

# **PORÓWNAWCZA ANALIZA ROZWOJU, PLONOWANIA I WYDAJNOŚCI FOTOSYNTETYCZNEJ ROŚLIN DWÓCH BARDZO WCZESNYCH ODMIAN ZIEMNIAKA: RUTA I KARATOP**

## **CZEŚĆ II**

### **ANALIZA PRZY UŻYCIU APARATURY KONTROLNO-POMIAROWEJ**

*Krystyna Rykaczewska<sup>1</sup>, Stefan Pietkiewicz<sup>2</sup>, Mahomed Hazem Kalaji<sup>2</sup>,  
Edyta Kotlarska-Jaros<sup>2</sup>, Wiesława Piotrowska<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Zakład Agronomii Ziemiaka,

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie

<sup>2</sup>Katedra Fizjologii Roślin, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## **Wstęp**

Porównawcza analiza rozwoju i plonowania roślin ziemniaka metodą klasyczną charakteryzuje się wysoką pracochłonnością. Kompleksowe zastosowanie przenośnej, zminiaturyzowanej aparatury kontrolno-pomiarowej umożliwia dokładne scharakteryzowanie roślin w łanie metodą niedestrukcyjną i bez zaangażowania wielu osób do prac polowych [NALBORCZYK 1992; 1996]. Aparaturę tę stosowano już z powodzeniem w badaniach nad roślinami zbożowymi, strączkowymi, kukurydzą i innymi [FARQUHAR, SHARKEY 1982; KRAUSE, WEISS 1984; BOLHRR-NORDENKAMPE, ÖQUIST 1993; ŁOBODA 1993; NIERÓBCA, FABER 1996; GONTARCZYK 1998; DALBIAK 2002; MURKOWSKI 2002]. W polskim piśmiennictwie niewiele jest dotychczas informacji odnośnie produktywności i wynikającej stąd produktywności roślin łąn ziemniaka, uzyskanych przy kompleksowym wykorzystaniu przenośnej skomputeryzowanej aparatury.

Celem niniejszej pracy była próba wprowadzenia do badań polowych nad ziemniakiem teje aparatury oraz kompleksowego scharakteryzowania za jej pomocą rozwoju, przyrostu biomasy i wydajności fotosyntetycznej roślin dwóch bardzo wczesnych odmian ziemniaka, o zróżnicowanym poziomie plonowania [RYKACZEWSKA 2004].

## **Materiał i metody**

Badania przeprowadzono w roku 2002 na polu doświadczalnym Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin (IHAR) w Jadwisinie. Obiektem były bardzo wczesne odmiany ziemniaka Ruta i Karatop. Dokładny opis doświadczenia przedstawiono w I części pracy [RYKACZEWSKA 2004].

W okresie wegetacji do serii kompleksowych pomiarów zastosowano aparaturę kontrolno-pomiarową, której wykaz przedstawiono w tabeli 1. Terminy wykonywania pomiarów były następujące: 6 czerwca, w fazie początku/pełni kwitnienia, 20 czerwca, w fazie końca kwitnienia i 4 lipca, po zakończeniu kwitnienia. Za pomocą ceptometru (tab. 1, pkt. 1) dokonano pomiarów fotosyntetycznie aktywnej radiacji (PAR), wskaźnika powierzchni liści (LAI) i wskaźnika transmisji PAR do spodu łąnu (TAO). Jako wynik jednego powtórzenia pomiaru przyjmowano uśredniony wynik czterech cząstkowych pomiarów (pod roślinami i między redlinami).

Tabela 1; Table 1

Rodzaje aparatury zastosowanej w doświadczeniu  
Set of used instruments applicated in the experiment

Lp.; No	Aparat; Instrument	Producent; Producer
1.	Ceptometr AccuPAR Ceptometer AccuPAR	Decagon Devices USA
2.	Przeñośny analizator gazowy LI-6200 Portable gas exchange analyser LI-6200	LI-COR, Lincoln Nebraska, USA
3.	Miernik poziomu chlorofilu Minolta Camera SPAD 502 Chlorophyll content meter Minolta Camera SPAD 502	Minolta Co. Ltd. Japania
4.	Przeñośny analizator fluorescencji chlorofilu HandyPEA Portable chlorophyll fluorimeter HandyPEA	Hansatech Instruments UK

Pomiary parametrów wymiany gazowej w zamkniętym układzie analizatora LI-6200 (tab. 1, pkt. 2) wykonywano między godziną 10.00 a 12.00 i obejmowały one: intensywność fotosyntezy, transpirację, przewodność szparkową i międzykomórkowe stężenie  $\text{CO}_2$ . Początkowe stężenie  $\text{CO}_2$  wynosiło  $350 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ . Na podstawie otrzymanych wyników wyznaczono zewnętrzny (WUE) i wewnętrzny (WUEi) współczynnik efektywności wykorzystania wody.

