

PLONY POTENCJALNE ORAZ STOPIEŃ ICH WYKORZYSTANIA PRZEZ ODMIANY ZIEMNIAKA ZAREJESTROWANE W LATACH 2006–2015

ANNA WIERZBICKA¹, CEZARY TRAWCZYŃSKI

*Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowy Instytut Badawczy,
Oddział Jadwisin, ul. Szaniawskiego 15, 05-140 Serock*

Synopsis. Celem badań było oszacowanie plonów potencjalnych ziemniaka (Y_p) oraz stopnia ich wykorzystania (Y_a/Y_p) przez odmiany uprawiane w ścisłych doświadczeniach polowych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Jadwisin (mazowieckie). W latach 2006–2015 przebadano 82 odmiany, w tym: 69 jadalnych i 13 skrobiowych. Plony potencjalne (Y_p) obliczone według metody van der Zaaga [Mazurczyk 1996] wynosiły średnio $13,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ suchej masy, a wykorzystanie potencjału plonowania (Y_a/Y_p) – 0,78. W zależności od typu użytkowego i grupy wczesności odmian zróżnicowanie w plonach potencjalnych wahało się od $11,1$ do $15,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ suchej masy bulw, a w wykorzystaniu potencjału plonowania (Y_a/Y_p) od 0,72 do 0,89. Zagraniczne odmiany wykorzystywały potencjał plonowania o 11% gorzej od polskich. Dziesięcioletnie wyniki badań posłużyły do obliczenia strat plonu suchej masy bulw spowodowanych czynnikiem wodnym. Na podstawie wartości klimatycznego bilansu wodnego ($P-E_o$), wykazano, że w warunkach niedoboru wody ($P-E_o > -80$) straty te wynosiły $5,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w warunkach nadmiaru wody ($P-E_o > 120$) $4,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ suchej masy, co odpowiada: 24 i $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ świeżej masy.

Słowa kluczowe: ziemniak, plony potencjalne, wykorzystanie potencjału plonowania, czynnik wodny

WSTĘP

Plon potencjalny (Y_p) jest to maksymalny plon teoretyczny, który można uzyskać w warunkach optymalnego zaopatrzenia w wodę i składniki mineralne bez chorób i szkodników. Zależy on od interakcji między genotypem, środowiskiem i zastosowaną agrotechniką. O wysokości plonu potencjalnego decyduje przede wszystkim ilość fotosyntetycznie aktywnej energii słonecznej docierającej do roślin w okresie wegetacji oraz czynniki środowiska modyfikujące efektywność zamiany jej na biomase. Udział promieniowania fotosyntetycznego (400–700 nm) w promieniowaniu słonecznym (300–3000 nm) może ulegać zmianie w zależności od warunków pogody. W Jadwisinie waha się on w miesiącach IV–IX od 40 do 44% [Mazurczyk i in. 2001, Wierzbicka i Mazurczyk 2007]. Warunki środowiska zmieniają się w kolejnych latach, co prowadzi również do zmian poziomu plonu potencjalnego danego obszaru. W przypadku ziemniaka zróżnicowanie to może dochodzić do $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ suchej masy bulw, czyli około $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ świeżej masy [Mazurczyk 1996, Mazurczyk i in. 2006]. Zmienność plonów potencjalnych wpływa na kształtowanie się plonów aktualnych (Y_a), gdyż wysoki poziom plonu potencjalnego ułatwia roślinie, uzyskanie wysokiego plonu rzeczywistego. Plon potencjalny ziemniaka na obszarze Unii Europejskiej został scharakteryzowany z wykorzystaniem modelu WOFOST [Keulen

