

ZAWARTOŚĆ CHLOROFILU I AKTYWNOŚĆ FOTOSYNTETYCZNA
ŚREDNIO PÓŹNYCH ODMIAN ZIEMNIAKA W WARUNKACH POŁA
UPRAWNEGO W ŚRODKOWO-WSCHODNIEJ POLSCE

Władysław Michałek¹, Barbara Sawicka²

¹Katedra Fizjologii Roślin, Akademia Rolnicza, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: michalek@agros.ar.lublin.pl

²Katedra Szczegółowej Uprawy Roli i Roślin, Akademia Rolnicza
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: helenas@agros.ar.lublin.pl

Streszczenie. Analizę zmian aktywności fotosyntetycznej liści ziemniaka oparto na wynikach ścisłego doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 1998-2000 na glebie kompleksu żytniego dobrego w środkowo-wschodniej części Polski. Eksperyment wykonano metodą bloków zrandomizowanych w 3 powtórzeniach. Badano 11 odmian ziemniaka z grupy średnio późnych (Ania, Anielka, Arkadia, Fregata, Grot, Klepa, Omulew, Rybitwa, Rywal, Salto, Vistula). Określano zawartość chlorofilu *a* i *b* w świeżej masie liści oraz parametry fluorescencji: maksymalną sprawność fotosystemu PS II w ciemności (F_v/F_m); wydajność PS II na świetle (F_v'/F_m'); aktualną ilość elektronów w PS II w warunkach przystosowania do światła – Φ_{PSII} ; współczynnik fotochemicznego (Q_p) i niefotochemicznego (Q_n) wygaszania fluorescencji. Stwierdzono, iż istnieje możliwość wykorzystania wybranych parametrów fluorescencji chlorofilu do szacowania stopnia tolerancji na stres suszy różnych odmian i rodów ziemniaka. Cechy genetyczne badanych odmian różnicowały w największym stopniu wskaźniki wydajności fotosyntetycznej ziemniaka.

Słowa kluczowe: ziemniak, odmiany, aktywność fotosyntetyczna, fluorescencja chlorofilu

WSTĘP

Fotosynteza należy do podstawowych procesów fizjologicznych rośliny, o uwarunkowaniach wewnętrznych i zewnętrznych. Każde ograniczenie intensywności tego procesu powoduje spadek wysokości i jakości plonu roślin. Za wskaźnik służący do wcześniejszego przewidywania plonowania ziemniaka można uznać pomiar fluorescencji chlorofilu (FC), gdyż w znacznej części zastępuje on konwencjonalne pomiary intensywności fotosyntezy i jest wysoce czułą próbą reakcji

fotosyntetycznych roślin [2,3,5,18,23]. Fluorescencja jest zjawiskiem emisji promieniowania elektromagnetycznego przez substancję w wyniku jej ekspozycji na promieniowanie elektromagnetyczne o innej długości fali. Pomiar fluorescencji chlorofilu są całkowicie nieinwazyjne, pozwalające badać fotosyntezę *in vivo*, szczególnie przydatne w sytuacjach oddziaływania na rośliny różnorodnych czynników środowiskowych [5,20,22,24,26]. Ziemniak jest jednym z najefektywniejszych gatunków roślin w przekształcaniu energii słonecznej na pożywienie człowieka, zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym [15,19,20]. Jak podają Milthrope i Moorby [14] szybkość przyrostu masy bulwy jest określana przez czas zawiązywania bulwy, a długość okresu jej wzrostu od stanu fotosyntetycznie aktywnych liści. W polskim rejestrze odmian uprawnych, a obecnie w rejestrze UE znajduje się duży asortyment odmian ziemniaka, o odmiennych typach fizjologiczno-morfologicznych i zróżnicowanych możliwościach produkcyjnych. Istnieje zatem konieczność określenia potencjału aktualnie uprawianych w Polsce odmian i rodów ziemniaka. Stąd też niniejsze badania dotyczą monitorowania zmian zawartości chlorofilu w blaszkach liściowych w czasie wegetacji i oznaczania aktywności fotosyntetycznej liści dużego asortymentu odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej części Polski. Dalszym etapem badań będzie określenie wpływu tych wskaźników na plon bulw ziemniaka i możliwości wcześniejszego przewidywania jego wielkości i jakości.

