

*Władysław Mazurczyk, Anna Wierzbicka, Justyna Wroniak*

**WPLYW OPTYMALIZACJI NAWADNIANIA  
I NAWOŻENIA AZOTEM NA WYBRANE PARAMETRY  
WZROSTU ROŚLIN ORAZ PŁON WCZESNEJ ODMIANY  
ZIEMNIAKA**

***INFLUENCE OF OPTIMIZATION OF IRRIGATION  
AND NITROGEN FERTIGATION ON SOME GROWTH  
PARAMETERS AND YIELD OF EARLY POTATO VARIETY***

**Streszczenie**

Materiał do badań pochodził z doświadczenia przeprowadzonego na polu doświadczalnym IHAR Jadwisin w 2008 roku. Wczesna odmiana ziemniaka (Owacja) uprawiana była na piasku gliniastym lekkim. Obejmowało ono dwie kombinacje: T0 – kontrolną oraz T1 – z nawadnianiem kropłowym i nawożeniem azotem mineralnym (fertygacja). Dawki wody i azotu oraz terminy ich aplikacji ustalane były przy wykorzystaniu komputerowego programu wspomagania decyzji (DSS). Sucha masa liści, łądyg i bulw oznaczana była trzykrotnie w czasie wegetacji: po 17, 28 i 42 dniach od wschodów (DAE). Pomiar powierzchni listowia wykonywano przy użyciu aparatu LICOR 3100. W bulwach ziemniaka, terminy: 28, 42 i 75 DAE – zaschnięcie listowia, oznaczano zawartość azotu ogółem; metoda Kjeldahla–Kjeltec 2200 f-my Foss Tecator. Dla powyższych terminów obliczono również plon białka i suchej masy oraz wartości współczynnika plonowania (HI).

Prawidłowo prowadzone nawadnianie kropłowe i fertygacja azotem zapewniło uzyskiwanie przez odmianę wczesną ziemniaka plonu zbliżonego do  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  w 70 dniu od posadzenia (DAP) oraz około  $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  po zakończeniu wegetacji, 103 DAP. Zastosowane czynniki plonotwórcze (woda, azot) zwiększyły końcowy plon suchej masy o ponad  $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a plon białka – o  $230 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  w porównaniu do kontroli. Wartości indeksu liściowego dla 70 DAP (42DAE) były istotnie skorelowane z plonem końcowym świeżej i suchej masy bulw. Nawadnianie kropłowe i fertygacja azotem wykazała pozytywny wpływ na dystrybucję asymilatów, zwiększając współczynnik plonowania o 0,05 w porównaniu do kontroli, u której wartość tego parametru wynosiła 0,78.

**Słowa kluczowe:** ziemniak wczesny, nawadnianie kropłowe, fertygacja azotem, indeks liściowy (LAI), powierzchnia właściwa liści (SLA), współczynnik plonowania (HI), plon bulw

### Summary

*On the basis of field experiment carried out in 2008 at Experimental Station in Jadwisin Polish early potato cultivar Owacja was grown on sandy loam in 2 treatments embraced T0 (control) and T1 with water drip irrigation and nitrogen (N) fertigation. Irrigation and N fertigation was conducted by Decision Support System. Dry matter of leaves, stems and tubers was measured in the course of growing period at three different dates: 17, 28, 42 days after emergence (DAE). For these dates leaf area was estimated with use of leaf area meter LICOR 3100 and values of leaf area index (LAI) and specific leaf area (SLA) were calculated as well. Content of total nitrogen (Kjeldahl method by means of Kjeltec 2200 Foss Tecator) in potato tubers was measured at 28, 42 DAE and at the death of foliage, 75 DAE. For these terms protein, dry matter yields and harvest index were also calculated.*

*Precise application of water and mineral nitrogen (T1) ensured very high yielding by early potato variety: almost 30 t·ha<sup>-1</sup> at 42 DAE and 50 t·ha<sup>-1</sup> at the end of growing period, that is at 75 DAE or 103 days after planting (DAP). Supplementary water and mineral nitrogen increased both final yields: dry matter by 4 t·ha<sup>-1</sup> and protein by 230 kg·ha<sup>-1</sup> in comparison with control, T0. It was shown the strong linear relationship between values of LAI for 42 DAE and final tuber yield. Both applied agents had positive influence on biomass distribution increasing harvest index by 0,05 compared to control, with its HI amounted to 0,78.*