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* a.wierzbicka@ihar.edu.pl

1990, Mazurczyk 1996]. Wynosi on średnio około 15 t·ha⁻¹ suchej masy (72 t·ha⁻¹ świeżej masy) z zakresem od około 10 do ponad 17 t·ha⁻¹ suchej masy [Mazurczyk 1995, 1996]. Według tego modelu wartość plonów potencjalnych dla ziemniaka w Jadwisinie oszacowano na 74 t·ha⁻¹ [Mazurczyk 1995], co daje 15,6 t·ha⁻¹ suchej masy przy założeniu, że bulwy zawierają średnio 21% suchej masy. Wartość ta z pewnym uproszczeniem może być przyjęta za reprezentatywną dla całego naszego kraju, przede wszystkim, dlatego, że wahania w ilości fotosyntetycznie aktywnej energii słonecznej docierającej do łanów roślin w okresie wegetacji nie przekraczają 5% w obrębie terytorium Polski [Mazurczyk 1995, 1996]. Dane dotyczące plonów potencjalnych obliczonych według van der Zaaga są o około 10% niższe od obliczonych przy użyciu modelu WOFOST [Mazurczyk 1996]. Jedną z przyczyn tych rozbieżności jest duża liczba obliczeń wykonana w krótkim czasie za pomocą oprogramowania komputerowego w modelu WOFOST, co umożliwia precyzyjniejszą niż w metodzie van der Zaaga (bez oprogramowania komputerowego) symulację procesów pochłaniania energii słonecznej przez listowie, zróżnicowania agroklimatu danego kraju, typu gleby, itp.

Celem badań było scharakteryzowanie zmian w plonach potencjalnych i stopniu ich wykorzystania u odmian ziemniaka uprawianych w latach 2006–2015 oraz ocena strat suchej masy plonu spowodowanych niedoborem lub nadmiarem wody.

MATERIAŁ I METODY

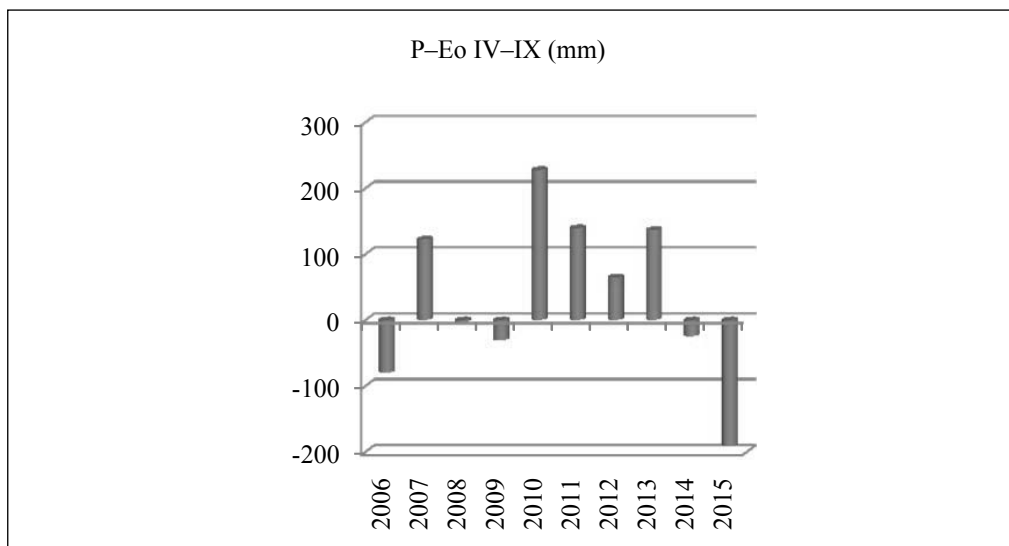
W latach 2006–2015 w ścisłych doświadczeniach polowych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Jadwisinie (52°29' N, 21°03' E, 105 m n.p.m.) przebadano 82 odmiany, w tym: 69 jadalnych i 13 skrobiowych. Odmiany te były uprawiane w cyklach 2 i 3 letnich na glebie lekkiej, o składzie mechanicznym piasku gliniastego. Nawóz organiczny stanowiła słoma pszenna i międzyplon ścierniskowy z gorczycy białej przyorane jesienią. Nawożenie mineralne zastosowano w dawce: 100 kg N·ha⁻¹, 17,4 kg P·ha⁻¹ i 99,6 kg K·ha⁻¹. Zabiegi agrotechniczne i ochrony roślin wykonywane były zgodnie z zasadami integrowanej produkcji. Plony potencjalne bulw ziemniaka obliczano według metody van der Zaaga [1984] z modyfikacją dotyczącą współczynników świetlnych [Mazurczyk 1996] i wykorzystaniem odpowiednio przetworzonych danych meteorologicznych oraz obserwacji fenologicznych. Rzeczywiste plony suchej masy (Ya) obliczono w oparciu o plony świeżej masy i zawartość w nich suchej masy. Stopień wykorzystywania potencjału plonowania przez poszczególne odmiany scharakteryzowano ilorazem Ya/Yp. Zawartość suchej masy oznaczano w laboratorium przez dwustopniowe suszenie, pierwsze w 60°C, następne do stałej wagi w 105°C. Pomiar całkowitego promieniowania słonecznego (piranometr SP1110), promieniowania PAR, temperatury powietrza i pozostałych danych meteorologicznych wykorzystywanych w obliczeniach rejestrowane były przez stację meteorologiczną Campbella i AsterMet zlokalizowane w Jadwisinie. Korzystając z danych fenologicznych (początek i pełnia wschodów, początek kwitnienia i zasychania oraz koniec wegetacji) każdej odmiany uprawianej w danym roku obliczono dla niej odpowiednią wartość plonu potencjalnego okresu wegetacji (Yp), a następnie wartości uśredniono dla grup wczesności odmian. Jednym z bardziej powszechnych wskaźników oceny niedoboru lub nadmiaru wody jest klimatyczny bilans wodny (KBW) dla danego okresu, obliczany według wzoru: $KBW = P - E_o$ (wyrażony w milimetrach), gdzie po stronie przychodu są opady atmosferyczne – P, a po stronie rozchodu: ewapotranspiracja – E_o. Dekadowe sumy opadów (P) zwiększono o 10% według sugestii Koźmińskiego i Michalskiej [1999], a parowanie wskaźnikowe (E_o), obliczono według empirycznego wzoru Baca [Radomski 1987]. Za pomocą histogramu i szeregów rozdzielczych P–E_o sklasyfikowano sezony wegetacji pod względem nadmiaru lub niedoboru opadów