Zawartość chlorofilu mierzono przy użyciu miernika poziomu chlorofilu (tab. 1, pkt. 3). Liczba pomiarów na każdym liściu wynosiła 10.

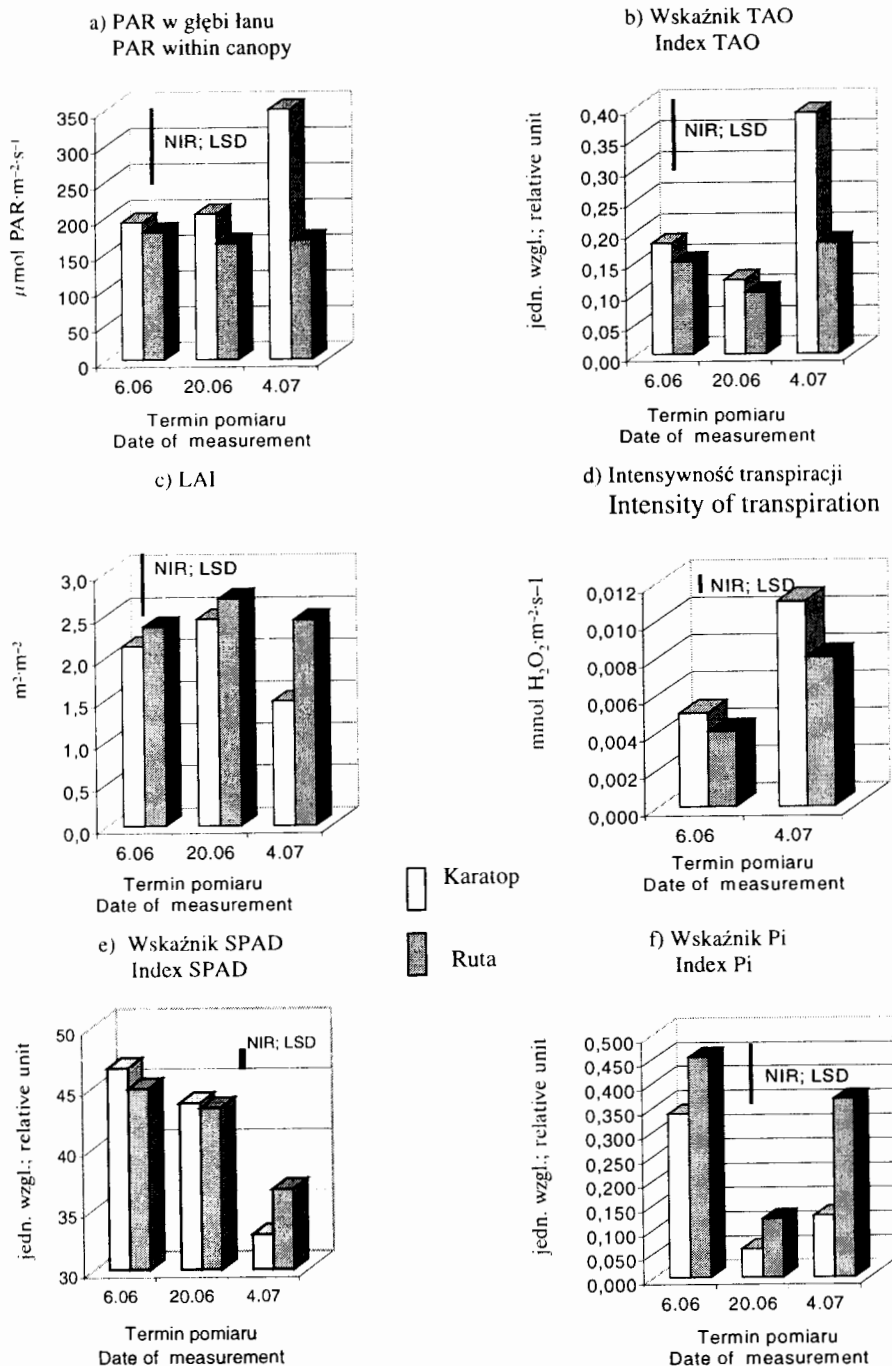
Przy pomiarach fluorymetrycznych za pomocą przeñośnego analizatora fluorescencji (tab. 1, pkt. 4) liście adaptowano do ciemności przez 20 minut. Następnie określano zgodnie z KALAJI i RUTKOWSKĄ [2004]: fluorescencję zerową ( $F_o$ ), maksymalną ( $F_m$ ), maksymalną efektywność reakcji fotochemicznej w PS II ( $F_v/F_m$ ), wskaźnik witalności PS II (P) i wielkość puli zredukowanych akceptorów elektronów, głównie plastochinonów w PS II (Area).

