

ANNA WIERZBICKA, WŁADYSŁAW MAZURCZYK

Zakład Agronomii Ziemiaka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Jadwisin

OSZACOWANIE ENERGII SŁONECZNEJ POCHŁANIANEJ PRZEZ LISTOWIE ZIEMIAKA W CZASIE WEGETACJI

Estimation of solar radiation intercepted by potato canopy during the vegetation period

ABSTRAKT: Wyniki eksperymentalne przedstawione w tej pracy pochodzą z doświadczenia polowego przeprowadzonego w IHAR Jadwisin w latach 2001 i 2002 obejmującego 2 odmiany bardzo wczesne ziemniaka uprawiane na trzech poziomach nawożenia azotem: 0, 100 i 200 kg N·ha⁻¹. Pomiarzy stopnia pochłaniania energii fotosyntetycznie czynnej (IPAR_%) oraz pokrycia gleby przez listowie (GC) wykonywano raz w tygodniu od początku wschodów do zaschnięcia roślin. Sumaryczną energię PAR określano za pomocą automatycznej stacji Campbella zlokalizowanej w Jadwisinie. Dysponując danymi odnośnie ilości energii PAR docierającej do jednostki powierzchni łąnu roślin oraz wartościami IPAR_% obliczono ilość energii fotosyntetycznie czynnej pochłoniętej przez listowie (IPAR) dla całych okresów wegetacji oraz dla 60 i 75 dnia po posadzeniu. Porównano również zależność między GC a IPAR_%.

Sumaryczna ilość energii PAR pochłoniętej przez rośliny była zróżnicowana w zależności od odmiany, nawożenia azotem, lat uprawy oraz długości przedziału wegetacji. Zróżnicowanie to wahało się w szerokich granicach od 81 do 359 MJ·m⁻². Po 60 dniach od posadzenia sumaryczna energia PAR pochłonięta przez rośliny wahała się od 81 do 147 MJ·m⁻². Po 75 dniach od posadzenia od 160 do 263 MJ·m⁻², a w całym okresie wegetacji rośliny pochłonięły od 203 do 359 MJ·m⁻². Pełnemu pokryciu gleby przez listowie (100%) odpowiadało najczęściej pochłanianie energii PAR w ilości niewiele ponad 90% na poletkach nawożonych azotem. Na poletkach z zerową dawką azotu maksymalne pokrycie gleby wynosiło od 84 do 95% w zależności od odmiany i roku uprawy, czemu odpowiadały wartości IPAR_% od 51 do 85%. Analiza statystyczna wykazała wysoce istotną zależność ($P = 0,01$) między GC a IPAR_%, którą opisać można następującym równaniem: $IPAR_{\%} = 0,691GC + 8,9$; $r = 0,924$, $n = 48$.

słowa kluczowe – key words:

ziemniak – *potato*, pokrycie gleby – *ground cover*, energia słoneczna pochłonięta – *intercepted solar radiation*, dawki N – *N rates*

WSTĘP

Energia słoneczna jest jednym z najważniejszych czynników środowiska warunkujących przebieg procesów morfogenezy oraz nagromadzenie biomasy. Bioma-

sę roślinną można bowiem traktować jako swoisty „magazyn” energii słonecznej o długości fal od 400 do 700 nm (PAR). Energia ta jest mierzona jako gęstość aktywnych fotonów w molach·m⁻²·s⁻¹, gdzie 1 mol = 6,022 · 10²³ fotonów. Udział PAR w całkowitym promieniowaniu słonecznym (300–3000 nm) może wahać się od 38% dla dnia słonecznego do 58% dla dnia pochmurnego. Uważa się, że w dłuższych odcinkach czasu PAR stanowi około 45% całkowitego promieniowania słonecznego (3, 13). Można przyjąć, że badania zależności przyrostu suchej masy roślin od wielkości zakumulowanej energii słonecznej pochłoniętej przez rośliny zapoczątkował Monteith (15). Od tego czasu liniową zależność przyrostu suchej masy roślin od ilości światła słonecznego pochłoniętego przez listowie wykazało wielu autorów zarówno w przypadku ziemiaka (1, 10, 11), jak i innych roślin (4, 12).