na 7 klas dla czterdziestoletniego okresu w latach 1973–2012 [Wierzbicka 2014]. Analizowane w badaniach lata 2006–2015 zostały przyporządkowane do tej klasyfikacji z podziałem na 3 klasy: 1, 2, 3, w kolejności od roku najbardziej suchego do roku najbardziej mokrego następująco (tab. 1, rys. 1):

Tabela 1. Szeregi rozdzielcze sumarycznych wartości P–Eo (mm) okresu wegetacji (IV–IX) lat 1973–2015

Table 1. Frequency tabulation of total P–Eo (mm) for the potato growing season (IV–IX) of years 1973–2015

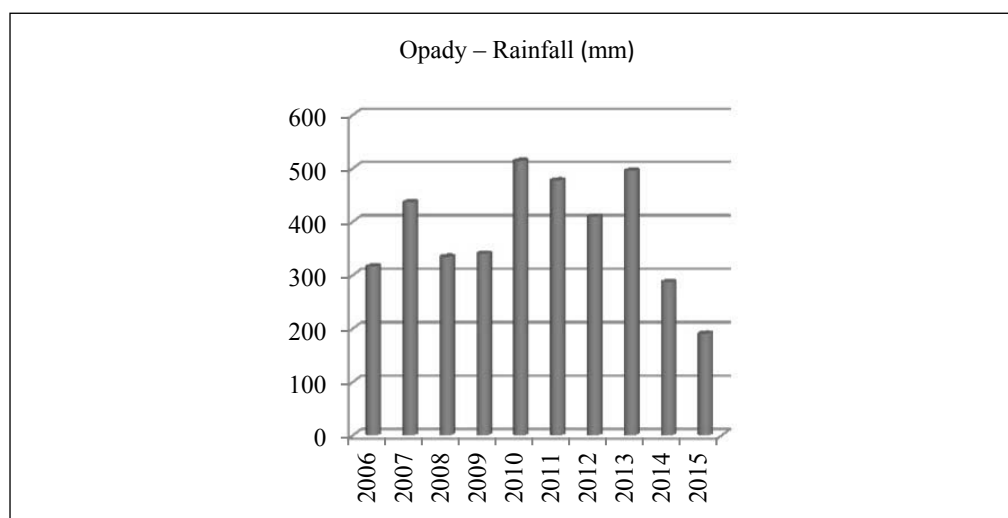
Klasa Class	Zakres Ranges	Klasyfikacja Classification	Lata Years	P–Eo
1	-199–(-120)	suchy – dry	2015	-199
	-119–(-40)	umiarkowanie suchy moderately dry	2006	-80
2	-39–40	normalny – normal	2009, 2014, 2008	-31–(-3)
	41–120	umiarkowanie wilgotny moderately moist	2012	65
3	121–200	mokry – wet	2007, 2013, 2011	122–139
	201–280	bardzo mokry very wet	2010	228



