



REAKCJA ZIEMNIAKÓW ŚREDNIO WCZESNYCH ORAZ ŚREDNIO PÓŹNYCH I PÓŹNYCH NA CZYNNIK WODNY W WARUNKACH GLEB KOMPLEKSÓW PSZENNYCH I ŻYTNICH

Kazimierz Chmura, Halina Dzieżyc, Maciej Piotrowski
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

RESPONSE OF MEDIUM EARLY, MEDIUM LATE AND LATE POTATOES TO WATER FACTOR ON WHEAT AND RYE SOIL COMPLEXES

Streszczenie

W pracy wykorzystano dane dotyczące plonów ziemniaków uprawianych na glebach kompleksu pszenno-bardzo dobrego i dobrego oraz żytniego bardzo dobrego i dobrego, w 11 stacjach doświadczalnych oceny odmian z lat 1996-2005. Dla gleb kompleksów pszenno i żytno zbudowano modele plonu ziemniaków średnio wczesnych oraz średnio późnych i późnych w postaci funkcji regresji (wielomian 2-go stopnia z interakcjami), w której zmiennymi objaśniającymi były sumy opadów atmosferycznych w miesiącach maj-czerwiec i lipiec-sierpień. Modele badano w przedziale 75–175 mm opadu dla okresu maj-czerwiec i 90–220 mm opadu okresu lipiec-sierpień, co odpowiadało w przybliżeniu średniej \pm odchylenie standardowe tych parametrów.

We wszystkich przypadkach znacznie silniej oddziałującym na wysokość plonu czynnikiem okazał się opad okresu lipiec-sierpień. Dla ziemniaków średnio wczesnych uprawianych na glebach pszenno, optymalnym dla uzyskania najwyższych plonów był układ czynników, w których niskim opadom okresu maj-czerwiec (88 mm) towarzyszyły wysokie opady okresu lipiec-sierpień (217 mm). Plony osiągnięte w tych warunkach wynosiły 594 dt·ha⁻¹. Uprawiane na tych samych glebach ziemniaki średnio późne i późne reagowały podobnie na wodę pochodzącą z opadów. Optymalnym układem czynników był: opad okresu maj-czerwiec – 76 mm i lipiec-sierpień – 220 mm, dający plon 643 dt·ha⁻¹.

Ziemniaki średnio wczesne uprawiane na glebach kompleksów żytnich plonowały najwyżej ($481 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$), gdy opad okresu maj-czerwiec był powyżej średniej (143 mm), a okresu lipiec-sierpień najwyższy (220 mm). Ziemniaki średnio późne i późne na tych glebach dawały najwyższy plon ($512 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) przy podobnych warunkach opadowych w badanych okresach, odpowiednio: 140 i 220 mm.

Dla obu grup wczesności tak na glebach kompleksów pszennych jak i żytnich, niskim opadom okresu maj-czerwiec (75 mm) oraz lipiec-sierpień (90 mm) odpowiadały najniższe plony.

Badając analogiczne modele procentowej zawartości skrobi w bulwach ziemniaków zauważono, że parametr ten zależał głównie od opadów w okresie lipiec-sierpień, które silniej oddziaływały na glebach kompleksów żytnich niż pszennych.

Słowa kluczowe: ziemniaki średnio wczesne, ziemniaki średnio późne, ziemniaki późne, opad, potrzeby wodne

Summary

The data on the yield of potatoes grown on very good and good wheat soil complex as well as very good and good rye soil complexes in 11 experimental stations of varieties evaluation in 1996-2005 were used in this paper. For the wheat and rye soil complexes models of medium early as well as medium-late and late potato crop were constructed as regression functions (quadratic polynomial with interactions), in which the amount of precipitation in May-June and July-August were independent variables. Models were studied in the range of 75-175 mm precipitation in May-June, and 90-220 mm precipitation in July-August, which corresponds to the average \pm standard deviation of these parameters.

