

## EFEKTYWNOŚĆ NAWADNIANIA WCZESNYCH ODMIAN ZIEMNIAKA W TRZECH REGIONACH POLSKI

PIOTR PSZCZÓLKOWSKI<sup>1</sup>, BARBARA SAWICKA<sup>2</sup>, TOMASZ LENARTOWICZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Zakład Doświadczalny Oceny Odmian COBORU, Uhnin, 21-211 Dębowa Kłoda,

<sup>2</sup>Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

<sup>3</sup>Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, 63-022 Słupia Wielka,

**Synopsis.** Celem pracy było określenie wpływu nawadniania kilku odmian ziemniaka uprawianych w różnych mezoregionach Polski na plon ogólny i handlowy bulw. Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2009–2011 w Stacjach Doświadczalnych Oceny Odmian. Analizowano trzy czynniki: deszczowanie: (a) z nawadnianiem i (b) bez nawadniania, jako obiekt kontrolny; odmiany ziemniaka (Bellarosa, Cyprian, Owacja i Vineta); lokalizacje (Masłowice, Szczecin-Dąbie, Węgrzce). Badania prowadzono metodą losowanych podbloków, w układzie zależnym, w trzech powtórzeniach. W doświadczeniu stosowano stałe nawożenie w wysokości: 100 kg N, 43,6 kg P i 124,5 kg K·ha<sup>-1</sup>. Zabiegi uprawowe i ochrony roślin prowadzono zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej. Nawadnianie stosowano wg kryterium optymalnego uwilgotnienia gleby przy spadku wilgotności w warstwie ornej, 0–30 cm, poniżej 70% polowej pojemności wodnej. Zbiór bulw wykonano w okresie pełnej dojrzałości fizjologicznej bulw. W czasie zbioru oznaczono plon ogólny i handlowy bulw. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji (ANOVA) oraz wielokrotnym testom *t*-Tukeya. Udowodniono istotny wpływ badanych czynników na wielkość plonu ogólnego i handlowego. Istotnym okazało się współdziałanie odmian i deszczowania; lokalizacji doświadczeń i deszczowania oraz warunków w latach badań i odmian.

**Słowa kluczowe:** ziemniak, odmiany, deszczowanie, lokalizacja upraw, plon bulw, efektywność nawadniania

### WSTĘP

Ziemniak jest z jedną z podstawowych, konsumpcyjnych roślin uprawianych w Polsce [Bienia i in. 2015, Chmura in. 2009, 2013, Sawicka i in. 2012]. Wprawdzie jego produkcja w Polsce, w ciągu ostatnich 20 lat, zmniejszyła się kilkakrotnie, to jednak ilość ziemniaka przeznaczona na cele konsumpcyjne zmalała tylko nieznacznie [GUS 2015]. Potrzeby wodne ziemniaka zależą od wczesności odmiany, ilości i rozkładu opadów w okresie wegetacji oraz od związłości gleby, na której jest on uprawiany [Głuska 1998, 2003, Kledzik i in. 2015 Rzekanowski i in. 2013]. Dla konsumentów i przetwórców ziemniaka ważna jest jednak nie tylko wielkość plonu bulw, ale również jego jakość [Bienia i in. 2015, Sawicka i in. 2012]. Czynnikiem ograniczającym jakość bulw jest porażenie bulw parchem zwykłym (*Streptomyces scabies* Taxt. et Henrici), choroby szeroko rozpowszechnionej w Polsce i Europie, powodującej zagrożenie, prawie na wszystkich typach gleb. *Streptomyces scabies* infekuje młode bulwy poprzez niezróżnicowane przetchlinki na skórce, jak i pęknięcia bulw. Początkowo zmiany są tak małe (ciemne punkty wielkości główki od szpilki), że często nie są zauważane przez producentów, ale już po 4 tygodniach, gdy bulwy osiągną średnicę ok. 35 mm, następuje pęknięcie skórki, mięszu i roz-

<sup>1</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address*: P.Pszczolkowski.inspektor@coboru.pl

rywanie perydermy [Stalham 2015, Stalham i in. 2015, Thwaites i Stalham 2010]. Wprawdzie odporność odmianowa może skutecznie ograniczać rozwój tej choroby, ale w latach suchych infekcje mogą wystąpić nawet u wysoce odpornych odmian [Thwaites i Stalham 2010]. Dla ograniczenia strat z powodu występowania tej choroby, jak też uzupełnienia okresowego niedoboru wilgoci w glebie, w warunkach Polski, stosowane jest deszczowanie plantacji ziemniaka. Ma ono jednak charakter interwencyjny, tak by uzupełnić okresowy niedobór opadów w glebie [Kledzik i in. 2015].

Celem badań było określenie efektywności interwencyjnego nawadniania wczesnych odmian ziemniaka, uprawianych w trzech rejonach Polski, o odmiennych warunkach klimatyczno-glebowych.

## MATERIAŁY I METODY

Badania oparto na doświadczeniach polowych przeprowadzonych w latach 2009–2011 w Stacjach Doświadczalnych Oceny Odmian należących do Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych w Słupi Wielkiej. Badania prowadzono w układzie losowanych podbloków, w układzie zależnym, w trzech powtórzeniach. W doświadczeniu badano następujące czynniki: nawadnianie, odmiany i lokalizacje. Czynnikiem I rzędu był wariant wodny:

Tabela 1. Zasobność gleb w przyswajalny fosfor, potas i magnez oraz pH gleby w poszczególnych miejscowościach (Lata 2009–2011)

Table 1. Abundance of soil available phosphorus, potassium and magnesium and pH of the soil in different localities (2009–2011)