Rys. 1. Suma wartości klimatycznego bilansu wodnego P–Eo (IV–IX)
Fig. 1. The total value of climatic water balance P–Eo (IV–IX)

1. Lata suche i umiarkowanie suche: 2015, 2006
2. Lata normalne i umiarkowanie wilgotne: 2009, 2014, 2008, 2012
3. Lata mokre i bardzo mokre: 2007, 2013, 2011, 2010

Dla pełniejszego obrazu warunków klimatycznych podano wartości klimatycznego bilansu wodnego i sumę opadów w sezonach wegetacji badanych lat (rys. 1 i 2). Analizę statystyczną otrzymanych wyników i rysunki wykonano przy użyciu programów Excel i Anova. Wartości średnie porównywano testem Tukeya.



Rys. 2. Suma opadów (IV-IX)
Fig. 2. Sum of rainfall (IV-IX)

WYNIKI I DYSKUSJA

Plony potencjalne zmieniały się istotnie w zależności od wczesności odmiany i typu użytkowego ziemniaka. Zróżnicowanie to wynosiło do $4,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ suchej masy bulw, czyli około $19 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ świeżej masy (tab. 2). Wartość plonów potencjalnych obliczona metodą van der Zaaga [1984] wynosiła średnio $13,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ suchej masy, co odpowiada około $61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ świeżej masy, przy zawartości suchej masy 21,8% (tab. 2). W obrębie grupy wczesności plon potencjalny (Y_p) wahał się od $11,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ dla odmian bardzo wczesnych do $15,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ suchej masy bulw (s.m.) dla odmian późnych a dla odmian jadalnych i skrobiowych od 12,8 do $14,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ suchej masy. Według holenderskich badaczy [Rijk i in. 2013] ziemniak jest bardzo zmienny w zależności od długości okresu wegetacji, gdyż późne odmiany mogą przechwycić duże ilości światła, natomiast wczesne wykazują bardziej efektywne wykorzystanie zasobów genetycznych. Wyniki własne są tego potwierdzeniem. Pełniejszy obraz przy porównywaniu plonowania odmian uzyskuje się poprzez odniesienie plonów aktualnych do potencjalnych, Y_a/Y_p . Spośród 82 odmian przebadanych w latach 2006–2015, odmiany jadalne (68) wykorzystwały potencjał plonowania (Y_a/Y_p) w 76%, skrobiowe (14) w 89%, polskie (51) w 81%, a zagraniczne w 70% (tab. 2).

Tabela 2. Aktualne (Ya) i potencjalne (Yp) plony ziemniaka, zawartość suchej masy (% s.m.) oraz wykorzystanie plonu potencjalnego (Ya/Yp) w Jadwisinie (2006–2015)

Table 2. Actual (Ya) and potential (Yp) potato yields, dry matter contents (% DM) and utilization of potential yield (Ya/Yp) in Jadwisin (2006–2015)

Odmiany ziemniaka Potato cultivars	N ¹	Liczba odmian ² Number of cultivar	Ya t·ha ⁻¹ Św.m.–FM	S.m. DM (%)	Ya t·ha ⁻¹ s.m.–DM	Yp t·ha ⁻¹ s.m.–DM	Ya/Yp
Jadalne – Edible	420	68	45,9	21,1	9,7	12,8	0,76
Skrobiowe – Starchy	72	14	51,1	26,0	13,3	14,9	0,89
Polskie – Polish	327	51	48,7	22,5	11,0	13,5	0,81
Zagraniczne – Foreign	165	31	42,6	20,4	8,7	12,4	0,70
Bardzo wczesne Very early	75	12	39,5	20,2	8,0	11,1	0,72
Wczesne – Early	117	19	40,1	21,1	8,5	11,2	0,76
Średnio wczesne Medium early	204	34	50,4	22,5	11,3	14,2	0,80
Średnio późne Medium late	45	7	49,1	22,5	11,0	14,5	0,76
Późne – Late	51	10	55,6	22,5	12,5	15,1	0,83
Średnia ważona Weighted average			46,7	21,8	10,2	13,1	0,78
Współczynnik zmienności (%) Variation coefficient (%)			27,8	14,3	36,0	14,5	23,6
Plon ziemniaków w Polsce (2006–2012) The yield of potatoes in Poland (2006–2012) ³			21,0	21,0	4,4	13,1	0,34