**Key words:** early potato, drip irrigation, nitrogen fertigation, leaf index (LAI), specific leaf area (SLA), harvest index (HI), tuber yield

### WSTĘP

Uprawa polowa wielu roślin w Polsce wymaga stosowania uzupełniających dawek wody w większości okresów wegetacji [Chmura i in. 2006; Mazurczyk i in. 2004; Rolbiecki i in. 2007]. Technika nawadniania zyskującą ostatnio coraz większą popularność, nie tylko w uprawach szklarniowych, jest nawadnianie kropłowe [Kaniszewski 2005]. Jedną z wielu zalet tego systemu jest łatwe i precyzyjne podawanie, bezpośrednio do strefy korzeniowej roślin, małych dawek wody oraz nawozów mineralnych (fertygacja).

Celem badań było określenie wpływu optymalizacji nawadniania i nawożenia azotem na wybrane parametry rozwoju listowia i dystrybucję biomasy podczas wegetacji oraz plonowanie wczesnej odmiany ziemniaka.

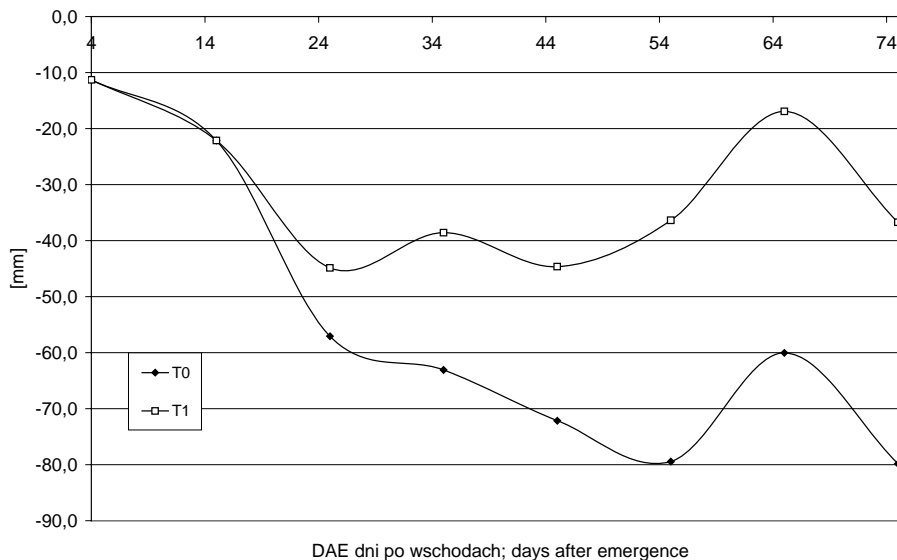
## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań pochodził z doświadczenia polowego przeprowadzonego w IHAR Jadwisin w 2008 roku. Wczesna odmiana ziemniaka (Owacja) uprawiana była na glebie lekkiej (piasek gliniasty lekki) o odczynie kwaśnym (pH 5,5) zaliczanej pod względem użytkowo-rolniczym do kompleksu żytniego dobrego. Gleba charakteryzowała się wysoką zawartością przyswajalnych form następujących składników: fosforu – 8,8 mg, potasu – 12,0 mg oraz magnezu 8,2 mg w 100 gramach gleby. Gleba ta zawierała 61,6 kg·ha<sup>-1</sup> azotu mineralnego oraz 0,68% węgla organicznego. Doświadczenie polowe obejmowało dwie kombinacje: T0 – kontrolną oraz T1 – z nawadnianiem kropłowym i nawożeniem azotem mineralnym (saletra amonowa) w formie płynnej. Każda kombinacja składała się z trzech powtórzeń, po 80 roślin, uprawianych w rozstawie 75 x 33,3 cm. Optymalizację nawadniania i nawożenia azotem zapewniał komputerowy program wspomaganie decyzji DSS v. 4 autorstwa Battilani i in [2006] poprzez ustalanie wysokości i terminu aplikacji dawek wody i azotu mineralnego. Linie kroplujące systemu nawadniania z kompensacją ciśnienia f-my Neta-Fim (emitery wody rozmieszczone co 35 cm), rozprowadzane były podpowierzchniowo (5 cm) na grzbiecie każdej redliny. Wydajność pojedynczego emitera wynosiła około 1,6 dm<sup>3</sup> wody na godzinę.