Lokalizacja Locality	Lata Years	Zawartość przyswajalnych form (mg·100 g <sup>-1</sup> s.m. gleby) The content of available forms (mg·100 g <sup>-1</sup> DM of soil)			pH (1M KCl)
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	
Masłowice	2009	37,4	24,2	4,5	6,4
	2010	40,0	21,9	5,6	6,7
	2011	21,4	16,9	6,6	5,7
	Średnia – Mean	32,9	21,0	5,6	6,3
Szczecin-Dąbie	2009	18,4	25,0	9,9	7,8
	2010	15,4	19,2	7,6	7,8
	2011	19,2	23,0	8,6	7,7
	Średnia – Mean	17,7	22,4	8,7	7,8
Węgrzce	2009	23,5	24,0	10,0	6,3
	2010	23,0	25,2	9,9	6,0
	2011	24,2	21,9	10,6	6,2
	Średnia – Mean	23,6	23,7	10,2	6,2

Źródło: wyniki badań wykonano w Stacjach Chemiczno-Rolniczych

Source: results of research performed in the Chemical-Agricultural Stations

a) z nawadnianiem; b) bez nawadniania, jako obiekt kontrolny. Czynnikiem II rzędu stanowiły 4 wczesne odmiany ziemniaka (Bellarosa, Cyprian, Owacja i Vineta). Czynnikiem III rzędu były lokalizacje uprawy w stacjach COBORU: 3 miejscowości znajdujące się w 3 regionach fizjograficznych Polski – Masłowice, Szczecin-Dąbie i Węgrzce. Masłowice są usytuowane w południowo-zachodniej części województwa łódzkiego, w powiecie Wieluń (51°15' N, 18°38' E, 174 m n.p.m.). Szczecin – Dąbie (58°23' N, 14°40' E, 9 m n.p.m.) jest położona w woj. zachodniopomorskim. Węgrzce (50°07' N, 19°59' E, 285 m n.p.m.) natomiast leżą w woj. małopolskim. Warunki glebowe w poszczególnych miejscowościach były zróżnicowane (tab. 1 i 2). Eksperymenty polowe zostały zrealizowane na trzech typach gleb; gleby bielico-we (Luvisols) w Masłowicach, poprzez gleby murszowate (Chernozems) w Szczecin-Dąbie, do brunatnej właściwej, wytworzonej z lessu w Węgrzcach (Cambisols) [WBG 2014]. Kompleksy przydatności rolniczej (tab. 2) kształtowały się od klasy V w Szczecinie Dąbiu, poprzez klasę IIIa (Masłowice) do klasy II (Węgrzce) [Marcinek i in. 2011].

W doświadczeniu stosowano stałe nawożenie azotowo-fosforowo-potasowe, w wysokości: 100 kg N, 43,6 kg P i 124,5 kg K·ha<sup>-1</sup>. Nawożenie fosforowo-potasowe aplikowano jesienią, zaś azotowe – wiosną. Zabiegi uprawowe przeprowadzono zgodnie z zasadami dobrej praktyki

Tabela 2. Warunki polowe doświadczeń  
Table 2. Conditions of field experiences

Warunki glebowe Soil conditions	Masłowice			Szczecin-Dąbie			Węgrzce		
	lata – years								
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Kompleks rolniczej przydatności gleby The complex of agricultural suitability of the soil	żytni bardzo dobry very good rye complex	żytni bardzo dobry very good rye complex	żytni bardzo dobry very good rye complex	zbożowo-pastewny słaby cereal-fodder weak complex	Zbożowo-pastewny słaby cereal-fodder weak complex	żytni słaby weak rye complex	pszenny dobry good rye complex	pszenny bardzo dobry very good wheat complex	pszenny bardzo dobry very good wheat complex
Klasa bonitacyjna gleby The grading of the soil class	IIIb	IIIa	IIIa	V	V	V	II	II	II
Przedplon Previous crop	gorczyca biała white mustard	groch pea	jęczmień ozimy winter barley	kapusta głowiasta head cabbage	kapusta głowiasta head cabbage	pszenica jara spring wheat	jęczmień jary spring barley	pszenica jara spring barley	owies oat

rolniczej. Stosowano chemiczną ochronę roślin w zakresie zwalczania: chwastów, stonki ziemniaczanej i zarazy ziemniaka. Dawki, terminy stosowania i dobór preparatów był zgodny z zasadami Dobrej Praktyki Rolniczej i zaleceniami IOR-PIB. Przedplonem ziemniaka były zboża jare (pszenica jara, jęczmień jary, owies), oraz groch, gorczyca i kapusta głowiasta. Nawadnianie stosowano wg kryterium optymalnego uwilgotnienia gleby, przy spadku wilgotności w warstwie ornej, 0–30 cm poniżej 70% połowej pojemności wodnej. Aktualne uwilgotnienie gleby sprawdzano przy użyciu tensjometru i zgodnie z jego wskazaniem deszczowano w odpowiednich terminach i dawkach. Do nawadniania używano deszczowni szpulowych, wyposażonych w niskociśnieniową konsolę rozlewającą. Jednorazowa dawka wody wynosiła 16–30 dm<sup>3</sup>m<sup>-2</sup>. Zbiór bulw wykonano w okresie ich pełnej dojrzałości fizjologicznej, tj. w fazie 99, wg skali BBCH. W czasie zbioru oznaczono plon ogólny bulw i pobrano reprezentatywne próby do oznaczenia struktury plonu. Strukturę plonu określano wg następujących frakcji: do 35 mm, 36–50 mm, 51–60 mm i powyżej 60 mm. Jako bulwy handlowe traktowano te, o średnicy > 35 mm [Dz. U. 2003 nr 194, poz. 1900]. Uzyskane wyniki badań poddano trójczynnikowej analizie wariancji (ANOVA) oraz wielokrotnym testom *t*-Tukeya, przy poziomie istotności  $p=0,05$ . Testy porównań wielokrotnych umożliwiły szczegółowe analizy porównawcze średnich, poprzez wyodrębnianie jednorodnych statystycznie grup średnich (grupy homogeniczne) oraz wyznaczanie tzw. najmniejszych istotnych różnic średnich, które przy testach Tukey'a oznaczano przez HSD (Tukey's Honest Significant Difference). Zastosowanie wieloczynnikowej analizy wariancji pozwoliło obliczyć dla każdej zmiennej łączny współczynnik zmienności (CV lub RSD – relative standard deviation [%]). Jest to miara zmienności losowej analizowanych zmiennych. Współczynnik ten obliczono korzystając z pierwiastka średniego kwadratu dla błędu, dzieląc go przez średnią ogólną i wyrażając w % [SAS 9.2 2008, Walesiak i Gątnar 2009]. Ponadto wyliczono efektywność nawadniania w kg bulw na 1 mm zastosowanego nawadniania [Głuska 2003].