In all cases, July-August precipitation was the factor more strongly affecting the yield. For medium early potatoes grown on wheat soils the optimum for obtaining the highest yields proved to be the set of factor: low May-June precipitation (88 mm) appeared with high July-August precipitation (217 mm). The yield achieved under these conditions amounted to $594 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$. Medium late and late potatoes grown on the same soil reacted similarly to water from rain - the optimum set of factors was: May-June precipitation - 76 mm and July-August - 220 mm, giving a yield of $643 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Medium early potatoes grown on rye soils had the highest yield ($481 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) when the May-June precipitation was above average (143 mm) and July-August one was high (220 mm). Medium late and late potatoes on these soils gave the maximum yield ($512 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) in similar conditions - 140 and 220 mm of precipitation respectively. The lowest yields were associated with low rainfall in May-June (75 mm) and in July-August (90 mm) for both groups of earliness and both: rye and wheat soil complexes. By examining similar models of the percentage of starch in potato tubers it was noted that this parameter depended mainly on precipitation in July and August, which stronger affected on rye than wheat soil complexes.

Key words: medium early potatoes, medium late potatoes, late potatoes, precipitation, water needs

WSTĘP

Warunki klimatyczno-glebowe na większości obszaru Polski sprzyjają uprawie ziemniaków. Na ich wzrost, rozwój i plonowanie oprócz zabiegów agrotechnicznych największy wpływ ma pogoda, a zwłaszcza ilość i rozkład opadów [Nowak 2006]. Czynniki te zdaniem Głuskiej [1994] nie są jednak w Polsce korzystne dla uprawy ziemniaków, gdyż susze i posuchy często występują w lipcu i sierpniu, tj. w okresie dużych potrzeb wodnych tych roślin.

Wymagania wodne ziemniaków, podobnie jak innych roślin uprawnych, określane są najczęściej jako opady optymalne dla całego okresu wegetacyjnego, jego poszczególnych miesięcy, a także dekad [Dzieżyc i in. 1987, Nowak 1989; Nyc K 2006]. Wielkości te wyznaczone dla całego czasu wegetacji nie uwzględniają rozkładu opadu. Z kolei podział na mniejsze okresy stanowi w modelach statystycznych trudność, wynikającą z uwzględniania dużej ilości zmiennych objaśniających, które dodatkowo są w interakcji w oddziaływaniu na wysokość plonu. Stąd proponowane w pracy modele plonowania ziemniaków w zależności od opadów uwzględniają dwa okresy: mniejszego i większego zapotrzebowania na wodę z uwzględnieniem ich interakcji. Mają one tę zaletę, że zależności otrzymane w ten sposób łatwo jest przedstawić graficznie, co ułatwia ich interpretację.

Ziemniaki są roślinami tolerancyjnymi w odniesieniu do gleby, stąd też sady je zarówno na glebach kompleksów pszennych jak i żytnich [Chmura 2001]. Ich zapotrzebowanie na wodę różni się jednak w zależności od zwięzłości gleby, czy też kompleksu rolniczej przydatności [Kołodziej 1996, Dzieżyc i in. 1987, Nowak 1989, Nyc 2006, Żarski i in. 2011], dlatego modele opracowano osobno dla gleb kompleksów pszennych i żytnich.

MATERIAŁ I METODY

Dane dotyczące plonów i opadów pochodziły z lat 1996-2005 z 11 Stacji Doświadczalnych Oceny Odmian w Chrzastowie, Bobrowniach, Lubinicku, Słupi Wielkiej, Kościelcu, Lućmierzu, Karżniczce, Naroczycach, Węgrzicach, Nowym Lublińcu i Seroczyniu. Uwzględniono następujące odmiany ziemniaków średnio wczesnych: 'Ibis', 'Irga', 'Kolia', 'Głada', 'Folva', 'Pirol', 'Sante', 'Maryna', średnio późnych: 'Lawina', 'Ania', 'Danusia', 'Syrena', 'Vistula', późnych: 'Bzura', 'Hinga' i 'Markies'. Ziemniaki uprawiane były na glebach kompleksu pszennego bardzo dobrego i dobrego oraz żytniego bardzo dobrego i dobrego.