¹N – liczba wyników – number of results; ²number of cultivars, ³dane GUS w 2013 r. – statistical data of 2013

W latach 1975–2004 wykorzystanie potencjału plonowania (Ya/Yp) jadalnych i skrobiowych odmian ziemniaka wynosiło – 0,54, 1996–2003 – 0,64 [Mazurczyk i in. 2006], a dla odmian zarejestrowanych w latach 2006–2015 – 0,78. Wyniki wskazują, zatem na coraz lepsze wykorzystanie potencjału plonowania przez odmiany ziemniaka z upływem lat. Jak wspomniano wcześniej, plony potencjalne liczone metodą van der Zaaga są o około 10% niższe od wyznaczonych w modelu WOFOST [Mazurczuk 1995, 1996], a bieżące wyniki pokazują, że różnica ta może wynieść nawet 15%. Jest to spowodowane między innymi skróceniem długości wegetacji odmian późniejszych: średniowczesnych, średniopóźnych, późnych i skrobiowych poprzez niszczenie zielonej masy roślin na trzy tygodnie przed zbiorem. Zniszczenie łącin wykonuje się zwykle mechanicznie za pomocą rozdrabniacza łącin. Zabieg wpływa na zmniejszenie uszkodzeń mechanicznych bulw i ich szybsze dojrzewanie. Przyjęto zatem, że ilość niewykorzystanej energii słonecznej obniża produkcję biomasy i zmniejsza o około 5% (0,04) wartość Ya/Yp.

Tabela 3. Najlepsze odmiany ziemniaka pod względem wykorzystania przez nie możliwości plonowania (Ya/Yp)

Table 3. The best of potato cultivars according to their utilization of potential yield (Ya/Yp)

Odmiana Cultivar	Ya/Yp ¹	Rok rejestracji Year of registration	Lata uprawy Years of cultivation
Odmiany jadalne bardzo wczesne i wczesne Very early and early edible cultivars			
<i>Altesse*</i>	0,80	2009	2012–2014
<i>Arielle</i>	0,92	2006	2008–2011
<i>Ewelina</i>	0,84	2006	2007–2008
Michalina	0,85	2010	2011–2013
Milek	0,96	2006	2008–2009
Ignacy	0,83	2012	2013–2015
Odmiany jadalne od średnio wczesnych do późnych From medium early to late edible cultivars			
Ametyst	0,89	2009	2010–2012
Etiuda	0,85	2011	2012–2014
Finezja	0,81	2007	2009–2010
Gawin	0,94	2010	2011–2013
Gustaw	0,83	2010	2011–2013
Jurata	0,89	2011	2013–2015
Jurek	0,82	2012	2013–2014
Jutrzenka	0,85	2009	2010–2012
Zenia	0,91	2010	2012–2014
Odmiany skrobiowe Starchy cultivars			
Boryna	0,89	2012	2014–2015
Jubilat	0,87	2011	2014–2015
Kaszub	0,86	2012	2014–2015
Kuras	1,00	2007	2008–2009
Pokusa	0,89	2006	2007–2008

*kursywą zaznaczono odmiany zagraniczne – italics marked foreign cultivars

¹wykorzystanie plonu potencjalnego – utilization of potential yield

Po uwzględnieniu zmiany wykorzystanie (Y_a/Y_p) wynosiłoby $-0,74$. Ale nawet obniżenie wykorzystania o 5% nie zmienia faktu, że jest ono wysokie, a materiał genetyczny ziemniaka, jakim Polska dysponuje jest dobry pod względem plonotwórczym.