Celem niniejszej pracy jest zaprezentowanie wyników dotyczących pochłaniania energii słonecznej przez rośliny bardzo wczesnych odmian ziemiaka, w których powierzchnia liści modyfikowana była przez zróżnicowany poziom nawożenia azotem. Ponadto omówiona zostanie zależność pomiędzy pokryciem gleby a stopniem pochłaniania energii PAR.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2001 i 2002 w oddziale IHAR w Jadwisinie, oddalonym ok. 30 km na północ od Warszawy; o położeniu geograficznym: $\varphi = 52^{\circ} 29' N$, $\lambda = 21^{\circ} 03' E$, $h = 105$ m n.p.m. Porównywano kombinacje z zastosowaniem trzech poziomów nawożenia azotem (0, 100 i 200 kg N·ha⁻¹) i dwoma bardzo wczesnymi odmianami ziemiaka (Bard i Molli). Azot stosowano dogłębowo: dawkę 100 kg N·ha⁻¹ – przed sadzeniem, dawkę 200 kg N·ha⁻¹ dzielono na dwie części: 100 kg N·ha⁻¹ wysiewano przed sadzeniem oraz 100 kg N·ha⁻¹ – przed wschodami. Nawożenie fosforem, potasem i obornikiem było stałe w dawkach: P – 53 kg·ha⁻¹, K – 150 kg·ha⁻¹ i obornik – 25 t·ha⁻¹. Ziemiaki uprawiano na glebie lekkiej w rozstawie 75 × 33 cm. Zbiór przeprowadzono w trzech terminach: I – po 60, II – po 75 dniach od posadzenia i III – po dojrzeniu (tab. 1). Pomiary promieniowania całkowitego (Ra) oraz fotosyntetycznie czynnego (PAR) prowadzono z wykorzystaniem czujników SP1110 i SKP215 stanowiących wyposażenie automatycznej stacji Campbella zlokalizowanej w Jadwisinie. Energię słoneczną pochłanianą przez listowie ziemiaka oceniano na podstawie stopnia pochłaniania promieniowania fotosyntetycznie czynnego (IPAR_%) mierzonego solarymetrem wg metody Gallo i Daughtry (8). Pomiary te wykonywano raz w tygodniu od początku wschodów do zaschnięcia roślin za pomocą liniowego solarymetru SunfleckPAR Ceptometer firmy Delta T Devices Ltd. model SF-80. Składa się on z listwy o długości 90 cm z 80 czujnikami światła umieszczonymi w odstępach 1 cm. Zgodnie z metodyką pomiarów solarymetr umieszczano w pozycji poziomej prostopadle do rzędów na

wysokości około 30 cm ponad listowiem ziemniaka oraz pod listowiem tak, aby wszystkie liście znajdowały się ponad listwą. Pochłanianie energii fotosyntetycznie czynnej wyliczono według wzoru 1:

$$\text{IPAR}_{\%} = \frac{[1 - T] \cdot 100}{S}$$

gdzie: $\text{IPAR}_{\%}$ – stopień pochłaniania energii PAR przez listowie (%)

T – gęstość strumienia kwantów PAR pod listowiem ($\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

S – gęstość strumienia kwantów PAR padająca na listowie ($\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