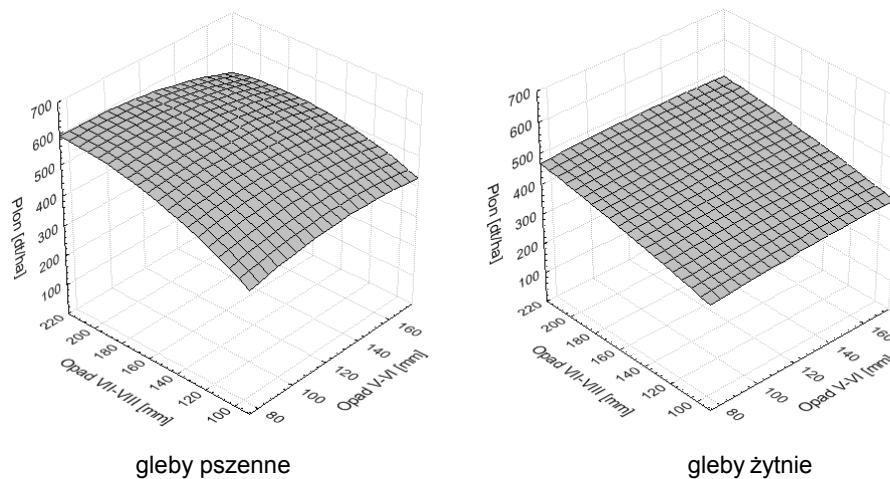
Zapotrzebowanie ziemniaków na wodę nie jest jednakowe w całym okresie wegetacyjnym. Od sadzenia do fazy kwitnienia jest niższe, w stosunku do okresu od kwitnienia do dojrzewania roślin (żółknięcia liści) [Chmura i in. 2009]. Wg Radzkiej i in. [2010] największe potrzeby wodne tej rośliny przypa-

dają na okres zawiązywania bulw i ich intensywnego wzrostu, który przypada tuż przed kwitnieniem i trwa kilka dekad. Kołodziej [1996] w badaniach wpływu opadów na plonowanie ziemniaków późnych dzieli okres wegetacyjny na fazy: sadzenie – kwitnienie i kwitnienie - zasychanie łętów. Na podstawie wieloletnich danych z obszaru całej Polski Kalbarczyk i Kalbarczyk [2004, 2010] stwierdzają, że kwitnienie ziemniaków średnio wczesnych i średnio późnych występuje przeciętnie w 1-szej dekadzie lipca, natomiast zasychanie łętów dla ziemniaków średnio wczesnych - 20 sierpnia, a średnio późnych – 3 września. Ponadto wg wielu autorów lipiec i sierpień to miesiące największych potrzeb opadowych ziemniaków średnio późnych i późnych [Nowak 1989, Nowak 2006, Nyc 2006, Kalbarczyk R. i Kalbarczyk E, 2009]. Biorąc pod uwagę te informacje podzielono czas wegetacji ziemniaków na dwa okresy: maj-czerwiec (I połowa wegetacji) i lipiec-sierpień (II połowa wegetacji). Osobno dla gleb kompleksów pszennych (pszenny bardzo dobry i dobry) oraz żytnich (żytni bardzo dobry i dobry) zbudowano modele plonu ziemniaków średnio wczesnych oraz średnio późnych i późnych w postaci funkcji regresji (wielomian 2. stopnia z interakcjami), w której zmiennymi objaśniającymi były sumy opadów w tych okresach. Uzyskane funkcje badano w przedziale 75–175 mm opadu okresu maj-czerwiec i 90–220 mm opadu okresu lipiec-sierpień, co odpowiadało w przybliżeniu średniej \pm odchylenie standardowe tych parametrów. Wyznaczono wartość plonu dla charakterystycznych układów opadu pierwszej i drugiej połowy okresu wegetacyjnego. Określono układ optymalny i najmniej korzystny oraz graficznie przedstawiono funkcje.