W czasie wegetacji pobierano do analiz, trzykrotnie po 2 rośliny z każdego powtórzenia (tab. 2). W poszczególnych organach roślinnych (liście, łodygi i bulwy) oznaczano zawartość suchej masy metodą suszenia dwustopniowego w 60 i 105°C do stałej wagi. Wykonywano również pomiar powierzchni liści za pomocą aparatu LICOR 3100. Po zakończeniu okresu wegetacji oznaczano plon świeżej i suchej masy bulw. W bulwach wszystkich prób oznaczano zawartość azotu ogółem metodą Kjeldahla z wykorzystaniem automatycznego destylatora Kjeltex 2200 f-my Foss Tecator. Zawartość białka ogółem obliczono, stosując przelicznik 6,25. Współczynniki plonowania (HI) obliczono, dzieląc suchą masę bulw przez suchą masę roślin, którą stanowił plon bulw danego terminu zbioru oraz maksymalna sucha masa części nadziemnej zwiększona o 25% [Beukema, Zaag 1990]. Dekadowe parowanie wskaźnikowe (Eo), oszacowano według wzoru Baca [Radomski 1987]. Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej, przy użyciu programu Statgraphics Plus wersja 4.1, określając istotność różnic na poziomie ufności 0,05.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Okres wegetacji 2008 roku należy zaliczyć do suchych. Już po 3 tygodniach od wschodów roślin odmiany Owacja niedobór wody, szacowany według kryterium bilansu wodnego, wynosił około 40 mm (rys. 1). W ciągu następnego miesiąca (do 54 dnia po wschodach, DAE) niedobór ten podwoił się.



**Rysunek 1.** Skumulowany bilans wodny dla kombinacji kontrolnej T0: opad (P) – ewapotranspiracja (Eo) oraz T1: P + nawadnianie – Eo

**Figure 1.** Cumulated water balance for control treatment T0: rain (P) – evapotranspiration (Eo) and T1: P + irrigation – Eo

Toteż nawadnianie kropłowe, sterowane komputerowym programem wspomaganego decyzji (DSS), rozpoczęto już w 19 dniu po wschodach, kiedy to zaaplikowano również pierwszą dawkę azotu mineralnego w wysokości  $15,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , (rys. 2). Łącznie dostarczono  $58,5 \text{ mm}$  wody w 12 dawkach (tab. 1, rys. 2). Nawadnianie zakończono w 54 DAE, 3 tygodnie przed zaschnięciem roślin na kombinacji T1. Tak prowadzone nawadnianie pozwala na utrzymywanie, podczas wegetacji roślin, potencjału wody glebowej na optymalnym poziomie, czyli w zakresie od około  $-20$  do  $-40 \text{ kPa}$ , co zostało udokumentowane w trzyletnich badaniach przeprowadzonych przez Mazurczyka i współpracowników [2006]. Program DSS wykorzystano również do optymalizacji nawożenia azotem mineralnym. Na podstawie bilansu azotu dla początku okresu wegetacji program ten wyznaczył komplet 4 dawek azotu, łącznie  $27,8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  oraz terminy ich zastosowania (tab. 1, rys. 2).

Podczas wegetacji nie stwierdzono różnicowania parametrów wzrostu i plonowania między badanymi kombinacjami w terminie 1, czyli 17 DAE (tab. 2). Jest to zrozumiałe, bowiem różnicowanie warunków wegetacji (woda, azot) między kombinacjami T0 i T1 rozpoczęło się później, od 20 DAE (rys. 2).

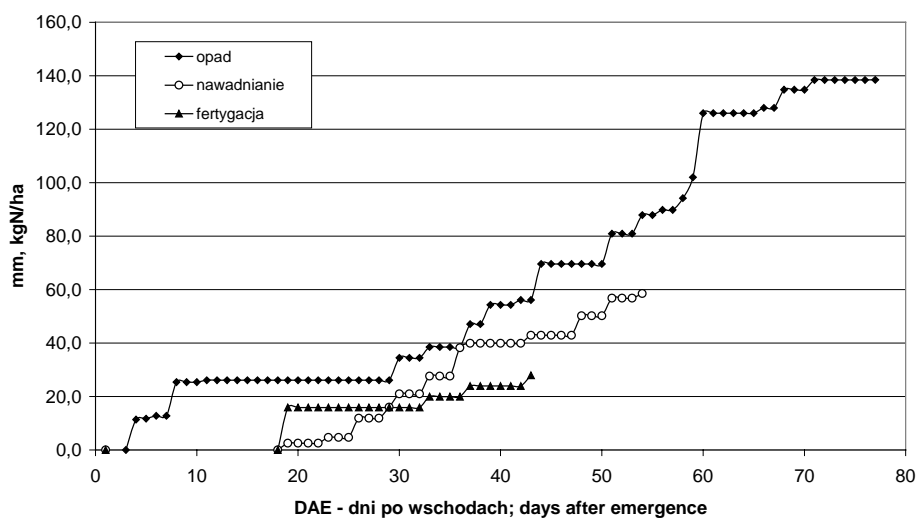
**Tabela 1.** Informacja ogólna o zastosowanym nawadnianiu kropłowym i fertygacji azotem 2008