Analizy wykonywano zawsze na środkowej części młodych liści po osiągnięciu przez nie maksymalnej powierzchni. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, stosując dwuczynnikową analizę wariancji, gdzie czynnikami były: odmiana i termin pomiaru, a powtórzenia stanowiły cztery powtórzenia polowe.

## Wyniki

### Fotosyntetycznie aktywna radiacja (PAR)

Stwierdzono istotne różnice parametrów charakteryzujących absorpcję fotosyntetycznie aktywnej radiacji w łąnach badanych odmian (tab. 2). PAR w głębi-



Rys. 1. Charakterystyka badanych odmian za pomocą parametrów istotnie zróżnicowanych w poszczególnych terminach pomiaru

Fig. 1. Characteristics of tested cultivars with the aid of significantly differentiated parameters at several dates of measurements

Tabela 2; Table 2

Charakterystyka badanych odmian za pomocą parametrów uzyskanych przy użyciu miernika AccuPAR (wartości średnie dla trzech terminów pomiarów)  
 Characteristics of tested cultivars with the help of obtained parameters by using the AccuPAR instrument (mean value for three dates of measurements)

Badany parametr roślin Tested plant parameter	Odmiana Cultivar		
	Karatop	Ruta	różnica difference
Fotosyntetycznie aktywna radiacja w głębi łąnu (PAR) Photosynthetically active radiation (PAR) within canopy ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	249	170	79**
Wskaźnik powierzchni liści (LAI) Leaf area index (LAI)	2,02	2,50	0,48**
Wskaźnik transmisji PAR do głębi łąnu (TAO) Index of PAR transmission within canopy (TAO)	0,23	0,14	0,09**

Objaśnienia; Explanations:

\*\* istotność na poziomie  $P = 0,01$ ; significance at the level of  $P = 0.01$

łąnu odmiany Karatop była wyższa od PAR na tym samym poziomie łąnu odmiany Ruta o 46% i wynosiła  $249 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . W ostatnim terminie pomiaru, 4 lipca, osiągnęła najwyższy poziom  $340 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (rys. 1a). Transmisja PAR do spodu łąnu (wskaźnik TAO) u odmiany Karatop wynosiła przeciętnie dla terminów pomiaru 0,23, podczas gdy u odmiany Ruta 0,14. (tab. 2). Najwyższą wartość osiągnęła w trzecim terminie pomiaru, 4 lipca, na osiem dni przed początkiem dojrzewania roślin (rys. 1b). Oznacza to, iż rośliny odmiany Karatop wcześniej zamierały w związku z rozpoczęciem procesu dojrzewania.

### Wskaźnik powierzchni liści (LAI)

Stwierdzono istotne zróżnicowanie badanych odmian pod względem przeciętnej wielkości wskaźnika powierzchni liści (tab. 2). Wyższym wskaźnikiem LAI charakteryzowała się odmiana Ruta (2,50), a odmiana Karatop – niższym (2,02). Rośliny badanych odmian osiągnęły maksymalny poziom powierzchni liści w drugim terminie pomiaru, 20 czerwca (koniec kwitnienia), a największe istotne różnice między odmianami wystąpiły w trzecim terminie pomiaru, 4 lipca, przed początkiem dojrzewania (rys. 1c). Oznacza to, iż rośliny badanych odmian różniły się istotnie terminem początku zasychania.