Analogiczne modele zastosowano badając wpływ opadów na procentową zawartość skrobi w bulwach ziemniaków, biorąc pod uwagę tylko plony ziemniaków odmian skrobiowych.

WYNIKI

Z uzyskanych modeli wynika, że plon ziemniaków średnio wczesnych uprawianych na glebach kompleksów pszennych, silniej kształtowała suma opadów drugiej połowy wegetacji (lipiec-sierpień) niż pierwszej (maj-czerwiec; rys.1, tab.1.). Wyższe plony odpowiadały niskim opadom pierwszej, a wysokim drugiej połowy wegetacji. Maksymalny plon wynoszący $594 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ wyznaczono przy opadzie 88 mm w okresie maj-czerwiec i 217 mm w okresie lipiec-sierpień. Natomiast najniższemu plonowi ($407 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) odpowiadały najniższe rozpatrywane opady, tj. 75 mm w okresie pierwszym i 90 mm w drugim. Ponadto zauważono, że wraz ze wzrostem sumy opadów okresu maj-czerwiec, najkorzystniejsza dla plonu ziemniaków średnio wczesnych suma opadów w okresie lipiec-sierpień zmniejszała się. I tak: gdy opad maja-czerwca wynosił 75 mm, w okresie lipiec-sierpień optymalne było 220 mm, gdy 125 mm – 202 mm, a gdy 175 – 181 mm.



Rysunek 1. Zależność plonu ziemniaków średnio wczesnych od opadu maj-czerwiec i lipiec-sierpień

Figure 1. Dependence of medium early potato yielding on May-June and July-August precipitation

Tabela 1. Plon ziemniaków średnio wczesnych w zależności od sumy opadów okresów maj-czerwiec i lipiec-sierpień

Table 1. Medium early potato yield as dependent on May-June and July-August precipitation

Badany czynnik		Opad VII-VIII (mm)			Optymalny opad VII-VIII dla ustalonego opadu V-VI (mm)	Układ optymalny opadów V-VI i VII-VIII (mm/mm)	Najmniej korzystny układ opadów V-VI i VII-VIII (mm/mm)
		minimalny 90	średni 155	maksymalny 220			
		Plon na glebach kompleksów pszen-nych (dt·ha ⁻¹)					
Opad V-VI (mm)	minimalny 75	407	544	592	220	88/217 (plon 594 dt·ha ⁻¹)	75/90 (plon 407 dt·ha ⁻¹)
	średni 125	447	557	576	202		
	maksymalny 175	426	508	500	181		
		Plon na glebach kompleksów żytnich (dt·ha ⁻¹)					
Opad V-VI (mm)	minimalny 75	347	416	467	220	143/220 (plon 481 dt·ha ⁻¹)	75/90 (plon 347 dt·ha ⁻¹)
	średni 125	367	433	480	220		
	maksymalny 175	371	433	478	220		

Plon ziemniaków średnio wczesnych uprawianych na glebach kompleksów żytnich najsilniej uzależniony był od opadów drugiej połowy wegetacji (rys.1, tab.1). Nadmiar wody opadowej w okresie maj-czerwiec, który pogarszał plonowanie na glebach pszennych, w tym przypadku, dzięki przepuszczalności gleby, nie miał negatywnego działania. Dla uzyskania maksymalnych plonów ($481 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) potrzebne było 143 mm w pierwszej połowie wegetacji i 220 mm w drugiej. Te 220 mm opadu w drugiej połowie wegetacji było wielkością optymalną niezależnie od opadów w pierwszej połowie. Podobnie jak na glebach kompleksów pszennych najniższe plony ($347 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) odpowiadały najniższym opadom zarówno okresu maj-czerwiec jak i lipiec-sierpień.