Warunki wilgotnościowo-termiczne w okresie wegetacji wczesnych odmian ziemniaka, w latach badań, kształtowały się od optymalnych do dość wilgotnych, z wyjątkiem 2009 roku, gdzie w miejscowości Szczecin-Dąbie, warunki termiczno-wilgotnościowe były na granicy posuchy. Kwiecień w miejscowościach Masłowice i Szczecin-Dąbie był skrajnie suchy we wszystkich latach badań, zaś w miejscowości Węgrzce – skrajnie suchy tylko w 2009 roku. W maju, w okresie wschodów ziemniaka, w latach 2009–2010, w dwu stacjach warunki wilgotnościowo-termiczne były wilgotne, zaś w Masłowicach i Węgrzcach – bardzo wilgotne. Czerwiec, ważny dla wiązania i wzrostu bulw, w 2009 roku był wilgotny we wszystkich miejscowościach, zaś w 2010 r. – suchy, lub posuszny w Masłowicach i Szczecin-Dąbie. W 2011 roku czerwiec okazał się posuszny we wszystkich miejscowościach. Lipiec był zróżnicowany pod względem wilgotności: w Masłowicach i Węgrzcach był wilgotny do bardzo wilgotnego, zaś w miejscowości Szczecin-Dąbie, w latach 2009–2010 – posuszny, a w 2011 roku – wilgotny. Opady sierpnia nie decydowały o plonie odmian wczesnych [Pszczółkowski i in. 2016].

Warunki meteorologiczne w latach badań, jak i w miejscowościach, były zróżnicowane (tab. 3). W okresie wegetacji wczesnych odmian ziemniaka (IV–VIII) wyznaczono wartość współczynnika hydrotermicznego Sielianinova, który jest miarą efektywności opadów, jak kształtowania się temperatur powietrza w danym miesiącu. Na tej podstawie okres wegetacji ziemniaka w 2009 roku określono, jako posuszny do wilgotnego, 2010 rok, jako wilgotny, z wyjątkiem Pomorza Zachodniego (Szczecin Dąbie), rok 2011, jako posuszny (Masłowice) do wilgotnego (tab. 3).

Tabela 3. Przebieg średnich temperatur powietrza, rozkład opadów oraz wartości współczynników Sielianinowa w okresie wegetacji ziemniaka w latach 2009–2011

Table 3. The mileage of average air temperature, the distribution of rainfall and values of Sielianinov coefficients during the growing season of potato in 2009–2011

Miejscowości Localization	Miesiące Month	Temperatura Temperature (°C)			Opady Rainfalls (mm)			Współczynniki Sielianinowa Sielianinov Coefficients		
		Lata – Years								
		2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Masłowice	IV	11,1	8,7	10,1	0,0	20,0	13,0	0,0	0,8	0,4
	V	13,4	12,5	14,0	61,1	184,2	29,6	1,5	4,8	0,7
	VI	15,6	17,5	17,0	117,6	29,8	54,8	2,5	0,6	1,0
	VII	19,3	21,3	18,0	102,9	173,3	108,8	1,7	2,6	2,0
	VIII	18,8	19,2	19,2	45,9	86,3	52,9	0,8	1,5	0,9
	Średnia/Suma Mean/Sum	15,6	15,8	15,7	327,5	493,6	259,1	1,3	2,1	1,0
Szczecin- Dąbie	IV	11,6	8,3	12,2	15,4	6,5	13,8	0,4	0,3	0,4
	V	13,2	11,0	13,9	62,7	46,4	57,7	1,5	1,4	1,3
	VI	15,1	16,4	17,6	65,5	19,2	50,7	1,4	0,4	1,0
	VII	19,1	21,5	17,4	49,9	47,9	168,0	0,8	0,7	3,1
	VIII	18,6	20,1	18,1	67,1	150,0	52,1	1,2	2,6	0,9
	Średnia/Suma Mean/Sum	15,5	15,5	15,8	260,6	270	342,3	1,1	1,1	1,3
Węgrzce	IV	12,1	9,1	10,5	1,8	29,2	74,0	0,1	1,0	2,3
	V	14,0	13,0	14,1	98,2	227,8	49,7	2,2	5,6	1,1
	VI	16,2	17,5	18,3	142,4	166,6	48,9	2,9	3,1	0,9
	VII	19,7	21,1	17,9	75,2	141,4	176,3	1,2	2,2	3,2
	VIII	19,0	19,2	19,4	52,7	147,7	60,4	0,9	2,5	1,0
	Średnia/Suma Mean/Sum	16,2	16,0	16,0	370,3	712,7	409,3	1,5	2,9	1,7

Wartości współczynników – Value of coefficient: >0,5 – susza/drought; 0,5–1 – posucha/semi drought; 1,1–2 – wilgotny/moist; > 2 – bardzo wilgotny/very humid