### Wymiana gazowa

Przeciętna intensywność fotosyntezy roślin badanych odmian ziemniaka nie była wysoka i wynosiła  $7,63 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  u odmiany Karatop i  $6,57 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  u odmiany Ruta (tab. 3). Nie udowodniono istotności różnic między odmianami, ale intensywność fotosyntezy roślin odmiany Karatop była wyższa o  $1,06 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  niż roślin odmiany Ruta. Odmiana Karatop charakteryzowała się ponadto nieco wyższą przewodnością szparkową i wyższą intensywnością transpiracji niż odmiana Ruta (tab. 3, rys. 1d), przy bardzo zbliżonym między-

komórkowym stężeniu CO<sub>2</sub> (tab. 3). Przeciętny dla terminów pomiaru współczynnik efektywności wykorzystania wody (WUE) wskazuje na nieco mniej efektywną gospodarkę wodną odmiany Karatop (0,98 μmol CO<sub>2</sub> mmol<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O) w stosunku do odmiany Ruta (1,13 μmol CO<sub>2</sub> mmol<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O). Różnice te nie zostały jednak potwierdzone statystycznie. Wewnętrzny współczynnik efektywności wykorzystania wody był także wyraźnie niższy u odmiany Karatop (tab. 3).

Tabela 3; Table 3

Charakterystyka badanych odmian za pomocą parametrów uzyskanych przy użyciu analizatora gazowego LI-6200 (wartości średnie dla dwóch terminów pomiarów)

Characteristics of tested cultivars with the help of obtained parameters using the gas analyser Li-6200 (mean value for two dates of measurements)

Badany parametr roślin Tested plant parameter	Odmiana Cultivar		
	Karatop	Ruta	różnica difference
Intensywność fotosyntezy Photosynthesis intensity (μmol CO <sub>2</sub> ·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	7,63	6,57	1,06 r.n.
Transpiracja; Transpiration (mmol H <sub>2</sub> O·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	7,8	5,8	2,0*
Przewodność szparkowa Stomatal conductance (mol H <sub>2</sub> O·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	0,1165	0,0643	0,052 r.n.
Międzykomórkowe stężenie CO <sub>2</sub> Intracellular CO <sub>2</sub> concentration (μmol CO <sub>2</sub> ·mol <sup>-1</sup> )	343,9	348,8	4,9 r.n.
Współczynnik efektywności wykorzystania wody (WUE) Water use efficiency (μmol CO <sub>2</sub> ·mmol <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O)	0,98	1,13	0,15 r.n.
Wewnętrzny współczynnik efektywności wykorzystania wody (WUEi); Intrinsic water use efficiency (μmol CO <sub>2</sub> ·mol <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O)	65,49	102,18	46,69 r.n.

Objaśnienia; Explanations:

\* – istotność na poziomie P = 0,05; significance at the level P = 0.05

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

### Względna zawartość chlorofilu w liściach (SPAD)

Średnia zawartość chlorofilu w liściach badanych odmian była bardzo zbliżona (tab. 4). U odmiany Karatop wynosiła 41,1, a u odmiany Ruta 41,6 jednostek względnych. Wartość tego wskaźnika w poszczególnych terminach pomiaru była jednak istotnie zróżnicowana, z uwagi na wyraźne różnice w początku dojrzewania przypadającej na trzeci termin pomiaru (rys. 1e). Obydwie odmiany charakteryzowały się najwyższymi jego wartościami w pierwszym terminie pomiaru, na początku kwitnienia, 6 czerwca. Początkowo wartość SPAD u odmiany Karatop osiągała wyższy poziom niż u odmiany Ruta, a w końcowym terminie pomiaru – odwrotnie – poziom niższy (rys. 1e).

Tabela 4; Table 4

Charakterystyka badanych odmian za pomocą parametrów uzyskanych przy użyciu miernika poziomu chlorofilu SPAD-502 Minolta i fluorymetru Handy-PEA (wartości średnie dla trzech terminów pomiarów)

Characteristics of tested cultivars with the help of obtained parameters using the SPAD-502 Minolta and Handy-PEA fluorimeter (mean value for three dates of measurements)

Badany parametr roślin Tested plant parameter	Odmiana; Cultivar		
	Karatop	Ruta	różnica difference
Względna zawartość chlorofilu Relative chlorophyll contents	41,1	41,6	0,5 r.n.
Maksymalna efektywność reakcji fotochemicznej w PS II (Fv/Fm); Maximum quantum yield of Photosystem II (Fv/Fm)	0,596	0,683	0,087 r.n.
Wskaźnik efektywności działania fotosystemu II (PI) Performance index of Photosystem II (PI)	0,174	0,314	0,140**
Wielkość puli zredukowanych akceptorów elektronów PS II (Area); Size of the pool Photosystem II reduced electron ac- ceptor (Area)	29383	40783	11400**