**Table 1.** Description of applied drip irrigation and nitrogen fertigation 2008

Wyszczególnienie Specification	Kombinacja*; Treatment	
	T0	T1
Sadzenie; Planting	18 kwiecień; 18 April	18 kwiecień; 18 April
Wschody; Emergence	16 maj; 16 May	16 maj; 16 May
Sezonowa dawka wody; Seasonal dose of water [mm]	0	58,5
Liczba aplikacji wody; Number of water application	0	12
Przeciętna dawka wody; Average water dose [mm]	0	4,9
Sumaryczna dawka azotu; Total dose [kgN·ha <sup>-1</sup> ]	0	27,8
Liczba aplikacji azotu; Number of nitrogen doses	0	4
Przeciętna dawka azotu; Average nitrogen dose [kgN·ha <sup>-1</sup> ]	0	7,0
Koniec wegetacji; End of crop growth	25 lipiec; 25 July	30 lipiec; 30 July

\*T0 – kontrola; control

T1 – nawadnianie kropłowe + fertygacja azotem; drip irrigation + nitrogen fertigation



**Rysunek 2.** Wartości skumulowanego opadu, nawadniania i fertygacji azotem na kombinacji T1

**Figure 1.** Cumulated rain, drip irrigation and nitrogen fertigation on treatment T1

**Tabela 2.** Zmiany parametrów wzrostu i plonowania roślin ziemniaka odmiany Owacja zależne od badanych kombinacji oraz terminu pomiaru

**Table 2.** Changes of growth and yield parameters of potato variety Owacja depending on tested treatments and dates of measurements.

Wyszczególnienie Specification	Kombinacja * Treatment	Termin pomiaru; date of measurement **		
		17 (45)	28 (56)	42 (70)
Plon świeżej masy bulw [t · ha <sup>-1</sup> ] Tuber fresh yield [t · ha <sup>-1</sup> ]	T0	–	10,73	22,83
	T1	–	10,89	28,28
	NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>		n.s. ***	n.s.
Plon suchej masy [t · ha <sup>-1</sup> ] Dry matter yield [t · ha <sup>-1</sup> ]	T0	–	1,60	4,70
	T1	–	1,69	5,43
	NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>		n.s.	n.s.
Plon białka [kg · ha <sup>-1</sup> ] Protein yield [kg · ha <sup>-1</sup> ]	T0	–	196,3	242,9
	T1	–	103,0	284,5
	NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>		n.s.	n.s.
Współczynnik plonowania HI [-] Harvest index HI [-]	T0	–	0,49	0,73
	T1	–	0,41	0,71
	NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>		0,07	n.s.
Indeks liściowy LAI [-] Leaf area index LAI [-]	T0	1,02	1,35	1,60
	T1	1,12	1,39	2,37
	NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	n.s.	n.s.	0,36
Powierzchnia właściwa liści Specific leaf area [cm <sup>2</sup> · g <sup>-1</sup> DM]	T0	151,6	143,7	150,5
	T1	176,3	154,0	162,7
	NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	n.s.	n.s.	n.s.

\* see table 1

\*\* dni po wschodach: DAE i po posadzeniu (DAP); days after emergence DAE and after planting (DAP)

\*\*\* not significant

W drugim terminie pomiaru (28 DAE) istotnie różniły się tylko wartości współczynnika plonowania. Mniejsza wartość tego parametru na kombinacji T1 spowodowana była przez zwiększony przyrost suchej masy części nadziemnej. W ostatnim terminie zbioru roślin (42 DAE) stwierdzono istotne zróżnicowanie indeksu liściowego (LAI) między badanymi kombinacjami (tab. 2). Indeks liściowy oraz specyficzna powierzchnia liści (SLA) charakteryzują powierzchnię absorbującą promieniowanie, czyli pośrednio wpływają na wykorzystanie energii słonecznej docierającej do gleby, a tym samym na produkcję biomasy. Wartości LAI z tego terminu były w istotnym stopniu skorelowane z plonem

końcowym świeżej i suchej masy bulw – jako jedyne spośród wszystkich parametrów wzrostu badanych w czasie wegetacji (tab. 3). Dobre odmiany wczesne powinny charakteryzować się szybkim przyrostem plonu świeżej masy bulw.