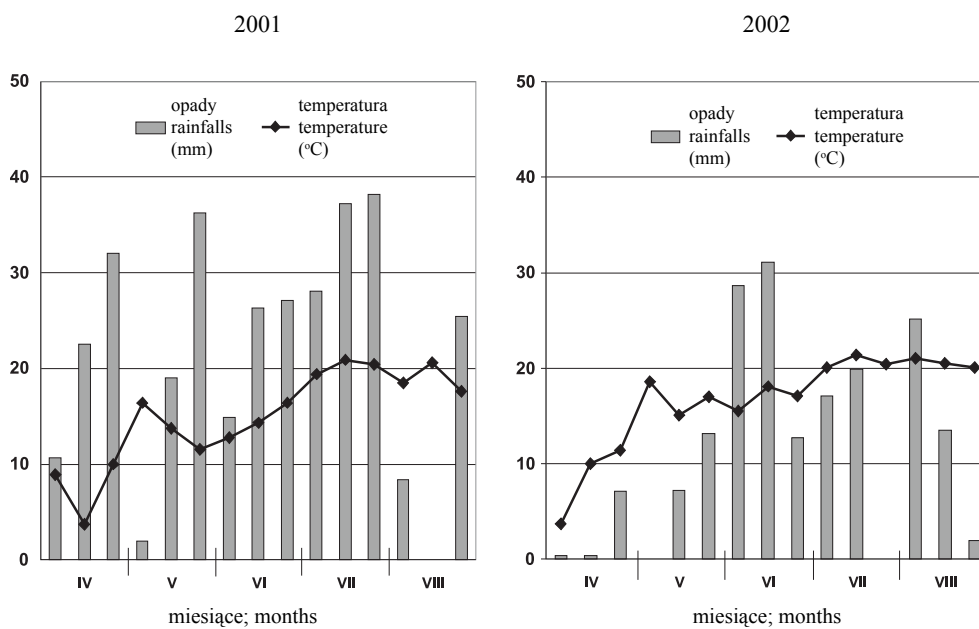
Dysponując danymi odnośnie ilości energii PAR docierającej do jednostki powierzchni łanu roślin w każdym tygodniu wegetacji oraz stopniem pochłaniania tej energii ($\text{IPAR}_{\%}$) obliczano ilość energii fotosyntetycznie czynnej pochłoniętej przez listowie (IPAR) w tym samym czasie. W czasie wegetacji raz w tygodniu określano również pokrycie gleby (GC) metodą Khurana i McLarena (11). Pomiaru te wykonywano ramką podzieloną na 100 równych sekcji. Wymiary ramki 75 cm × 132 cm dostosowano do szerokości międzyrzędzi 75 cm i odległości roślin w rzędzie 33 cm tak, aby obejmowała ona 4 rośliny.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie wykorzystując do oceny istotności test F-Snedecora. Dla badanych odmian wykonano analizę wariancji dla pokrycia gleby przez listowie, stopnia pochłaniania energii fotosyntetycznie czynnej ($\text{IPAR}_{\%}$) oraz jej ilości pochłoniętej (IPAR) dla każdego roku oddzielnie, gdzie czynnikami były: I dawka azotu, II odmiana, III termin zbioru. Zależność pomiędzy stopniem pochłaniania energii ($\text{IPAR}_{\%}$) a pokryciem gleby (GC) przeanalizowano z wykorzystaniem pakietu Statgraphics Plus 4.1.

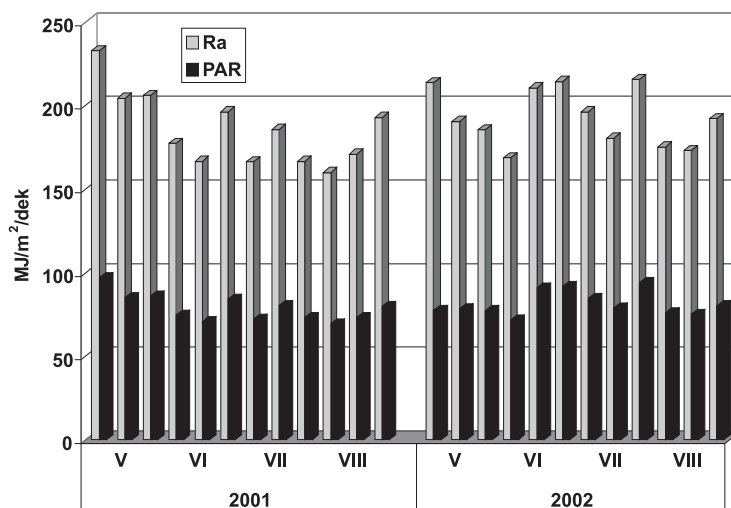
Warunki klimatyczne lat 2001 i 2002 scharakteryzowano na podstawie ilości opadów i temperatury powietrza (rys. 1), promieniowania całkowitego (Ra) i fotosyntetycznie czynnego (PAR) (rys. 2). Zaopatrzenie ziemniaków w wodę porównywano z optymalnym zaopatrzeniem określonym przez Dzieżycyca i in. (5).