Objaśnienia; Explanations:

\*\* – istotność na poziomie  $P \geq 0,01$ ; significance at the level  $P \geq 0,01$

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

## Fluorescencja chlorofilu a

Badane odmiany różniły się parametrami fluorescencji chlorofilu a (tab. 4). Odmiana Ruta charakteryzowała się wyższą maksymalną efektywnością reakcji fotochemicznej w PS II (Fv/Fm), wyższym wskaźnikiem jego witalności (PI) i wyższą wielkością puli zredukowanych akceptorów elektronów, głównie plastochinonów w PS II. Istotne zróżnicowanie wskaźnika efektywności fotosystemu II wystąpiło również między terminami pomiaru. Najwyższe wartości osiągał on w pierwszym terminie, a w drugim – najniższe (rys. 1f).

## Dyskusja

Rozwój nauki i techniki dostarcza nowych narzędzi badawczych, które mogą, a nawet powinny uzupełniać doświadczenia polowe [JELINOWSKA 1996a, b; NALBORCZYK 1996; RYKACZEWSKA 2004]. W pierwszej części pracy [RYKACZEWSKA 2004] stwierdzono, iż odmiana Karatop charakteryzowała się wyższą w stosunku do odmiany Ruta efektywnością wykorzystania asymilatów do formowania plonu rolniczego. Było to związane z większym udziałem frakcji organów asymilacyjnych w ogólnej masie rośliny w okresie od początku butonizacji do końca kwitnienia oraz wyższą względną szybkością wzrostu w okresie wegetacji. Uzyskane wyniki badań zostały osiągnięte na drodze żmudnych prac polowych i laboratoryjnych oraz wielu kalkulacji dla uzyskania wskaźników analizy wzrostu.

Zastosowana w niniejszej pracy przenośna, nowoczesna, skomputeryzowana i zminiaturyzowana aparatura kontrolno-pomiarowa pozwoliła na wielostronne scharakteryzowanie badanych odmian oraz na częściowe rozpoznanie mechaniz-

mów i prawidłowości biologicznych, warunkujących wzrost masy i plonowanie roślin ziemniaka.

Łany badanych odmian różniły się istotnie pod względem dostępności fotosyntetycznie aktywnej radiacji (PAR) do dolnych partii roślin. U odmiany Karatop stwierdzono wyższą w stosunku do odmiany Ruta transmisję PAR do głębszych partii łanu, co jest prawdopodobnie kluczowym czynnikiem zwiększonej produktywności tej odmiany. Przypuszczalnie nowe odmiany, hodowane z nastawieniem na wyraźne i wcześniejsze kształtowanie się plonu rolniczego, nie muszą wytwarzać listowia całkowicie zakrywającego dostęp PAR do redliny („hodowla na wysoki LAI”), a przeciwnie powinny efektywnie wykorzystywać na wszystkich poziomach łanu lepiej dostępną radiację. Stąd u nowych morfotypów ziemniaka znaczenie wskaźnika LAI wydaje się być mniejsze. Według NIERÓBCY i FABERA [1996] wskaźnik powierzchni liści łanu zbóż może być dobrym wskaźnikiem wegetacji roślin, ale stopień oceny na jego podstawie spodziewanego plonu jest ograniczony. Intensywność fotosyntezy u roślin typu C3 wynosi zwykle do  $20 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  [ŁOBODA 1993]. Zatem wartość ta u badanych odmian, wskutek niekorzystnych czynników środowiska, nie była wysoka – wynosiła przeciętnie  $7,10 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  i była nieco wyższa u odmiany Karatop, co wiązało się najprawdopodobniej z większą dostępnością PAR do głębi łanu tej odmiany. Fotosynteza jest procesem, który szybko reaguje na natężenie promieniowania. Na jej intensywność wpływa również przewodność szparkowa, która zmienia się zależnie od dostępności wody. W doświadczeniach prowadzonych na różnych roślinach obserwuje się wzrost fotosyntezy w miarę wzrostu przewodności szparkowej [SESAY 1997; GONTARCZYK 1998]. Według MEYERA i GENTLY [1996] przewodnictwo szparkowe może wynosić nawet  $1 \text{ mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . W niniejszej pracy, u odmiany Karatop zanotowano wyższą przewodność szparkową, wynoszącą  $0,1165 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , a u odmiany Ruta o połowę mniejszą. Obydwie badane odmiany charakteryzowały się stosunkowo niskim współczynnikiem efektywności wykorzystania wody (WUEi). Przypuszczalnie w czasie pomiarów rośliny były w stanie deficytu wodnego. Świadczą o tym dane, charakteryzujące przebieg pogody w doświadczeniu (opady i temperatura), zamieszczone w poprzedniej pracy [RYKACZEWSKA 2004], a także wyraźna zmiana tendencji zmian wewnętrznego współczynnika wykorzystania wody WUEi w porównaniu z WUE. Zdaniem BLUMA [1988] wewnętrzny WUEi charakteryzuje immanentną tendencję rośliny w wykorzystaniu wody w fotosyntezie, wynikającą z działania aparatów szparkowych o określonej aperturze, natomiast zewnętrzny WUE, uzależniony od wielkości transpiracji, odzwierciedla wpływy środowiskowe.