Do obliczania plonów potencjalnych w Europie stosuje się modele: WOFOST, POTATO-LINTUL [Kooman i Haverkort 1994] oraz GECROS [Khan i in. 2014]. Plony potencjalne w Holandii obliczone według modelu WOFOST są najwyższe w Unii Europejskiej i wynoszą nawet $100 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ świeżej masy, a stopień ich wykorzystania w latach dziewięćdziesiątych wynosił $-0,63$. W tym samym czasie w Wielkiej Brytanii Y_a/Y_p wynosił $-0,51$; Dani $-0,46$; Niemczech $-0,44$; a Francji $-0,43$ [Konig i Diepen 1992, Mazurczyk 1995, 1996]. Ostatnie badania wykazały [Haverkort i Struik 2015], że plony aktualne farmerów w Holandii na żyznej glebie polderów morskich wynoszą $-65 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ świeżej masy, plony potencjalne według modelu LINTUL $-90 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a stopień ich wykorzystania $-0,72$. Tak wysoki stopień wykorzystania jest potwierdzeniem tezy, że u odmian o długich sezonach wegetacji różnica pomiędzy plonem rzeczywistym, a potencjalnym może być relatywnie mała w systemach produkcyjnych z nawadnianiem, które w Holandii powszechnie się stosuje [Rijk i in. 2013]. Duże możliwości plonowania odmian ziemniaka w doświadczalnictwie polskim nie znajdują potwierdzenia w wysokości plonów aktualnych uzyskiwanych w rolnictwie. Według danych GUS [2013] za lata 2006–2012, średni plon aktualny ziemniaka w rolnictwie wynosił około $21 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ świeżej masy, co stanowi przeciętnie jedną trzecią plonów potencjalnych (tab. 2). To powoduje, że pod względem wykorzystywania potencjału plonowania (Y_a/Y_p) z wynikiem $0,34$, Polska zajmuje jedno z dalszych miejsc wśród badanych państw w Europie. W 2010 r. do krajów o największych plonach, ponad $40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ zaliczano: Stany Zjednoczone, Wielką Brytanię, Holandię, Francję, Belgię, Nową Zelandię i Niemcy [Birch i in. 2012, FAO 2012].

W badanych latach (2006–2015) 21 odmian charakteryzowało się wysokimi wartościami $Y_a/Y_p > 0,8$ (tab. 3). Z odmian wczesnych na uwagę zasługuje polska odmiana Miłek i zagraniczna Arielle, średniowczesnych do późnych odmiany: Ametyst, Jurata, Gawin i Zenia, a skrobiowych: Kuras. Odmiany te osiągnęły wartości Y_a/Y_p w granicach $0,90$ – $1,0$. W Holandii [Rijk i in. 2013] stwierdzono dla głównych upraw istotny postęp genetyczny w potencjale plonowania nowych odmian zarejestrowanych w ciągu ostatnich trzech dekad (1980–2010), ale dla ziemniaka był on najmniejszy. Dla odmian jadalnych uprawianych na farmach wzrost ten wynosił: $20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na rok, a u skrobiowych: $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na rok suchej masy bulw. Większy postęp genetyczny zaobserwowano w Szkocji [Bradshaw 2009], kiedy zastąpiono stare odmiany King Edward i Majestic trzema nowoczesnymi: Pentland Crown, Maris Piper i Desiree.

Plony potencjalne i stopień ich wykorzystania ulegają wpływom zmian klimatycznych (tab. 4). Najlepiej plonowały ziemniaki w warunkach umiarkowanie wilgotnych (rok 2012) i normalnych (2009). Suma opadów w sezonie wegetacji (IV–IX) tych lat wynosiła: 410 i 340 mm, a klimatyczny bilans wodny odpowiednio: 65 i -31 (rys. 1 i 2). We wcześniejszych pracach [Mazurczyk i Lis 2001] wykazano, że w warunkach suszy ($P-E_o \geq -140$) następują straty suchej masy równe lub powyżej $6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. W bieżącej pracy wykazano, że w warunkach niedoboru ($P-E_o > -80$) lub nadmiaru wody ($P-E_o > 120$), występują straty suchej masy wynoszące odpowiednio 5,2 i $4,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, co odpowiada: 24 i $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ świeżej masy przy założeniu, że zawartość suchej masy wynosi 21,8%. Za wystarczające można przyjąć zaopatrzenie w wodę roślin ziemniaka przy bilansie $P-E_o$ w zakresie od -30 do 65. W Szkocji wykazano wpływ zmian klimatu na plony rzeczywiste i potencjalne ziemniaka w 47 letnim okresie (1960–2006). Wzrost plonu potencjalnego był odzwierciedleniem zwiększonego czasu trwania zielonej masy na polu. Plon wzrastał średnio o $2,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na dekadę [Gregory i Marshall 2012].