WYNIKI BADAŃ

Pomimo różnic w warunkach pogodowych w latach badań 2001 i 2002 wschody odmian były wyrównane, a pełnia wschodów wystąpiła w podobnym terminie (tab. 1). Rok 2001 był chłodniejszy i wilgotniejszy od roku 2002 (rys. 1). Średnia temperatura powietrza w maju 2001 r. wynosiła 13,8°C, a w czerwcu 14,5°C i była niższa od średniej wieloletniej o 2,1°C. Natomiast w 2002 temperatura kwietnia była wyższa od średniej wieloletniej o 0,7°C, a maja o 3,1°C i wynosiła odpowiednio: 8,4 i 16,9°C. Przez cały okres wegetacji występował niedobór wody wynoszący dla kwietnia, maja, czerwca i lipca odpowiednio: -32,1, -30,6, - 8,6 i -37,4 mm. W ciepłym 2002 r. (rys. 2) od pełni wschodów do końca zasychania suma promieniowania całkowitego wynosiła 1369 a w 2001 – 1250 MJ·m⁻². Najwyższe dekadowe wartości



Rys. 1. Dekadowe sumy opadów i średnie dekadowe temperatury powietrza w latach 2001 i 2002
Decade sum of rainfall and ten-days air temperature mean in 2001 and 2002



Rys. 2. Dekadowe sumy całkowitego (Ra) i fotosyntetycznie czynnego promieniowania (PAR)
Decade sum of total (Ra) and photosynthetically active radiation (PAR)

Tabela 1

Terminy sadzenia i zbioru ziemniaków
Planting and harvesting dates of potato

Lata Years	Termin sadzenia Planting dates	Pełnia wschodów Full emergence	Terminy zbioru Harvesting dates		
			I	II	III
2001	24.04	21.05	25.06	11.07	28.08
2002	18.04	20.05	18.06	2.07	26.08

promieniowania słonecznego całkowitego odnotowano w II i III dekadzie czerwca oraz w III dekadzie lipca roku 2002. Przekraczały one $200 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ i wynosiły odpowiednio: 210, 214 i $215 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, podczas gdy w tych okresach roku 2001 były mniejsze od $200 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ wynosząc odpowiednio 177, 166 i $166 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Niezależnie od roku udział promieniowania PAR w całkowitym promieniowaniu wahał się w miesiącach V–VIII od 40 do 44% i wynosił średnio dla obu lat 42%.

Wykorzystując stopień pochłaniania energii określony solarymetrycznie w każdym tygodniu okresu wegetacji oraz sumaryczną wartość energii PAR docierającej do łanu ziemniaka obliczono ilość energii PAR pochłoniętą przez listowie ziemniaka odmian Bard i Molli w następujących terminach zbioru charakteryzujących poniższe przedziały wegetacji (tab. 2):

- I. od pełni wschodów do zbioru po 60 dniach od posadzenia (pełnia kwitnienia)
- II. od pełni wschodów do zbioru po 75 dniach od posadzenia
- III. od pełni wschodów do końca wegetacji.