Różnica plonu w optymalnych i najmniej korzystnych warunkach opadowych dla ziemniaków średnio wczesnych uprawianych na glebach pszennych wynosiła $18,7 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$, a na żytnich $13,4 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Miesięczne opady optymalne w przypadku ziemniaków średnio wczesnych na glebach lekkich uzyskane przez Dzieżyc [Nowak 1989], dają po zsumowaniu 130 mm w okresie maj-czerwiec i 176 mm w okresie lipiec-sierpień, a więc są nieco niższe niż w badanym modelu dla gleb żytnich. Wg Trybały [1996], potrzeby wodne tych odmian ziemniaków w sezonie wegetacji są o około 50 mm wyższe na glebach lekkich niż na średnich i ciężkich. Również większe zapotrzebowanie na wodę ziemniaków średnio wczesnych w całym sezonie wegetacyjnym na glebach kompleksów żytnich w stosunku do pszennych stwierdza Nowak [1989].

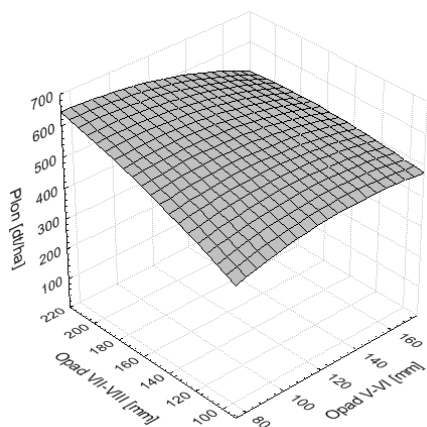
Reakcja ziemniaków średnio późnych i późnych na opady była podobna jak ziemniaków średnio wczesnych, ale ich plony były przeciętnie o kilkadziesiąt $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ wyższe (tab. 2, rys. 2). Na glebach kompleksów pszennych najwyższe plony odpowiadały niskim opadom w pierwszym okresie wegetacji i wysokim w drugim. Maksymalny plon był osiągnięty już przy opadzie 76 mm w okresie maj-czerwiec i przy najwyższym badanym opadzie (220 mm) w lipcu i sierpniu, a minimalny przy najniższych opadach w obu okresach (75 i 90 mm). Przy najniższym (75 mm) i średnim (125 mm) opadzie w pierwszej połowie wegetacji optymalna suma opadów w drugiej wynosiła 220 mm, a przy najwyższym (175 mm) - 182 mm.

Na glebach żytnich ziemniaki średnio późne i późne reagowały dużo silniej na opady okresu lipiec-sierpień, niż okresu maj-czerwiec. Optymalne okazały się warunki zbliżone do uzyskanych dla ziemniaków średnio wczesnych, tj. 140 mm opadu w pierwszej połowie wegetacji i 220 mm w drugiej. Z modelu wynika ponadto, że 220 mm opadu w okresie lipiec-sierpień było też wielkością optymalną dla wszystkich wartości opadu maj-czerwiec. Podobnie jak w przypadku ziemniaków średnio wczesnych plon był najniższy, gdy opady były jednocześnie najniższe w obu okresach.

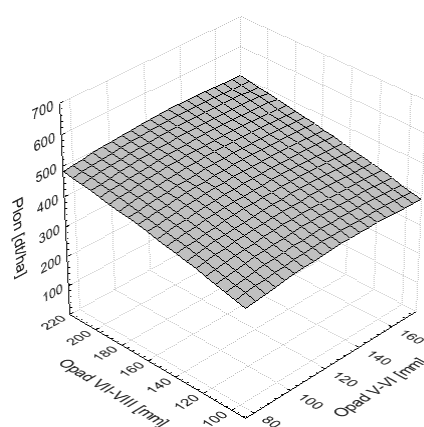
Tabela 2. Plon ziemniaków średnio późnych i późnych w zależności od sumy opadów okresów maj-czerwiec i lipiec-sierpień