Jednymi z najważniejszych związków w roślinie, które wpływają na intensywność fotosyntezy i na produkcję biomasy, są barwniki asymilacyjne, czyli chlorofil i karotenoidy [KACZMARCZYK i in. 1993]. Według VOSA i BOMA [1993] pomiędzy zawartością chlorofilu w liściach ziemniaka oznaczanego metodą laboratoryjną a wartościami względnymi SPAD istnieje ścisła korelacja ( $r = 0,97$ ). W niniejszej pracy z porównania względnego poziomu chlorofilu w liściach roślin badanych odmian wynika, iż odmiana Karatop charakteryzowała się istotnie wyższym jego poziomem w stosunku do odmiany Ruta, we wczesnym ich stadium rozwojowym i w miarę trwania wegetacji następowały zmiany ilościowe i zmiany proporcji między odmianami, co wiązało się z krótszym okresem wegetacji odmiany Karatop. Podobnie zależności stwierdzili Vos i Bom [1993] u odmiany Vebece, u której SPAD przy nawożeniu azotem w ilości  $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  wynosił 46 jednostek

względnych na początku wegetacji i 24 jednostki względne w końcu wegetacji. Z uwagi na łatwość wykonywania tego rodzaju pomiarów w kolejnych badaniach należy potwierdzić znaczenie wskaźnika SPAD w charakteryzowaniu potencjału plonotwórczego odmian ziemniaka.

Fluorescencja chlorofilu a jest nowym narzędziem badań nad fotosyntezą [BOLHAR-NORDENKAMPF, ÖQUIST 1993]. W czasie stresu suszy lub wysokiej temperatury następuje wzrost fluorescencji chlorofilu a kosztem fotosyntetycznej konwersji zaabsorbowanych kwantów PAR. Według MURKOWSKIEGO [2002] intensywność fluorescencji roślin poddanych działaniu suszy związana jest z uszkodzeniem kompleksu fotosystemu II i kompleksu zbierającego światło (LHC II) oraz ze zmianami aktywności przenośników elektronów. W niniejszej pracy zaobserwowano wyższe wartości parametrów fluorescencji chlorofilu a u odmiany Ruta, co świadczy o jej większej wrażliwości na niesprzyjające warunki środowiska.

Podsumowując, spośród dwóch badanych odmian ziemniaka, Ruta charakteryzująca się wyższą powierzchnią asymilacyjną i większą wrażliwością na niesprzyjające czynniki środowiska, dzięki obniżonej intensywności fotosyntezy i transpiracji efektywnie wykorzystywała wodę w procesie fotosyntezy, wytwarzała większą masę części nadziemnej, ale znacznie później i mniej efektywnie kierowała produkowane asymilaty do bulw. Przeciwnie, odmiana Karatop, której niższe wartości parametrów charakteryzujących zdolność do tworzenia biomasy (powierzchnia, zawartość chlorofilu) zostały skompensowane przez wyższą fotosyntezę aparatu asymilacyjnego, absorbującego PAR w lepszej niż u odmiany Ruta strukturze rośliny, wcześniej i intensywniej tuberyzując dała wyższy plon bulw.

## Wnioski

1. Zastosowana w niniejszej pracy przenośna aparatura kontrolno-pomiarowa pozwoliła na kompleksowe scharakteryzowanie sposobu wykorzystania energii promieniowania słonecznego przez rośliny badanych odmian w łanie. Odmiana Karatop bardziej efektywnie niż odmiana Ruta wykorzystuje promieniowanie rozproszone w łanie na wszystkich poziomach listowia.
2. Wskaźnikami najbardziej przydatnymi do wyjaśniania mechanizmów związanych z wyższym poziomem produktywności i produktywności odmian ziemniaka były: absorpcja fotosyntetycznie aktywnej radiacji w głębi łanu, względna zawartość chlorofilu w liściach roślin i parametry fluorescencji chlorofilu a.
3. Uzyskane wyniki wymagają potwierdzenia w kolejnych doświadczeniach, na innych, jeszcze bardziej zróżnicowanych odmianach ziemniaka (morfotyp, wczesność, zastosowane czynniki agrotechniczne).