Zróżnicowanie ilości PAR pochłoniętego wahało się w szerokich granicach od $80,9$ do $359,3 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ w zależności od długości przedziału wegetacji, nawożenia i odmiany (tab. 2). Od pełni wschodów do zbioru po 60 dniach rośliny pochłonięły od $80,9$ do $147,3 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, od pełni wschodów do zbioru po 75 dniach: $160,3$ – $263,0 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, a w czasie całego okresu wegetacyjnego od $202,7$ do $359,3 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Ilość pochłoniętego PAR różniła się w latach badań. W 2001 r. najwięcej energii PAR pochłonięły rośliny uprawiane w obiektach z dawką $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ dla II i III przedziału wegetacji, a w 2002 na dawce $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w każdym badanym przedziale wegetacji. Maksymalna ilość pochłoniętej energii wynosiła odpowiednio dla roku 2001 od pełni wschodów do zbioru po 75 dniach: $263,0$ dla odmiany Bard i $241,1 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ dla odmiany Molli oraz od pełni wschodów do końca wegetacji $323,0$ dla odmiany Bard i $308,1 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ dla odmiany Molli. Natomiast w 2002 roku dla odmian Bard i Molli w badanych przedziałach wegetacji (I, II, III) wartości IPAR wynosiły odpowiednio: $130,4$, $135,5$, $245,1$, $253,9$, $336,3$ i $359,3 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. W 2002 roku odmiana Molli charakteryzowała się istotnie wyższymi niż odmiana Bard wartościami IPAR.

Maksymalne wartości $\text{IPAR}_{\%}$ odnotowano, gdy rośliny były w fazie kwitnienia (tab. 3). W tym stadium zaznaczyły się wyraźne różnice w ilości pochłoniętego

Tabela 2

Sumaryczna energia PAR docierająca do łanów i pochłonięta (IPAR) przez rośliny dwóch wczesnych odmian ziemniaka
Total incident (PAR) and intercepted (IPAR) energy absorbed by plants of two early potato varieties

Rok Year	Długość badanego okresu Length of tested period*	Dawka N N rate (kg·ha ⁻¹)	PAR (MJ·m ⁻²)	IPAR (MJ·m ⁻²)	
				Bard	Molli
2001	I	0	265,4	106,0	134,8
		100	265,4	147,3	133,7
		200	265,4	129,2	122,4
	II	0	395,6	170,2	239,1
		100	395,6	263,0	241,1
		200	395,6	238,7	212,6
	III	0	534,2	202,7	281,0
		100	534,2	323,0	308,1
		200	534,2	309,7	266,4
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:					
dawek N; N rates					3,9
odmian; cultivars					r.n.
2002	I	0	224,4	80,9	115,6
		100	224,4	106,8	120,2
		200	224,4	130,4	135,5
	II	0	356,4	160,3	201,5
		100	356,4	207,0	237,7
		200	356,4	245,1	253,9
	III	0	587,8	228,7	279,5
		100	587,8	281,9	332,7
		200	587,8	336,3	359,3
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:					
dawek N; N rates					2,3
odmian; cultivars					1,9

* I – od pełni wschodów do zbioru po 60 dniach od posadzenia; from full emergence to harvest 60 days after planting (DAP)

II – od pełni wschodów do zbioru po 75 dniach od posadzenia; from full emergence to harvest 75 DAP

III – od pełni wschodów do końca wegetacji; from full emergence to the end of vegetation,

r.n. – różnice nieistotne; not significant differences

promieniowania przez rośliny w zależności od zastosowanej dawki azotu. W 2001 najwyższe wartości IPAR_% odnotowano przy pełnym pokryciu gleby na poletkach z nawożeniem dawką 100 kg N·ha⁻¹, a w 2002 dawką 200 kg N·ha⁻¹. Pełnemu pokryciu gleby przez listowie (100%) odpowiadało pochłanianie światła w ilości niewiele ponad 90% na poletkach nawożonych azotem. W przypadku poletek z dawką zerową azotu maksymalnemu GC wynoszącemu od 84 do 95% odpowiadały wartości IPAR_% od 51 do 85%. W obu latach na polu wyraźnie odróżniały się kombinacje kontrolne. Rośliny na tych kombinacjach były wyrównane, ale o drobnych i jasnozielonych liściach. Brak zwarcia rzędów wpłynął na obniżenie wartości IPAR_%

Tabela 3

Maksymalne wartości pokrycia gleby (GC) i stopnia pochłaniania energii słonecznej (IPAR_%)
u wczesnych odmian ziemniaka. Jadwisin 2001–2002
Maximum recorded values of ground cover (GC) and percentage of interception energy (IPAR_%)
for two potato cultivars. Jadwisin 2001–2002