Table 2. Medium late and late potato yield as dependent on May-June and July-August precipitation

Badany czynnik		Opad VII-VIII (mm)			Optymalny opad VII-VIII dla ustalonego opadu V-VI (mm)	Układ optymalny opadów V-VI i VII-VIII (mm/mm)	Najmniej korzystny układ opadów V-VI i VII-VIII (mm/mm)
		minimalny 90	średni 155	maksymalny 220			
		Plon na glebach kompleksów pszennych (dt·ha ⁻¹)					
Opad V-VI (mm)	minimalny 75	428	554	643	220	76/220 (plon 64,3 dt·ha ⁻¹)	75/90 (plon 42,8 dt·ha ⁻¹)
	średni 125	486	567	609	220		
	maksymalny 175	474	508	505	182		
		Plon na glebach kompleksów żytnich (dt·ha ⁻¹)					
Opad V-VI (mm)	minimalny 75	364	431	482	220	140/220 (plon 51,2 dt·ha ⁻¹)	75/90 (plon 36,4 dt·ha ⁻¹)
	średni 125	391	459	510	220		
	maksymalny 175	382	451	503	220		



gleby pszenne



gleby żytnie

Rysunek 2. Zależność plonu ziemniaków średnio późnych i późnych od opadu maj-czerwiec i lipiec-sierpień

Figure 2. Dependence of medium late and late potato yielding on May-June and July-August precipitation

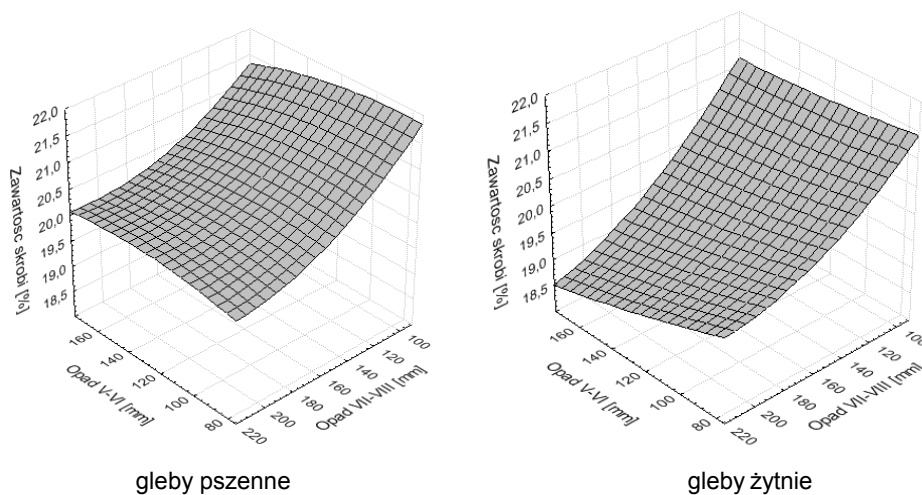
Podawane przez Klatta [Nyc 2006] miesięczne wartości optymalne dla ziemniaka późnego, zsumowane wg wydzielonych w pracy okresów wynoszą dla pierwszej połowy wegetacji 110 mm i 150 dla drugiej połowy $\pm 15\%$, w zależności od ciężkości gleby. Kołodziej [1996] prowadząc badania ziemniaków późnych na glebie brunatnej wytworzonej z lessu, jako optymalne w fazie od sadzenia do kwitnienia uznaje opady średnie (101-239 mm), a w fazie kwitnienie-zasychanie łątów – wysokie (powyżej 240 mm). Wg Trybały [1996] opady optymalne dla ziemniaków późnych na glebach ciężkich w całym sezonie wegetacyjnym wynoszą 300-350 mm, a dla gleb lekkich 400-450 mm. Kalbarczyk i Kalbarczyk [2009] stosując analizę skupień dla danych z całej Polski podają, że ziemniaki średnio późne i późne osiągają najwyższe plony przy niższych opadach w maju, umiarkowanych w czerwcu i ponadprzeciętnych w lipcu, co nie stoi w sprzeczności z wynikami uzyskanymi z omawianych modeli.