Tabela 4. Straty plonu suchej masy (s.m) masy bulw i zmniejszenie wykorzystania potencjału plonowania u jadalnych i skrobiowych odmian ziemniaka spowodowane niedoborem i nadmiarem wody

Table 4. Losses of dry matter yield (DM) and the decrease in yield potential utilization of edible and starchy potato caused by deficiency and excess of water

Wyszczególnienie Specification	Warunki sprzyjające Favorable conditions		Zmniejszenie plonu Ya The decrease in yield Ya (t·ha ⁻¹ s.m.–DM)		Zmniejszenie wykorzystania The decrease in utilization of (Ya/Yp)	
	Ya	Ya/Yp	niedobór wody water deficiency	nadmiar wody excess water	niedobór wody water deficiency	nadmiar wody excess water
P–Eo	-30–65	-30–65	> -80	> 120	> -80	> 120
Jadalne – Edible	12,5	0,94	5,1	3,9	0,32	0,20
Skrobiowe – Starchy	16,9	1,00	6,0	6,2	0,25	0,24
Średnia ważona Weighted average	13,6	0,95	5,2	4,2	0,32	0,21

Ya – plon aktualny – actual yield; Yp – plon potencjalny – potential yield
P–Eo – klimatyczny bilans wodny – climatic water balance

WNIOSKI

1. Przeciętna wartość plonów potencjalnych (Yp) ziemniaka w doświadczeniach w Jadwisinie wynosiła 13,1 t·ha⁻¹ suchej masy, co odpowiada około 61 t·ha⁻¹ świeżej masy, przy zawartości suchej masy 21,8%.
2. Spośród 82 odmian przebadanych w latach 2006–2015 średnie wykorzystanie potencjału plonowania (Ya/Yp) wynosiło 0,78 i było większe niż 10 lat wcześniej o 0,14. Wyniki wskazują, zatem na coraz lepsze wykorzystanie potencjału plonowania przez odmiany z upływem lat.
3. Zagraniczne odmiany wykorzystywały potencjał plonowania o 11% gorzej od polskich.
4. Wykazano ograniczający wpływ czynnika wodnego na plon ziemniaka. Niedobór wody spowodował straty suchej masy bulw średnio o 5,2 t·ha⁻¹, a nadmiar o 4,2 t·ha⁻¹, co odpowiada: 24 i 20 t·ha⁻¹ świeżej masy.
5. Najbardziej niekorzystne dla vegetacji ziemniaka, ze względu na bilans wodny w miesiącach kwiecień – wrzesień, okazały się lata: 2015, 2006 (niedobory wody między (-199 a -80 mm) oraz lata: 2007, 2013, 2011, 2010 (nadmiar wody w zakresie 122–228 mm).

PIŚMIENNICTWO

Birch P.R.J., Bryan G., Fenton B., Gilroy E.M., Hein I., Jones J.T., Prashar A., Taylor M.A., Torrance L., Toth I.K. 2012. Crops that feed the world 8: Potato: are the trends of increased global production sustainable? Food Sec. 4: 477–508.