**Tabela 3.** Wyniki analizy regresji między indeksem liściowym LAI dla terminu 42 DAE a plonem końcowym świeżej (Y.FW) i suchej masy (Y.DM) bulw  
**Table 3.** Results of regression analysis quantifying the relationship between LAI of 42 DAE and final tuber yield of fresh (Y.FW) and dry matter (Y.DM)

Regression equation Regression equation	R <sup>2</sup> [%]	Błąd standardowy oceny Standard error of estimation	Poziom istotności Significant level	N <sup>1</sup>
Y.FW [t · ha <sup>-1</sup> ] = -5,01 + 23,4 LAI	78,2	5,45	* <sup>2</sup>	12
Y.DM [t · ha <sup>-1</sup> ] = -1,73 + 5,3 LAI	78,2	1,24	*	12

<sup>1</sup> liczba zmiennych (2 kombinacje x 3 powtórzenia x 2 rośliny/próby);

<sup>1</sup> number of variable (2 treatments x 3 replications x 2 plants/samples)

<sup>2</sup> poziom istotności 0,05;

<sup>2</sup> significant at the level 0,05

Badana odmiana Owacja spełnia to kryterium. Po 56 dniach od posadzenia (28 DAE) dostarczyła ona przyzwoity plon, wynoszący prawie 11 ton świeżej masy z hektara. Po 70 dniach od posadzenia (42 DAE) plon ten był dwukrotnie wyższy na T0, a trzykrotnie – na T1 (tab. 2). Plon końcowy bulw pochodzący z kombinacji T1, zarówno świeżej jak i suchej masy, był istotnie wyższy od plonu z kontroli (tab. 4). Różnica w końcowym plonie suchej masy między kombinacją T1 a kontrolą T0 wynosiła 4,22 t·ha<sup>-1</sup> (tab. 4). Stanowi to 40% plonu uzyskanego na kombinacji T1. Ten przyrost plonu można w większości przypisać dodatkowej wodzie i azotowi zastosowanym na T1. Ustalono bowiem, że nawadnianiu kropłowemu przypisać można około 18-procentowy udział w kształtowaniu się plonu końcowego suchej masy bulw ziemniaka, zaś fertygacji azotem mineralnym – 15%, czyli w sumie około 33% [Mazurczyk i in. 2008]. Nawożenie mineralne oraz nawadnianie zwiększyły istotnie także plon białka ogółem, ze względu na omówiony wyżej znaczący przyrost plonu suchej masy, mimo ich ujemnego wpływu na zawartość azotu w bulwach (tab. 4). Plon białka uzyskany w omawianym doświadczeniu (501,5 i 732,1 kg·ha<sup>-1</sup> odpowiednio dla T0 i T1) mieści się w zakresie podawanym w literaturze [Mazurczyk i in. 2008, Wojnowska i in. 2002]. O prawidłowości zastosowanego nawożenia azotem świadczy wysoki współczynnik plonowania (HI = 0,83) odnoszący się do plonu końcowego (tab. 4). Nadmiar azotu w czasie wegetacji powoduje zmniejszanie wartości tego parametru poprzez nadmierny rozwój części nadziemnej roślin ziemniaka.

**Tabela 4.** Charakterystyka plonu końcowego bulw ziemniaka odmiany Owacja zebranego z badanych kombinacji.

**Table 4.** Characterization of tuber final yield of potato variety Owacja harvested from tested treatments.

Wyszczególnienie Specification	Kombinacja* Treatment	Wartości Values
Plon świeżej masy bulw [t · ha <sup>-1</sup> ] Tuber fresh yield [t · ha <sup>-1</sup> ]	T0	31,20
	T1	49,40
	NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	7,77
Zawartość suchej masy [%] Dry matter content [%]	T0	20,9
	T1	21,7
	NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	n.s.
Plon suchej masy [t · ha <sup>-1</sup> ] Dry matter yield [t · ha <sup>-1</sup> ]	T0	6,50
	T1	10,72
	NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	1,50
Zawartość azotu [%] Nitrogen content [%]	T0	1,23
	T1	1,09
	NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	0,13
Plon białka [kg · ha <sup>-1</sup> ] Protein yield [kg · ha <sup>-1</sup> ]	T0	501,5
	T1	732,1
	NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	44,3
Współczynnik plonowania [-] Harvest index [-]	T0	0,78
	T1	0,83
	NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	0,03