Termin pomiaru Terms	Faza fenologiczna Phenology	Dawka N N rate (kg·ha ⁻¹)	Bard		Molli	
			IPAR _%	GC (%)	IPAR _%	GC (%)
25.06.2001	pełnia kwitnienia full blooming	0	55	84	85	94
		100	91	100	83	100
		200	79	100	71	100
3.07.2001	koniec kwitnienia end of blooming	0	54	81	84	90
		100	91	100	83	100
		200	91	100	73	95
17.06.2002	pełnia kwitnienia full blooming	0	51	90	71	95
		100	82	100	89	100
		200	90	100	84	100
25.06.2002	koniec kwitnienia end of blooming	0	59	90	63	95
		100	86	100	89	100
		200	86	100	92	100
średnia; mean			76	95	81	97

Tabela 4

Istotność wpływu czynników na badane parametry oraz procentowy ich udział w wariancji całkowitej
Significance of the factors on tested parameters and their percentage share in the total variability

Czynnik Factor	Lata badań Years	Istotność wpływu Significance of the influence of						Procentowy udział w wariancji całkowitej Percentage share in the total variability					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
GC	2001	xx	xx	xx	xx	-	-	4,2	0,4	93,6	0,4	1,0	0,1
	2002	xx	xx	xx	x	xx	-	1,6	0,7	91,8	0,1	5,2	0,2
IPAR _%	2001	xx	-	xx	x	-	-	4,3	0,2	80,1	6,0	4,0	0,8
	2002	xx	xx	xx	-	-	-	10,2	2,9	78,4	0,3	3,7	1,3
IPAR	2001	xx	-	xx	x	-	-	4,7	0,3	81,7	5,8	3,0	0,4
	2002	xx	xx	xx	-	-	-	6,6	1,9	86,8	0,2	2,9	0,6

x – istotny; significant

xx – wysoce istotny; highly significant

- nieistotne; not significant

1. dawka azotu; N rates

2. odmiana; cultivar

3. terminy pomiaru; terms

4. dawka × odmiana; rate × cultivar

5. dawka × terminy; rate × terms

6. odmiana × terminy; cultivar × terms

wynoszących w 2001 roku maksymalnie u odmiany Bard 55%, a u odmiany Molli 85%; oraz w 2002 roku odpowiednio: 59 i 71%.

Pomiary pokrycia gleby GC i $IPAR_{\%}$ posłużyły do ustalenia liniowej zależności pomiędzy tymi parametrami. Jest ona opisana równaniem: $IPAR_{\%} = 0,691GC + 8,9$; $r = 0,924$; $n = 48$ (8 pomiarów/tygodni \times 3 dawki N \times 2 lata).

Istotność wpływu czynników agrotechnicznych w latach uprawy 2001 i 2002 na badane parametry przedstawiono w tabeli 4. W największym stopniu zależały one od terminu zbioru, który pośrednio określał fazę fenologiczną roślin. Ich udział w wariancji całkowitej był bardzo wysoki, od 78 do 94%, dla każdego parametru w obu latach badań. Dominacja faz rozwojowych nad pozostałymi czynnikami spowodowała, że pomimo dużego wpływu nawożenia azotem na rozwój listowia jego udział w zmienności całkowitej wynosił tylko od 1,6 do 10,2%. Analiza wariancji wykazała brak znaczącego wpływu odmiany oraz współdziałania badanych czynników na omawiane parametry, czyli GC, $IPAR_{\%}$, IPAR.

DYSKUSJA

Udział promieniowania PAR w całkowitym w miesiącach V–VIII wynosił średnio 42%, niezależnie od warunków klimatycznych badanych lat (2001–2002). Podobne wyniki przedstawiono w pracy Mazurczyka i in. (13), gdzie udział promieniowania PAR w promieniowaniu całkowitym wyniósł średnio 43% dla lat 1998/1999.

Maksymalne wartości $IPAR_{\%}$ różniły się w zależności od zastosowanej dawki azotu w badanych latach. Niższe wartości $IPAR_{\%}$ w 2001 roku na dawce 200 kg N·ha⁻¹ mogą wynikać ze stresu spowodowanego nadmiarem azotu w warunkach niskich temperatur powietrza (7).