## Literatura

BLUM A. 1988. *Plant breeding for stress environments*. CRC Press, Inc., Florida: 223 ss.

Bolhar-Nordenkamp H.R., Öquist G. 1993. *Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research*, w: *Photosynthesis and production in a changing environment. A field and laboratory manual*. Chapman and Hall, London: 193–206.



- DALBIAK A. 2002. *Analiza wzrostu tradycyjnych i nowych morfotypów kukurydzy, bobiku i lubinu złotego*. Praca dokt., Katedra Fizjologii Roślin, Wydział Rolniczy, SGGW, Warszawa: 116 ss.
- FARQUHAR G.D., SHARKEY T.D. 1982. *Stomatal conductance and photosynthesis*. Ann. Rev. Plant. Physiol. 33: 317–345.
- GONTARCZYK M. 1998. *Fotosyntetyczna produktywność różnych form szarlatu (Amaranthus spp.)*. Praca dokt. Katedra Fizjologii Roślin, Wydział Rolniczy SGGW, Warszawa: 84 ss.
- JELINOWSKA S.A. 1996a. *Eksperyment polowy jako element badań w zakresie produkcji roślinnej*. Zeszyty Probl. Post. Nauk Rol. 447: 15–26.
- JELINOWSKA S.A. 1996b. *Dyskusja*. Zeszyty Probl. Post. Nauk Rol. 447: 119–124.
- KACZMARCZYK S., KOSZAŃSKI Z., PODSIADŁO C. 1993. *Przebieg niektórych procesów fizjologicznych oraz plonowanie pszenicy ozimej i pszenżyta pod wpływem deszczowania i nawożenia azotem*. Acta Agrobot. 46: 15–30.
- KALAJI H.M., RUTKOWSKA A. 2004. *Reakcja aparatu fotosyntetycznego siewek kukurydzy na stres solny*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 496: 545–558.
- KRAUSE G.H., WEISS E. 1984. *Chlorophyll fluorescence as a tool in plant physiology. II. Interpretation of fluorescence signals*. Photosynth. Res. 5: 139–157.
- ŁOBODA T. 1993. *Wymiana gazowa i wzrost roślin zbożowych różnych genotypów w zmieniających się warunkach środowiska*. Rozprawy. SGGW, Warszawa: 78 ss.
- MEYER S., GENTLY B. 1995. *Mapping intercellular CO<sub>2</sub> molar fraction (C<sub>i</sub>) in rosa leaf fed with ABA: significance of C<sub>i</sub> estimated from gas exchange*, w: *Photosynthesis from light to biosphere*. Mathis P. (red.), Vol. IV, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht 5: 603–606.
- MURKOWSKI A. 2002. *Oddziaływanie czynników stresowych na luminescencję chlorofilu w aparacie fotosyntetycznym roślin uprawnych*. PAN, Lublin. Monografia. Acta Agrophysica 61: 23–40.
- NALBORCZYK E. 1992. *Produkcyjność łąnów roślin uprawy polowej*. Fragm. Agron. 2: 5–13.
- NALBORCZYK E. 1996. *Dobór i wykorzystanie nowoczesnej aparatury kontrolno pomiarowej w doświadczałnictwie polowym. Część I. Oznaczenie wymiany gazowej, struktury przestrzennej i bilansu energii fotosyntetycznie czynnej radiacji roślin w łanie*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 447: 81–90.
- NIERÓBCA A., FABER A. 1996. *Indeks powierzchni liści jako wskaźnik stanu wegetacji oraz spodziewanego plonu pszenicy ozimej*. Fragm. Agron. 3: 55–58.
- RYKACZEWSKA K. 2004. *Porównawcza analiza rozwoju, plonowania i wydajności fotosyntetycznej roślin dwóch bardzo wczesnych odmian ziemniaka: Ruta i Karatop. Część I. Analiza klasyczna i wskaźnikowa*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 500: 167–179.
- SESAY S.G. 1997. *Effect of low soil moisture on some physiological parameters in the alternative crops of Amaranthus cruentus and Chenopodium quinoa*. Praca dokt. Katedra Fizjologii Roślin, Wydział Rolniczy SGGW, Warszawa: 120 ss.
- VOS J., BOM M. 1993. *Hand – held chlorophyll meter: a promising tool to assess the nitrogen states of potato foliage*. Potato Res. 36: 301–308.