- Bradshaw J.E. 2009. Potato breeding at the Scottish plant breeding station and the Scottish Crop Research Institute: 1920–2008. *Potato Res.* 52: 141–172.
- FAO 2012 (www.fao.org).
- Gregory P.J., Marshall B. 2012. Attribution of climate change: a methodology to estimate the potential contribution to increases in potato yield in Scotland since 1960. *Global Change Biol.* 18: 1372–1388.
- GUS 2013 (www.stat.gov.pl).
- Haverkort A.J., Struik P.C. 2015. Yield levels of potato crops: Recent achievements and future prospects. *Field Crop Res.* 182: 76–85.
- Keulen H. 1990. Crop growth models and agroecological characterisation. *Proceed. 1st ESA Congress*, 5–7 December 1990, 2: 1–16.
- Khan M.S., Yin X., van der Putten P.E.L., Struik P.C. 2014. An ecophysiological model analysis of yield differences within a set of contrasting cultivars and an F1 segregating population of potato (*Solanum tuberosum* L.) grown under diverse environments. *Ecol. Modell.* 290: 146–154.
- Konig G.H.J., Diepen C.A. 1992. Potential production of potato. In: *Crop production potential of rural areas with the European Communities*. Haga. 37–40.
- Kooman P.K., Haverkort A.J. 1994. Modelling development and growth of the potato crop influenced by temperature and daylength: LINTUL-POTATO. In: *Ecology and Modeling of Potato Crops Under Conditions Limiting Growth*. Haverkort, A.J., MacKerron, D.K.L. (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 41–60.
- Koźmiński C., Michalska B. 1999. *Ćwiczenia z agrometeorologii*. PWN Warszawa. ss. 179.
- Mazurczyk W. 1995. Modelowanie potencjalnej produktywności oraz czynników kształtujących nagromadzenie biomasy i plonu bulw w łanach ziemniaka. *Fundacja Rozwoju SGGW*. Warszawa. ss. 56.
- Mazurczyk W. 1996. Wyznaczanie potencjału produkcji biomasy oraz kwantyfikacja wybranych czynników kształtujących plon ziemniaka. *Fragm. Agron.* 13(2): 5–39.
- Mazurczyk W., Lis B. 2001. Variation of chemical composition of tubers of potato table cultivars grown under deficit and excess of water. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 10/51: 27–30.
- Mazurczyk W., Wierzbicka A., Goc K. 2001. Porównanie pomiarów meteorologicznych uzyskanych metoda tradycyjną oraz za pomocą automatycznej stacji Campbella. W: *Problematyka pomiarów i opracowań elementów meteorologicznych*. Mrugała S. (red.). Wyd. UMCS, Lublin, 67–74.
- Mazurczyk W., Wierzbicka A., Trawczyński C. 2006. Wykorzystanie potencjału plonowania przez odmiany ziemniaka uprawiane w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 363–368.
- Radomski C. 1987. *Pomiary i obliczanie parowania*. Agrometeorologia. PWN Warszawa: 173–186.
- Rijk B., Ittersuma M., Withagen J. 2013. Genetic progress in Dutch crop yields. *Field Crop Res.* 149: 262–268.
- Van der Zaag D.E. 1984. Reliability and significance of a simple method of estimating the potential yield of potato crop. *Potato Res.* 27: 51–73.
- Wierzbicka A. 2014. Zmiany klimatycznego bilansu wodnego w okresie wegetacji ziemniaka w regionie północnego Mazowsza w latach 1973–2012. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 576: 207–215.
- Wierzbicka A., Mazurczyk W. 2007. Oszacowanie energii słonecznej pochłanianej przez listowie ziemniaka w czasie wegetacji. *Pam. Puł.* 144: 145–154.

A. WIERZBICKA, C. TRAWCZYŃSKI

YIELDS POTENTIAL AND LEVEL OF THEIR UTILIZATION BY THE POTATO CULTIVARS REGISTERED IN THE YEARS 2006-2015

Summary

The aim of the study was to estimate the potential yield of potato (Y_p) and the extent of their use (Y_a/Y_p) for cultivars grown in science field experiments. In the years 2006–2015 at the Plant Breeding and Acclimatization Institute in Jadwisin (Mazovia) tested 82 varieties, including 69 of edible and 13 of starchy.

Yields potential (Y_p) were calculated according to the method of van der Zaaga [Mazurczyk 1996] average amounted $13.1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ dry weight, and the use of the potential yield (Y_a/Y_p) – 0.78. Depending on the type utility and a group of earliness of the cultivar differentiation potential yields ranged from 11.1 to $15.1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ dry weight of tubers and utilization of the potential yield (Y_a/Y_p) from 0.72 to 0.89. Foreign cultivar use of the potential yield of 11% worse than Polish. Ten years of research results contributed to the calculation of the loss dry matter yield caused by water factor. Based on the value of climatic water balance ($P-E_o$), where on the side of income are, P – precipitation, and on the side of expenditures, E_o – evapotranspiration showed that in conditions deficit of water ($P-E_o > -80$), these losses amounted to $5.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, and on excess of water ($P-E_o > 120$) $4.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ dry weight, which corresponds to 24 and $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ fresh weight.

Key words: potato, potential yields, utilization of the potential yield, water factor

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 29.08.2016

Do cytowania – *For citation*

Wierzbicka A., Trawczyński C. 2016. Plony potencjalne oraz stopień ich wykorzystania przez odmiany ziemniaka zarejestrowane w latach 2006–2015. *Fragm. Agron.* 33(4): 145–154.