Gallo i Daughtry (8) obliczali wartości energii pochłoniętej (APAR) wg wzoru 2 i (IPAR) wg wzoru 3:

$$APAR = (PAR_0 + RPAR_s) - (TPAR + RPAR_c) \quad /2/$$

$$IPAR = PAR_0 - TPAR \quad /3/$$

gdzie: APAR – energia zaabsorbowana przez liście,

PAR_0 – energia fotosyntetycznie czynna padająca na określoną powierzchnię,

RPAR_s – energia odbita od gleby,

TPAR – energia transmitowana,

RPAR_c – energia odbita od listowia.

Stwierdzili oni, że różnice w wartości energii pochłoniętej obliczonej według wzorów APAR (bardziej skomplikowany) i IPAR (uproszczony) nie przekraczają 3,5%. W uproszczeniu założono, że promieniowanie odbite od gleby (RPAR_s ze znakiem „+”) we wzorze 2 było niwelowane przez promieniowanie odbite od listowia (RPAR_c ze znakiem „-”). Dlatego też radzą posługiwać się wzorem uproszczonym /3/ uwzględniającym tylko energię transmitowaną z pominięciem promieniowania odbitego od gleby i listowia. Według pomiarów prowadzonych w latach 2001–2002,

od 4 do 5% energii PAR ulegało odbiciu od listowia przy pełnym pokryciu gleby, zaś średnio 3% energii PAR odbijane było od gleby. Różnicę między tymi wartościami, czyli 1–2% można uznać za błąd wynikający z uproszczonego sposobu obliczania energii pochłoniętej przez listowie.

Badania posłużyły do ustalenia liniowej zależności pochłaniania światła od pokrycia gleby, co wykazali również inni autorzy (2, 6, 9). Przedstawione równanie pozwala na obliczanie stopnia pochłaniania promieniowania PAR w oparciu o tańsze i łatwiejsze do wykonania pomiary pokrycia gleby. Chociaż pomiary stopnia pokrycia gleby są nieraz bezpośrednio wykorzystywane przy oszacowaniu pochłaniania energii słonecznej, to jednak dokładniejsze są bezpośrednie dane o stopniu pochłaniania PAR (1, 2, 6).

WNIOSKI

1. Pokrycie gleby przez listowie ziemniaka, stopień pochłaniania energii PAR oraz ilość energii PAR pochłoniętej przez rośliny zmieniały się istotnie w okresie wegetacji.

2. Po 60 dniach od posadzenia sumaryczna energia PAR pochłonięta przez rośliny wahała się od 81 do 147 MJ·m⁻² w zależności od nawożenia, odmiany i roku uprawy. Po 75 dniach od posadzenia wynosiła od 160 do 263 MJ·m⁻², a w całym okresie wegetacji rośliny pochłonięły od 203 do 359 MJ·m⁻².

3. Wykazano liniową zależność pomiędzy stopniem pochłaniania (IPAR_%) a pokryciem gleby przez listowie (GC) wczesnych odmian ziemniaka opisaną równaniem: $IPAR_{\%} = 0,691GC + 8,9$.

4. Na poletkach nawożonych azotem pełnemu pokryciu gleby przez listowie (100%) odpowiadało najczęściej około 90% pochłanianie energii PAR

5. Na poletkach z zerową dawką azotu maksymalne pokrycie gleby wynosiło od 84 do 95% w zależności od odmiany i roku uprawy, czemu odpowiadały wartości IPAR_% od 51 do 85%.

LITERATURA

1. Allen E., Scott R.: An analysis of growth of the potato crop. J. Agric. Sci., Camb., 1980, **94**: 583-606.
2. Burstall L., Harris P.: The estimation of percentage light interception from leaf area index and percentage ground cover in potatoes. J. Agric. Sci., Camb., 1983, **100**: 241-244.
3. Czarnowski M.: Promieniowanie fotosyntetycznie czynne. Wiad. Bot., 1983, **27**: 271-287.
4. Ceotto E., Castelli F.: Radiation-use efficiency in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): response to nitrogen supply, climatic variability and sink limitations. Field Crop Res., 2002, **74**: 117-130.
5. Dzieżyc J., Nowak L., Panek K.: Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1987, **314**: 35-47.