## WYNIKI BADAŃ

Potencjał wczesnych odmian ziemniaka był bardzo wysoki, gdyż średni plon wynosił 65,4 t·ha<sup>-1</sup>. Nawadnianie plantacji zwiększyło istotnie, tak plon ogólny, jak i handlowy odpowiednio o 12,3 i 12,7%. Najbardziej plenną, tak pod względem plonu ogólnego, jak i handlowego, okazała się Owacja, a jednorodną, w przypadku plonu ogólnego była odmiana Cyprian. Najmniej plenną była odmiana Bellarosa (tab. 4). Współczynnik zmienności (CV lub RSD), który jest miarą zmienności losowej, wskazuje na większą stabilność plonu ogólnego (CV = 6,2%) niż plonu handlowego (CV = 6,6%). Istotnym okazało się współdziałanie odmian i nawadniania, tak w gromadzeniu plonu ogólnego, jak i handlowego bulw. Najwyższy wzrost plonu ogólnego i handlowego bulw, pod wpływem nawadniania, odnotowano u odmiany Owacja, odpowiednio o 15,0 i 15,9%, w stosunku do obiektu bez nawadniania. Najślabszą reakcją na nawadnianie odznaczała się odmiana Bellarosa.

Tabela 4. Plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka w zależności od deszczowania (t·ha<sup>-1</sup>)  
Table 4. Total and commercial yield of potato tubers depending on irrigation (t·ha<sup>-1</sup>)

Odmiany Cultivars	Plon bulw – Yield of tubers					
	ogólny – total			handlowy – commercial		
	deszczowanie – irrigation					
	A	B	średnia mean	A	B	średnia mean
Bellarosa	59,2	64,7	62,0 b	58,3	63,7	61,0 b
Cyprian	61,8	70,6	66,2 a	59,2	68,0	63,6 ab
Owacja	63,4	72,9	68,2 a	61,0	70,7	65,9 a
Vineta	61,9	68,3	65,2 ab	60,3	66,7	63,5 ab
Średnia – Mean	61,6 b	69,1 a	–	59,7 b	67,3 a	–
CV-RSD (%)	6,2			6,6		
NIR <sub>0,05</sub> –HSD <sub>0,05</sub>						
Deszczowanie – Irrigation	1,9			2,0		
Odmiana – Cultivar	3,6			3,8		
Odmiana x Nawadnianie – Cultivar x Irrigation	6,1			6,4		

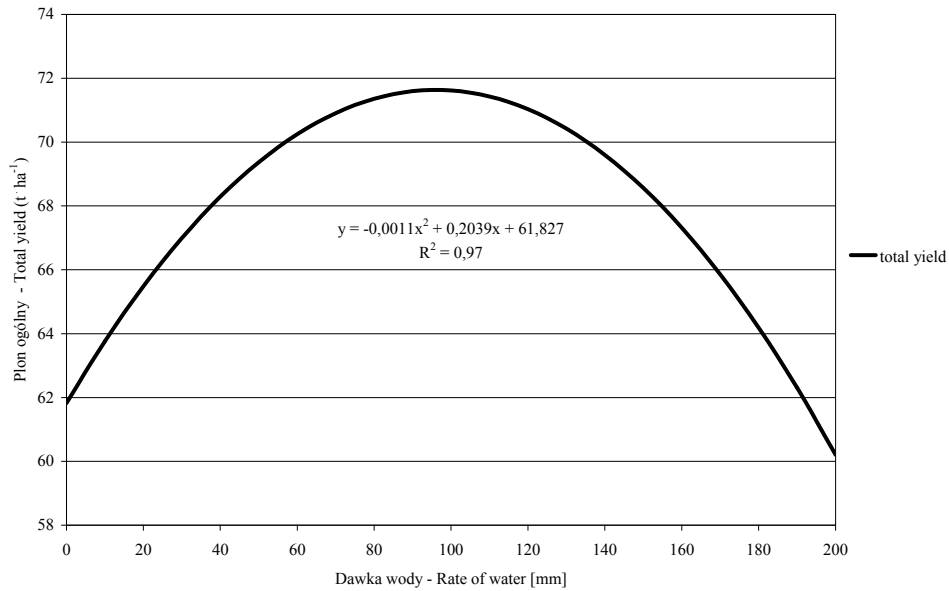
A – bez nawadniania/without irrigation; B – z nawadnianiem/with irrigation

Jednakowe wskaźniki literowe przy średnich wartościach danej cechy oznaczają brak istotnych różnic pomiędzy nimi – Identical letters indices at the average values of the characteristics indicate no significant differences between them

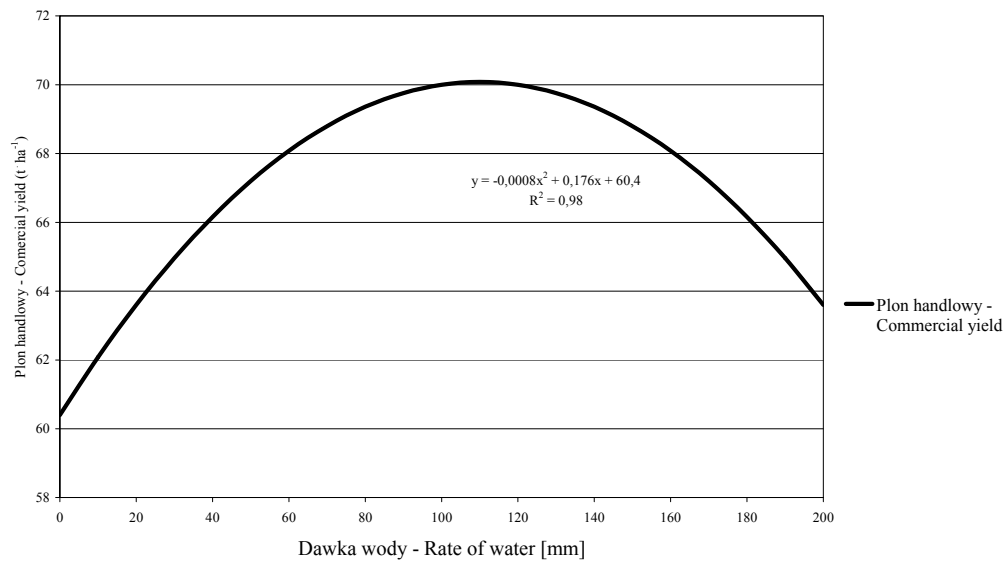
Zastosowanie rachunku regresji wielomianowej pozwoliło wyznaczyć optymalną dawkę nawadniania w warunkach Polski dla plonu ogólnego bulw (rys. 1). Łączną dawką, wyliczoną z równania regresji, okazało się 92,7 mm, przy R<sup>2</sup> = 0,97.

