowanie roślin*, red. J. Dziężyc, PWN Warszawa - Wrocław, 329-354.
- Gładysiak S., Borówczak F. 1996: Wpływ pogody, deszczowania i nawożenia azotowego na plony ziemniaków w wieloletnich doświadczeniach w warunkach Wielkopolski. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 438: 53-60.
- Gładysiak S., Grzes S. 2006: Plonowanie bardzo wczesnych ziemniaków w zależności od deszczowania, podkielkowania sadzeniaków i nawożenia azotem. Roczn. AR w Poznaniu, CCCLXXX, Roln. 66:91-97.

- Głuska A. 1989: Reakcja kilku odmian ziemniaka na nawadnianie w okresie suszy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 343: 93-99.
- Grabarczyk S., Peszek J., Rzekanowski C., Żarski J. 1992: Efekty deszczowania roślin uprawianych na glebach kompleksu żytniego bardzo słabego. *Roczn. AR Pozn. CCXXXIV*: 75-82.
- Mazurczyk W., Głuska A., Trawczyński C. 2006: Optymalizacja nawadniania plantacji ziemniaka (FertOrgaNic) za pomocą metody kroplowej oraz systemu DSS. *Roczn. AR Poznań, Rolnictwo*, 66:235-241.
- Nowak L. 1989. *Potrzeby wodne roślin okopowych*. W: *Potrzeby wodne roślin uprawnych*. Pr. zbior. pod red. J. Dzieżyca, PWN Warszawa, rozdz. 4: 85-118.
- Nowak L. 2001: Efekty deszczowania ziemniaków średnio wczesnych w rejonie Wrocławia zależnie od ilości opadów. *Fragm. Agron.*, 1: 69-75.
- Nowak L. 2006. *Nawadnianie roślin okopowych*. W: *Nawadnianie roślin*. Pr. zbior. pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka, PWRiL Poznań, Rozdz. 3: 367-381.
- Peszek J., Rolbiecki S. 1992: Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plonowanie ziemniaków jadalnych na glebie bardzo lekkiej. *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy*, 180, 32:83-90.
- Rębarz K., Borówczak F. 2006. Wpływ deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotowego na wielkość bulw, plon handlowy i występowanie strat w czasie przechowywania ziemniaków. *Roczn. AR Poznań, Rolnictwo*, 66:305-313.
- Rolbiecki S., Długosz J., Orzechowski M., Smólczyński S. 2007: Uwarunkowania glebowo-klimatyczne nawodnień w Kruszynie Krajeńskim koło Bydgoszczy. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2/2007: 89-102.
- Rzekanowski C., Rolbiecki S., Rolbiecki R. 2004. Efekty produkcyjne deszczowania i nawożenia azotem wczesnych odmian ziemniaka na glebie bardzo lekkiej w rejonie Bydgoszczy. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 239(95): 357-362.
- Rzekanowski C., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Żarski J., Dudek S., 2006: Productive results of sprinkler irrigation of potatoes on the light soils in Central Poland. *Proceedings of Third Poland-Israel Scientific Conference "Water requirements and irrigation effects of plants cultivated in arid and semiarid climates"*, Held in Tel Aviv, Israel, November 24-December 3, 2006, 141-146.
- Sobiech S., Rymaszewski J., Gładysiak S., Czajka M. 1996: Wpływ deszczowania na plonowanie odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 438: 307-312.

Prof. dr hab. inż. Czesław Rzekanowski
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Wodnej
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy,
rzekan@utp.edu.pl
tel. 052 374 9580
ul. Prof. S. Kaliskiego 7

85-796 Bydgoszcz
Dr hab. inż. Stanisław Rolbiecki, prof. UTP
Dr inż. Rolan Rolbiecki
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy,
ul. Bernardyńska 6
85-029 Bydgoszcz
052 374 9581
rolbs@utp.edu.pl
052 374 9547