6. Firman D., Allen E.: Relationship between light interception, ground cover and leaf area index in potatoes. *J. Agric. Sci., Cambridge*, 1989, **113**: 355-359.
7. Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K.: Czynniki wpływające na zawartość azotanów w bulwach. *Biul. Inst. Ziem., Bonin*, 1996, **47**: 111-126.
8. Gallo K., Daughtry C.: Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies. *Agron. J.*, 1986, **78**: 752-756.
9. Haverkort A., Uenk D., Veroude H., Van de Waart M.: Relationship between ground cover, intercepted solar radiation, leaf area index and infrared reflectance of potato crops. *Potato Res.*, 1991, **34**: 113-121.
10. Haverkort A., Harris P.: Conversion coefficient between intercepted solar radiation and tuber yields of potato crops under tropical highlands conditions. *Potato Res.*, 1986, **25**: 529-533.
11. Khurana S., McLaren J.: The influence of leaf area, light interception and season on potato growth and yield. *Potato Res.*, 1982, **25**: 329-342.
12. Kumar P. i in.: Radiation and water use efficiencies of rainfed castor beans (*Ricinus communis* L.) in relation to different weather parameters. *Agric. Forest Meteorology*, 1996, **81**: 241-253.
13. Mazurczyk W., Wierzbicka A., Goc K.: Porównanie pomiarów meteorologicznych oraz za pomocą automatycznej stacji Campbella. Problematyka pomiarów i opracowań elementów meteorologicznych. UMCS, suplement, Lublin 2001, 67-75.
14. Millard P., Marshall B.: Growth, nitrogen uptake and partitioning within the potato (*Solanum tuberosum* L.) crop in relation to nitrogen application. *J. Agric. Sci., Cambridge*, 1986, **107**: 421-429.
15. Monteith J.: Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Phill. Trans. R. Soc., London*, 1977, **281**: 277-294.

ESTIMATION OF SOLAR RADIATION INTERCEPTED BY POTATO CANOPY DURING THE VEGETATION PERIOD

Summary

Two Polish potato cultivars with very early yielding were grown in a field experiment (2001 and 2002) at three nitrogen levels: 0, 100, and 200 kg·ha⁻¹ at the Experimental Station in Jadwisin, Poland. The degree of interception of photosynthetically active radiation (IPAR%) with a portable line sensor (delta T Devices) and soil cover by foliage (GC) using a frame divided into 100 rectangles were measured once a week during vegetation period. Total radiation (Ra) and PAR data was obtained from the Campbell weather station located also in Jadwisin. Total intercepted photosynthetically active radiation (IPAR) by potato crops was calculated for three periods: from full emergence (0) until 60 days after planting (DAP); 0–75 DAP; 0 DAP – end of vegetation. Relationship between (GC) and (IPAR%) was analysed using Statgraphics Plus version 4, as well.

Total energy PAR intercepted by potato plants dependent on the length of tested period, nitrogen dose, year of cultivation and variety. It amounted between 80 and 359 MJ·m⁻². IPAR values for particular tested periods were as follows: 81–147 MJ·m⁻² for 0–60 DAP, 160–263 MJ·m⁻² for 0–75 DAP and 203–359 MJ·m⁻² for the whole vegetation. Full ground cover by canopy (100%) corresponded interception PAR slightly above 90% on the nitrogen (N) fertilized plots. Plots without N applied reached maximum GC values from 84 to 95% with IPAR% values between 51 to 85% respectively. Regression analysis of the results showed significant correlation between GC and IPAR%, which can be described the following formula (significant at P = 0.01): $IPAR\% = 0.691GC + 8.9$; $r = 0.924$; $n = 48$.

Praca wpłynęła do Redakcji 23 XI 2005 r.