Wyliczenie rachunku regresji wielomianowej pozwoliło na wykreślenie regresji parabolicznej, drugiego stopnia plonu handlowego od nawadniania i wyznaczenie sumarycznej dawki

wody. Wielkość tej dawki, w warunkach Polski, określono na 109,9 mm. Współczynnik determinacji dla tego równania regresji wynosił 98% ( $R^2 = 0,98$ ) (rys. 2).



Rys. 1. Zależność cząstkowa plonu ogólnego bulw od nawadniania  
 Fig. 1. The dependence of the partial total yield of tubers from the irrigation



Rys. 2. Zależność cząstkowa plonu handlowego bulw od nawadniania  
 Fig. 2. Dependence of partial commercial yield of tubers from the irrigation

Analizując plon ogólny i handlowy bulw stwierdzono wpływ lokalizacji badań na wartości tych parametrów. Najwyższy plon ogólny i handlowy uzyskano w Centralnej Polsce, w Pasie Wielkich Dolin (Masłowice), gdzie zwyżka plonu pod wpływem deszczowania wynosiła odpowiednio: 17,3% – dla plonu ogólnego bulw i 18,5% – dla plonu handlowego. W warunkach Pomorza Zachodniego (Szczecin-Dąbie) przyrost plonu na obiektach z nawadnianiem wyniósł odpowiednio; 13,1% dla plonu ogólnego i 13,6% dla plonu handlowego, zaś w warunkach Małopolski (Węgrzce) wartości te okazały się istotnie niższe i wyniosły 5%, zarówno dla plonu ogólnego jak i handlowego (tab. 5).

Tabela 5. Plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka w zależności od deszczowania i lokalizacji uprawy ( $t \cdot ha^{-1}$ )

Table 5. Total and commercial potato yield of tubers depending on the irrigation and the location of cultivation ( $t \cdot ha^{-1}$ )

Lokalizacja Location	Plon bulw – Yield of tubers					
	ogólny – total			handlowy – commercial		
	deszczowanie – irrigation					
	A	B	średnia mean	A	B	średnia mean
Masłowice	68,6	80,5	74,6 a	66,2	78,5	72,4 a
Szczecin Dąbie	57,0	64,4	60,7 b	55,8	63,4	59,6 b
Węgrzce	59,2	62,4	60,8 b	57,1	60,0	58,6 b
Średnia – Mean	61,6 b	69,1 a	–	59,7 b	67,3 a	–
NIR <sub>0,05</sub> –HSD <sub>0,05</sub>						
Deszczowanie – Irrigation	1,9		2,0			
Lokalizacja x Location	2,9		3,0			
Lokalizacja x Deszczowanie – Location x Irrigation	5,0		5,2			

Oznaczenia jak w tabeli 4 – Designations as in the table 4

Niezależnie od czynników eksperymentu najwyższy plon ogólny i handlowy uzyskano w pierwszym roku badań. Homogeniczny, pod względem tej cechy, okazał się plon w ostatnim roku badań, o skrajnie różnych warunkach wilgotnościowo-termicznych w poszczególnych miesiącach (tab. 6). Badane odmiany wykazały odmienną reakcję na warunki meteorologiczne w latach badań. Odmiana Cyprian najwyższe plony uzyskała w roku 2009 – dość suchym, zaś Owacja lepsze warunki do maksymalizacji plonu znalazła w posuszonym, 2011 roku.

Przeprowadzone badania wykazały, że efektywność nawadniania wahała się od -3,6 kg do 335,8 kg bulw na 1 mm<sup>-1</sup> wody, zależnie od roku i miejscowości (tab. 7). Najwyższy efekt nawadniania uzyskano w pasie Centralnej Polski (Masłowice) – 159,9 kg bulw·1 mm<sup>-1</sup> wody deszczownianej, najniższy natomiast – w Małopolsce (62,5 kg bulw·1 mm<sup>-1</sup> wody). W warunkach glebowo-klimatycznych miejscowości Węgrzce dodatkowa dawka wody na obiektach



Tabela 6. Plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka w zależności od odmian i lat badań (t·ha<sup>-1</sup>) (średnia dla obiektów nawadnianych i nienawadnianych)Table 6. Total yield and commercial potato tubers depending on the varieties and years of research (t·ha<sup>-1</sup>) (average for the objects irrigated and non-irrigated)

Odmiany Cultivars	Plon bulw – Yield of tubers							
	ogólny – Total				handlowy – Commercial			
	Lata – Years							
	2009	2010	2011	średnia mean	2009	2010	2011	średnia mean
Bellarosa	68,2	52,8	64,8	62,0 b	67,7	51,8	63,6	61,0 b
Cyprian	69,2	62,3	67,1	66,2 a	67,5	59,1	64,2	63,6 ab
Owacja	72,8	57,2	74,5	68,2 a	71,1	54,7	71,9	65,9 a
Vineta	67,6	58,9	68,9	65,1 ab	66,5	57,2	66,9	63,5 ab
Średnia – Mean	69,4 a	57,8 b	68,8 a	–	68,2 a	55,7 b	66,7 a	–
NIR <sub>0,05</sub> –HSD <sub>0,05</sub>								
Lata – Years	2,9				3,0			
Odmiany – Cultivars	3,6				3,8			
Lata x Odmiany Years x Cultivars	8,1				8,5			