Analizując modele zawartości skrobi w bulwach ziemniaków odmian skrobiowych (wyrażoną w procentach) stwierdzono znaczny wpływ opadu okresu lipiec-sierpień (tab. 3, rys. 3).

Tabela 3. Zawartość skrobi w bulwach ziemniaków w zależności od sumy opadów okresów maj-czerwiec i lipiec-sierpień

Table 3. The starch content in potato tubers as dependent on May-June and July-August precipitation

Badany czynnik		Opad VII-VIII (mm)			Optymalny opad VII-VIII dla ustalonego opadu V-VI (mm)	Układ optymalny opadów V-VI i VII-VIII (mm/mm)	Najmniej korzystny układ opadów V-VI i VII-VIII (mm/mm)
		minimalny 90	średni 155	maksymalny 220			
		Zawartość skrobi (%) gleby kompleksów pszennych					
Opad V-VI (mm)	minimalny 75	21,8	20,5	20,0	90	75/90 (zawartość skrobi 21,8 %)	75/220 (zawartość skrobi 20,0 %)
	średni 125	21,7	20,6	20,2	90		
	maksymalny 175	21,3	20,3	20,1	90		
		Zawartość skrobi (%) gleby kompleksów żytnich					
Opad V-VI (mm)	minimalny 75	21,4	20,1	19,6	90	75/90 (zawartość skrobi 21,4 %)	175/220 (zawartość skrobi 18,5 %)
	średni 125	21,2	19,7	19,0	90		
	maksymalny 175	21,1	19,4	18,5	90		



Rysunek 3. Zależność zawartości skrobi w bulwach ziemniaków od opadu maj-czerwiec i lipiec-sierpień

Figure 3. Dependence the starch content in potato tubers on May-June and July-August precipitation

Wzrost tego parametru powodował zmniejszenie zawartości skrobi w ziemniakach, zarówno z gleb kompleksów pszennych jak i żytnich. Jeśli chodzi o zawartość procentową skrobi, to najbardziej optymalny był najniższy opad okresu lipiec-sierpień, niezależnie od opadu w maju i czerwcu. Większe różnice zawartości skrobi pod wpływem czynnika opadowego stwierdzono na glebach kompleksów żytnich niż na pszennych. Negatywny wpływ opadów w całym okresie wegetacyjnym na zawartość skrobi w ziemniakach różnych grup wczesności stwierdził Chmura [2001] na podstawie 22 letnich badań w Samotworze k. Wrocławia.

WNIOSKI

1. Ziemniaki średnio wczesne oraz średnio późne i późne reagują podobnie na warunki opadowe, rozpatrywane w okresach maj-czerwiec i lipiec-sierpień. Maksymalne wartości plonu na glebach kompleksów pszennych osiągnane są przy stosunkowo niskich opadach okresu maj-czerwiec – 88 mm dla ziemniaków średnio wczesnych oraz 76 mm dla ziemniaków średnio późnych i późnych a wysokich dla okresu lipiec-sierpień – odpowiednio: 220 i 217 mm. Ziemniaki średnio wczesne na glebach kompleksów żytnich dla uzyskania maksymalnych plonów potrzebują natomiast opadów 143 mm w pierwszej i 220 w drugiej połowie wegetacji, a ziemniaki średnio późne i późne odpowiednio 140 i 220 mm.

2. Ziemniaki badanych grup wczesności uprawiane na glebach kompleksów pszennych i żytnich plonują najslabiej przy najniższych wartościach opadu w obu okresach (75 i 90 mm).