**Słowa kluczowe:** ziemniak, odmiany bardzo wczesne, przenośna aparatura kontrolno-pomiarowa, fotosyntetycznie aktywna radiacja, wymiana gazowa roślin, SPAD, fluorescencja chlorofilu a

### Streszczenie

W pracy do badań polowych nad ziemniakiem wprowadzono przenośną aparaturę kontrolno-pomiarową i scharakteryzowano za jej pomocą rozwój, przyrost biomasy i wydajność fotosyntetyczną roślin dwóch bardzo wczesnych odmian ziemniaka, Karatop i Ruta, o zróżnicowanym poziomie plonowania. W badaniach zastosowano ceptometr AccuPAR, analizator gazowy LI-6200, miernik poziomu chlorofilu Minolta Camera SPAD 502 i analizator fluorescencji HandyPEA. Określono absorpcję fotosyntetycznie aktywnej radiacji (PAR), wskaźnik powierzchni liści (LAI), wskaźnik transmisji PAR do spodu łąnu (TAO), intensywność fotosyntezy, transpirację, przewodność szparkową, międzykomórkowe stężenie CO<sub>2</sub>, wewnętrzny i zewnętrzny współczynnik efektywności wykorzystania wody (WUEi i WUE), względną zawartość chlorofilu w liściach i parametry fluorescencji. Nowa odmiana Karatop o wyższym poziomie plonowania w stosunku do odmiany Ruta, charakteryzowała się: wyższą absorpcją fotosyntetycznie aktywnej radiacji w głębi łąnu przeciętnie o 46%, niższym wskaźnikiem powierzchni liści (2,02), nieco wyższą intensywnością fotosyntezy, przewodnością szparkową i transpiracją, wyższym poziomem zawartości chlorofilu we wczesnym stadium rozwojowym roślin i niższymi parametrami fluorescencji chlorofilu. Wymienione cechy można wstępnie uznać za wskaźniki wyższej produktywności odmian ziemniaka.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF PLANT DEVELOPMENT, YIELDING AND PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF TWO VERY EARLY POTATO CULTIVARS: RUTA AND KARATOP

### PART II

### ANALYSIS WITH MODERN PORTABLE COMPUTERIZED INSTRUMENTS

*Krystyna Rykaczewska<sup>1</sup>, Stefan Pietkiewicz<sup>2</sup>, Mahomed Hazem Kalaji<sup>2</sup>,  
Edyta Kotlarska-Jaros<sup>2</sup>, Wiesław Piotrowska<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Department of Potato Agronomy,

Plant Breeding and Acclimatization Institute, Branch Jadwisin

<sup>2</sup>Plant Physiology Department, Agricultural University, Warszawa

**Key words:** potato, very early cultivars, portable computerized instruments, photosynthetically active radiation, gas exchange of plants, SPAD, chlorophyll fluorescence

### Summary

In the work modern portable computerized instruments were introduced to potato field research of plant development and productivity of two very early

potato cultivars, Karatop and Ruta, with different level of yielding. In the experiment the ceptometer AccuPAR, portable gas exchange analyzer LI-6200, chlorophyll content meter Minolta Camera SPAD 502 and portable fluorimeter – HandyPEA were used. The following traits of plants were determined: the absorption of photosynthetically active radiation (PAR) within canopy, leaf area index (LAI), index of PAR transmission (TAO), photosynthesis intensity, transpiration, stomatal conductance, intercellular CO<sub>2</sub> concentration, water use efficiency (WUE), relative chlorophyll contents and chlorophyll fluorescence parameters. The new cultivar Karatop, with a higher level of yielding in relation to the cultivar Ruta was characterized mainly by: higher PAR absorption in deep of the canopy (by 46%), higher of chlorophyll contents in early stages of plant development and lower values of chlorophyll fluorescence parameters. These traits might be the indices of higher productivity of potato cultivars. The results should be further confirmed in other experiments.

Doc. dr hab. Krystyna **Rykaczewska**  
Zakład Agronomii Ziemiaka  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin  
Oddział w Jadwisinie  
05-040 SEROCK