Oznaczenia jak w tabeli 4 – Explanations as in table 4

Tabela 7. Efektywność nawadniania (kg bulw·1 mm<sup>-1</sup> wody)Table 7. The efficiency of irrigation (kg tubers·1 mm<sup>-1</sup> of water)

Lokalizacja Location	Lata – Years			Średnia Mean
	2009	2010	2011	
Masłowice	85,0	335,8	58,8	159,9
Szczecin Dąbie	82,5	91,1	77,6	83,7
Węgrzce	50,8	140,3	- 3,6	62,5
Średnia – Mean	72,8	189,1	44,3	102,1

z nawadnianiem spowodowała spadek plonu ogólnego bulw, w stosunku do obiektu kontrolnego, bez nawadniania, o 3,6 kg na 1 mm<sup>-1</sup> wody. Najwyższy efekt tego zabiegu zanotowano w 2010 roku, najniższy zaś w posuszny, 2011 roku, gdy jedynie lipiec odznaczał się nadmiarem wilgoci. Najbardziej stabilny efekt nawadniania obserwowano natomiast w warunkach termiczno-wilgotnościowych Pomorza Zachodniego (Szczecin – Dąbie), najmniej stabilny zaś – w warunkach Małopolski.

## DYSKUSJA

Deszczowanie plantacji ziemniaka w Polsce, przy niedostatecznych opadach w okresie wegetacji i ich nierównomiernym rozkładzie, jest obok nawożenia mineralnego najważniejszym czynnikiem decydującym o wysokości plonu ziemniaka i jego jakości [Chmura in. 2009, Domínguez i in. 2013, Ossowski i in. 2013, Pińska i in. 2009, Rzekanowski i in. 2013, Żarski i in. 2011]. Opinie te potwierdzają przeprowadzone badania. Efekt nawadniania w przypadku wczesnych odmian ziemniaka wahał się, zależnie od roku, od 5 do 17,3% dla plonu ogólnego i od 5 do 18,5% – w przypadku plonu handlowego.

Nowak [2006], wykazał, że nawadnianie ziemniaka podnosi plon ogólny bulw odmian średnio wczesnych, w zależności od jakości gleby, odpowiednio o 7% – na glebach ciężkich, o 15% – na glebach średnich i o 30% – na glebach lekkich. Badania własne potwierdzają tę opinię, gdyż zwyżka plonu ogólnego i handlowego na obiektach z nawadnianiem była związana z jakością gleby, na której przeprowadzono doświadczenia. Ossowski i in. [2013] dowiedli, iż, nawadnianie kropłowe zwiększa plon handlowy o 26%, a nawadnianie poprzez deszczowanie – o 28%. Należy jednak podkreślić, że poziom plonów, uzyskiwany przez tych Autorów w doświadczeniach z ziemniakami był znacznie niższy niż otrzymany w badaniach własnych, stąd łatwiej było o znaczny wzrost plonu. Gdy otrzymuje się praktycznie maksymalny, możliwy do uzyskania plon w danych warunkach, uzyskanie wzrostu plonu jest znacznie trudniejsze, niż, gdy poziom plonów jest niski, bądź średni. Michałek i Sawicka [2002] oraz Sawicka i in. [2015] dowiedli, bowiem, iż przeciętne, potencjalne plony wczesnych odmian ziemniaka w Polsce zapewniają dobry, europejski poziom plonowania tej rośliny, a stosunek plonów aktualnych do potencjalnych umożliwia uzyskiwanie plonów wczesnych odmian wyższych niż obecnie, tylko o kilka procent.

Przeprowadzone doświadczenia potwierdzają doniesienia Głuskiej [1998, 2003], Kalbarczyków [2009] oraz Lipińskiego [2015], iż w warunkach Polski występują rejony o znacznym niedoborze opadów, w stosunku do potrzeb ziemniaka. Autorzy ci dowiedli, iż w przypadku odmian średnio późnych i późnych największy niedobór opadów, w stosunku do potrzeb ziemniaka, występuje w północno-zachodniej i środkowo-zachodniej części kraju. W badaniach własnych testowano odmiany wczesne i udowodniono, iż bardziej stabilny efekt nawadniania występuje w warunkach termiczno-wilgotnościowych Pomorza Zachodniego (Szczecin Dąbie) oraz w Polsce Centralnej (Masłowice), niż w Małopolsce.

Wyniki badań własnych potwierdzają doniesienia Borówcza i Rębarz [2006], Rolbieckiego i in. [2009], Trawczyńskiego [2009], Supita i in. [2012], Ossowskiego i in. [2013], Rzekanowskiego i in. [2013], Lipińskiego [2015], o korzystnym wpływie nawadniania deszczującego na plon handlowy bulw, zaś zastosowanie analizy regresji wielomianowej przyczyniło się do wyjaśnienia stwierdzonych zależności w większym stopniu, niż to można uczynić za pomocą analizy wariancji czy korelacji prostej. Pozwoliło to wyznaczyć optymalną dawkę nawadniania w warunkach Polski dla plonu ogólnego i handlowego bulw. Wysoką zależność plonu bulw od nawadniania potwierdza bardzo wysoki współczynnik determinacji tych równań (97 i 98% odpowiednio dla plonu ogólnego i handlowego bulw). Spełnił on postulowany przez wielu autorów [Karam i in. 2014, Paderewski i in. 2015, Supita i in. 2012] poziom 60%, zatem przyjętą metodę można uznać za optymalną.