\* objaśnienia identyczne jak w tabelach 1 i 2; more explanations -see tables 1 and 2

## WNIOSKI

1. Prawidłowo prowadzone nawadnianie kroplowe i fertygacja azotem zapewnia uzyskiwanie przez odmianę wczesną ziemniaka plonu zbliżonego do 30 t·ha<sup>-1</sup> w 70 dniu od posadzenia (DAP) oraz około 50 t·ha<sup>-1</sup> po zakończeniu wegetacji, 103 DAP.

2. Zastosowane czynniki plonotwórcze (woda, azot) zwiększyły końcowy plon suchej masy o ponad 4 t·ha<sup>-1</sup>, a plon białka – o 230 kg·ha<sup>-1</sup> w porównaniu do kontroli.

3. Wartości indeksu liściowego (LAI) dla 70 DAP były istotnie skorelowane z plonem końcowym świeżej i suchej masy bulw.

4. Nawadnianie kroplowe i fertygacja azotem wykazała pozytywny wpływ na dystrybucję asymilatów zwiększając współczynnik plonowania o 0,05 w porównaniu do kontroli, u której wartość tego parametru wynosiła 0,78.



## BIBLIOGRAFIA

- Batillani A., Hansen S., Plauborg F. *Decision Support System (DSS)*. 2006, [www.fertorganic.org](http://www.fertorganic.org).
- Beukema H.P., Zaag van der D.E. *Introduction to potato production*. Pudoc, Wageningen, 1990, s. 42–70.
- 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 O/Jadwisin, Warszawa, 2006, s. 10–18.
- Kaniszewski S. *Technologia nawadniania warzyw*. Mat. Konf. „Nawadnianie warzyw w uprawach polowych”. Instytut Warzywnictwa, Skierniewice, 2005, s. 5–17.
- Mazurczyk W., Wroniak J., Wierzbicka A. 2008. *Wpływ nawadniania kropłowego i fertygacji na akumulację plonu białka i suchej masy w bulwach ziemniaka*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 530, 2008, s. 17–18.
- Mazurczyk W., Głuska A., Trawczyński C., Nowacki W., Zarzyńska K. *Optymalizacja nawadniania plantacji ziemniaka (FertOrgaNic) przy użyciu metody kropłowej oraz systemu DSS*. Roczniki AR Poznań nr 380, Rolnictwo 66, 2006, s. 235–241.
- Mazurczyk W., Wierzbicka A., Lutomińska B. *Klimatyczne uwarunkowania produkcji biomasy ziemniaka w Polsce Centralnej*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 500, 2004, s.219–224.
- Radomski Cz. *Agrometeorologia*. PWN Warszawa, 1987, s. 186.
- Rolbiecki S., Długosz J., Orzechowski M., Smółczyński S. *Uwarunkowania glebowo-klimatyczne nawodnień w Kruszyńskim Krajeńskim koło Bydgoszczy*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 2, 2007, s. 89–102.
- Wojnowska T., Wróbel E., Sienkiewicz S., Mozolewski W., Krzebietke S. *Plon i zawartość związków organicznych w bulwach ziemniaka w zależności od dawki azotu i techniki nawożenia*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 489, 2002, s. 195–202.

Doc. dr hab. Władysław Mazurczyk  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin  
Zakład Agronomii Ziemniaka, Jadwisin  
05-140 Serock

Tel. (022) 782-66-20, e-mail: <w.mazurczyk@ihar.edu.pl>

Mgr inż. Anna Wierzbicka  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin  
Zakład Agronomii Ziemniaka, Jadwisin  
05-140 Serock

Tel. (022) 782-66-20, e-mail: <a.wierzbicka@ihar.edu.pl>

Mgr inż. Justyna Wroniak  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin  
Zakład Agronomii Ziemniaka, Jadwisin  
05-140 Serock

Tel. (022) 782-66-20, e-mail: <j.wroniak@ihar.edu.pl>

Recenzent: Prof. dr hab. Stanisław Rolbiecki