3. Wzrost opadu w okresie lipiec-sierpień zmniejsza zawartość skrobi w bulwach ziemniaków uprawianych na glebach kompleksów pszennych i żytnich.

BIBLIOGRAFIA

- Chmura K. *Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania uprawy ziemniaka w południowo-zachodniej Polsce*. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Rozprawy CLXXX, 410, 2001, 109 ss.
- Chmura K., Chylińska E., Dmowski Z., Nowak L. *Rola czynnika wodnego w kształtowaniu plonu wybranych roślin polowych*. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich. Infrastructure and Ecology of Rural Areas, 9, 2009, s. 33-44.
- Dzieżyc J., Nowak L., Panek K. *Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 314, 1987, s. 11-33.
- Głuska A. *Wpływ ilości i rozkładu opadów w głównych miesiącach wegetacji (VI –IX) na plon ziemniaka w zależności od terminu sadzenia i wczesności odmiany*. Biul. Inst. Ziemn. 44, 1994, s. 65-79.
- Kalbarczyk E., Kalbarczyk R. *Wpływ warunków termicznych i opadowych na agrofizjologię ziemniaka średnio wczesnego w Polsce*. Acta Agrophysica 3(1), 2004, s. 65-74.
- Kalbarczyk R., Kalbarczyk E. *Potrzeby i niedobory opadów atmosferycznych w uprawie ziemniaka średnio późnego i późnego w Polsce*. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich. Infrastructure and Ecology of Rural Areas 3, 2009, s. 129-140.
- Kalbarczyk E., Kalbarczyk R. *Przebieg faz fenologicznych ziemniaka i jego uwarunkowania wieloletnią zmiennością temperatury powietrza w Polsce*. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, vol. LXV (4) sectio EE, 2010, s. 1-11.
- Kołodziej J. *Wpływ opadów atmosferycznych na plonowanie ziemniaków późnych na stacji CO-BORU w Węgrzyczkach k/Krakowa*. Fragmenta Agronomica 4 (52), 1996, s. 100-106.
- Nowak L. *Nawadnianie roślin okopowych w Nawadnianie roślin pod red. Stanisława Karczmarczyka i Lecha Nowaka*, PWRiL, 2006, s. 367-372.
- Nowak L. *Potrzeby wodne roślin okopowych w Potrzeby wodne roślin uprawnych pod red. Józefa Dzieżyc*, Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa, 1989, s. 85-118.
- Nyc K. *Wprowadzanie systemów nawadniających w Nawadnianie roślin pod red. Stanisława Karczmarczyka i Lecha Nowaka*, PWRiL, 2006, s. 157-174.
- Radzka E., Jankowska J., Koc G., Rak J. *Wpływ posuch na plonowanie ziemniaka w środkowoschodniej Polsce*. Fragmenta Agronomica 27(4), 2010, s. 111-118.
- Trybała M. *Potrzeby wodne roślin uprawnych w Gospodarka wodna w rolnictwie pod redakcją Mieczysława Trybały*, PWRiL, Warszawa, 1996, s. 120-142.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R. *Potrzeby i efekty nawadniania ziemniaka na obszarach szczególnie deficytowych w wodę*. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich. Infrastructure and Ecology of Rural Areas 5, 2011, s. 175-182.

Dr hab. inż. Kazimierz Chmura
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Architektury Krajobrazu
50-363 Wrocław
pl. Grunwaldzki 24a
(71) 3205588
e-mail: kazimierz.chmura@up.wroc.pl

Mgr inż. Halina Dzieżyc
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Katedra Gospodarki Przestrzennej
50-357 Wrocław
ul. Grunwaldzka 53
(71) 3205566
e-mail: halina.dziezyc@up.wroc.pl

Dr inż. Maciej Piotrowski
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Architektury Krajobrazu
50-363 Wrocław
pl. Grunwaldzki 24a
(71) 3205560
e-mail: maciej.piotrowski@up.wroc.pl