W przeprowadzonych badaniach dowiedziono zróżnicowanej reakcji odmian ziemniaka na deszczowanie. Potwierdzają to badania Głuskiej [2003], Supita i in. [2012] oraz Karam i in. [2014]. Wskazuje to na konieczność odrębnego traktowania odmian pod względem wymagań wilgotnościowych.

Współczynnik zmienności (CV lub RSD), będący miarą zmienności losowej, wskazał na większą stabilność plonu ogólnego niż plonu handlowego bulw. W badaniach Michałka i Sawickiej [2002] stabilność plonu bulw była nieznacznie wyższa. Zdaniem Paderewskiego i in. [2015] za cechy stabilne uznaje się, takie, których współczynniki zmienności nie przekraczają arbitralnie ustalonej wartości. Im wyższy jest współczynnik zmienności, tym próba stanowi mniej jednorodny zbiór jednostek obserwacji. W takich przypadkach preferowane są inne pozycyjne miary zmienności.

Przeprowadzone badania wskazują na celowość podjęcia odrębnych badań nad dokładnym doбором parametrów nawadniania w odniesieniu do poszczególnych grup wczesności, jak i grup użytkowych ziemniaka, w celu prognozowania plonu bulw już w trakcie wegetacji.

## WNIOSKI

1. Nawadnianie plantacji ziemniaka przyczyniło się do zwiększenia plonu ogólnego i handlowego bulw odpowiednio o 12,3 i 12,7%.
2. Największym przyrostem plonu bulw na obiektach z nawadnianiem w stosunku do obiektu kontrolnego odznaczała się odmiana Owacja, najslabiej na nawadnianie reagowała odmiana Bellarosa.
3. Optymalna dawka nawadniania wczesnych odmian ziemniaka w warunkach Polski, wynikająca z analizy regresji wielomianowej, wyniosła 93 mm dla plonu ogólnego i 110 mm – dla plonu handlowego bulw.
4. Efektywność nawadniania 1 mm wody w trzyletnim cyklu badań wyniosła średnio 102 kg bulw·1 mm<sup>-1</sup> wody. Efektywność nawadniania była wyższa w Polsce centralnej (159,9 kg bulw·1 mm<sup>-1</sup>) niż na Pomorzu Zachodnim (83,7 kg bulw·1 mm<sup>-1</sup>) i w Małopolsce (62,5 kg bulw·1 mm<sup>-1</sup>).
5. Badania nad nawadnianiem wczesnych odmian ziemniaka potwierdziły występowanie w Polsce regionów o znacznych deficytach wody (północno-zachodnia i środkowozachodnia część kraju). Jest to związane z typem gleb i rozkładem opadów w Polsce.

## PIŚMIENNICTWO

- Bienia B., Sawicka B., Krochmal-Marczak B., Betlej I., Skiba D. 2015. Ziemniak jako źródło składników odżywczych. W: Rośliny zielarskie, kosmetyki naturalne i żywność funkcjonalna. Chrzanowska J., Różański H. (red.). Wyd. PWSZ Krosno – UP Wrocław: 74–88.
- Borówek F., Rębarz K. 2006. Wpływ uprawy o różnej intensywności na wielkość i skład chemiczny bulw ziemniaka odmiany Ania. Biul. IHAR 242: 185–193.
- Chmura K., Chylińska E., Dmowski Z., Nowak L. 2009. Rola czynnika wodnego w kształtowaniu plonu wybranych roślin polowych. Inf. Ekol. Ter. Wiejskich 9: 33–44.
- Chmura K., Dzieżyc H., Piotrowski M. 2013. Reakcja ziemniaków średnio wczesnych oraz średnio późnych i późnych na czynnik wodny w warunkach gleb kompleksów pszennych i żytnich. Inf. Ekol. Ter. Wiejskich 2(1): 103–113.
- Domínguez A., Martínez-Romero A., Leite K.N., Tarjuelo J.M., de Juan J.A., López-Urrea R. 2013. Combination of typical meteorological year with regulated deficit irrigation to improve the profitability of garlic growing in central Spain. Agric. Water Managem. 130: 154–167.
- Dz.U. 2003 nr 194 poz. 1900. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 października 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej ziemniaków.

- Głuska A. 1998. Influence of water shortage at different stages of the potato plant on field tuber quality. *Potato Res.* 41: 195–196.
- Głuska A. 2003. Precyzyjne nawożenie i nawadnianie plantacji ziemniaków – światowe osiągnięcia do zastosowania w kraju. *Ziemniaki – Nowe Wyzwania. Technologia* 8: 54–57.
- Kalbarczyk R., Kalbarczyk E. 2009. Potrzeby i niedobory opadów atmosferycznych w uprawie ziemniaka średnio późnego i późnego w Polsce. *Inf. Ekol. Ter. Wiejskich* 3: 129–140.
- Karam F., Amacha N., Fahed S., Asmar T.E.L., Domínguez A. 2014. Response of potato to full and deficit irrigation under semiarid climate: Agronomic and economic implications. *Agric. Water Managem.* 142: 144–151.
- Kledzik R., Krokowski M., Czekanowski C., Żarski J. 2015. Ocena efektywności ekonomicznej nawadniania wybranych upraw polowych. *Inf. Ekol. Ter. Wiejskich* 2(1): 291–303.
- Lipiński J. 2015. Efektywność ekonomiczno-finansowa deszczownianego nawadniania ziemniaków jadalnych na glebach lekkich w warunkach produkcyjnego gospodarstwa rolnego. *Woda Środ. Obsz. Wiejskie* 15(3): 61–73.
- Marcinek J., Komisarek J., Bednarek R., Mocek A., Skiba S., Wiatrowska K. 2011. Systematyka Gleb Polski. *Rocz. Glebozn.* 62(3): 5–12.
- Michalek W., Sawicka B. 2002. Chlorophyll fluorescence as physiological index of potato varieties. *Conf. EAPR, Hamburg, 14–19 July 2002*: 266.
- Nowak L. 2006. Nawadnianie roślin okopowych. W: Nawadnianie roślin. Pr. zbior. Karczmarczyk S., Nowak L. (red.). *PWRiL Poznań* 3: 367–381.
- Ossowski W., Rolbiecki S., Wojdyła T., Wichrowska D., Rolbiecki R. 2013. Wpływ sposobów nawadniania na plonowanie ziemniaka średnio wczesnego uprawianego na glebie lekkiej w regionie pomorskim. *Inf. Ekol. Ter. Wiejskich* 1(2): 133–145.
- Paderewski J., Gauch H. G., Mądry W., Gacek E. 2015. AMMI analysis of four-way genotype × location × management × year data from a wheat trial in Poland. *Crop Science* 55: 1–8.
- Pińska M., Wojdyła T., Rolbiecki S., Rzekanowski Cz., Rolbiecki R. 2009. Wpływ nawadniania uzupełniającego i nawożenia azotem na jakość wczesnych odmian ziemniaka. *Inf. Ekol. Ter. Wiejskich* 6: 245–256.
- Pszczółkowski P., Sawicka B., Lenartowicz T. 2016. Wpływ nawadniania na zawartość i plon skrobi wybranych odmian ziemniaka w trzech regionach Polski. *Fragm. Agron.* 33(3): 65–79.
- Rolbiecki S., Rzekanowski Cz., Rolbiecki R. 2009. Ocena potrzeb i efektów nawadniania ziemniaka średnio wczesnego w okolicy Bydgoszczy w latach 2005–2007. *Acta Agrophys.* 13(2): 463–472.
- Rzekanowski Cz., Rolbiecki S., Rolbiecki R. 2013. Rola deszczowania i zróżnicowanego nawożenia azotem w kształtowaniu plonu ziemniaka wczesnego „Dorota” na glebie lekkiej w rejonie Bydgoszczy. *Inf. Ekol. Ter. Wiejskich* 2(1): 31–41.
- SAS Institute Inc. 2008. *SAS/STAT®9.2 User’s Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sawicka B., Michalek W., Pszczółkowski P. 2015. Dependence of chemical composition of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers on physiological indicators. *Zemdirbyste-Agriculture* 102(1): 41–50.
- Sawicka B.H., Machaj H., Greguła A., Banaszkiwicz I. 2012. Postęp w hodowli i technologii uprawy ziemniaka. W: Środowiskowe uwarunkowania produkcji roślinnej. Kowalczyk K. (red.). *Wyd. UP Lublin*, 102–115.
- Stalham M. 2015. Early-season irrigation. *Potato Council* 5, 1–9.
- Stalham M.A., Allison M.F., Firman D.M., Peters J., Thwaites R., Sapp M. 2015. Common scab control: reducing the irrigation water requirements and the effect of beneficial soil micro-organisms and biofumigation. *Final Report Potato Council Project R448*. Stoneleigh: Agriculture and Horticulture.
- Supita I., van Diepenb C.A., de Wit A.J.W., Wolf J., Kabata P., Baruthc B., Ludwig F. 2012. Assessing climate change effects on European crop yields using the Crop Growth Monitoring System and a weather generator. *Agric. Forest Meteorol.* 164: 96–111.
- Thwaites R., Stalham M.A. 2010. Effect of contrasting irrigation regimes on populations of *Streptomyces* and potential antagonists and control of common scab. *Final Report Potato Council Project R429*. Stoneleigh: Agriculture and Horticulture Development Board.
- Trawczyński C. 2009. Nawożenie i nawadnianie w uprawie ziemniaka jadalnego. *Więś Jutra* 2(127): 18–20.

- Walesiak M., Gatnar E. (red.) 2009. Statystyczna analiza danych z wykorzystaniem programu R. Wyd. PWN, Warszawa.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R. 2011. Potrzeby i efekty nawadniania ziemniaka na obszarach deficytowych w wodę. *Inf. Ekol. Ter. Wiejskich* 5: 175–182.

P. PSZCZÓLKOWSKI, B. SAWICKA, T. LENARTOWICZ

## EFFICIENCY IRRIGATION EARLY POTATO CULTIVARS IN THREE REGIONS OF POLAND

### Summary

The aim of this study was to determinate the effect of irrigation several potato cultivars grown in different mesoregions of Poland on the total and commercial yield of tubers. Field experiments were conducted in 2009–2011 at the Experimental Stations of Variety Assessment. We analyzed three factors: sprinkler irrigation: (a) with irrigation and (b) without irrigation, as an object of control; cultivars of potato (Bel-larosa, Cyprian, Ovation and Vineta); the locations (Masłowice, Szczecin-Dąbie, Węgrzce). The study was conducted in a randomized block design, in a subsidiary in triplicate. The experiment used a permanent fertilization of 100 kg N, P and 43.6 kg 124.5 kg K·ha<sup>-1</sup>. The tillage and plant protection was conducted in accordance with good agricultural practice. Irrigation was applied by the criterion of optimal soil moisture at the drop of moisture in topsoil, 0–30 cm, below 70% of field water capacity. A collection of tubers was made in the period of full physiological maturity tubers. At the time of harvest indicated total and commercial yield of tubers. The results were subjected to analysis of variance (ANOVA) and multiple t-tests Tukey's. It has been proven a significant influence of the examined factors on the total and commercial yield of tubers. A significant interaction were proved for cultivars and irrigation; location of experience and irrigation, and the conditions in the years of research and cultivars.

**Key words:** potato, cultivars, sprinkler irrigation, the location of crops, tuber yield, irrigation efficiency

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 27.07.2016

Do cytowania – *For citation*

Pszczołkowski P., Sawicka B., Lenartowicz T. 2016. Efektywność nawadniania wczesnych odmian ziemniaka w trzech regionach Polski. *Fragm. Agron.* 33(4): 97–109.