MATERIAŁ I METODY

Analizę zmian aktywności fotosyntetycznej liści ziemniaka oparto na wynikach ścisłego doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 1998-2000 w stacji doświadczalnej w Uhninie na glebie kompleksu żytanego dobrego. Eksperyment wykonano metodą bloków zrandomizowanych w 3 powtórzeniach. Badano 11 odmian ziemniaka z grupy średnio późnych (Ania, Anielka, Arkadia, Fregata, Grot, Klepa, Omulew, Rybitwa, Rywał, Salto, Vistula). Pod ziemniak stosowano jednakowe nawożenie organiczne (20 t·ha⁻¹ poplonu gorczycy białej na przyoranie) i mineralne (N – 90 kg, P₂O₅ – 90 kg, K₂O – 135 kg·ha⁻¹). Zdrowotność sadzoniaków była porównywalna (SE). Bulwy sadzono w trzeciej dekadzie kwietnia w redliny w rozstawie 67,5 x 37 cm. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 20 m². Pielęgnacja doświadczenia była zgodna z wymogami poprawnej agrotechniki. Aktywność fotosyntetyczną roślin w doświadczeniu określano poprzez oznaczenie chlorofilu *a* i *b* w świeżej masie liści, metodą spektrofotometryczną opisaną przez Arnona [1] oraz wykonanie pomiarów indukcji fluorescencji chlorofilu liści ziemniaka przy pomocy fluorymetru PAM-2000 firmy Walz GmbH, Niemcy [21]. Pomiarów te przeprowadzono 3-krotnie: w okresie pełni wschodów, w pełni

kwitnienia i na początku zasychania liści. Fluorescencję chlorofilu mierzono na trzecim liściu właściwym rośliny ziemniaka wg Schreiber i in. [22]. Wszystkie pomiary wykonano w 4 powtórzeniach. Określono następujące parametry fluorescencji:

- maksymalną sprawność fotosystemu PS II w ciemności (F_v/F_m);
- wydajność PS II na świetle (F_v'/F_m');
- aktualną ilość elektronów w PS II w warunkach przystosowania do światła – Φ_{PSII} [26];
- współczynnik fotochemicznego (Q_p) i niefotochemicznego (Q_n) wygaszania fluorescencji [25].

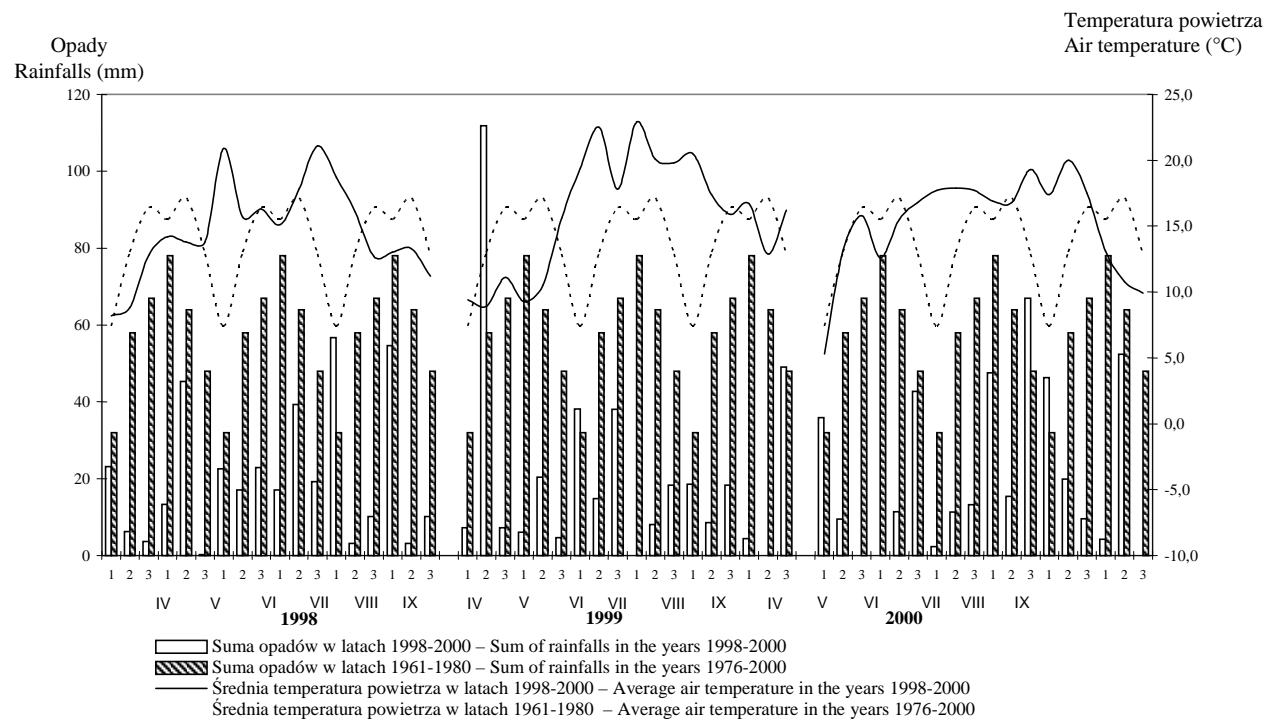
Statystyczne opracowanie wyników wykonano głównie za pomocą analizy wariancji. Istotność źródeł zmienności testowano testem „F” Fischera-Snedecora. Istotność różnic oceniano testem Tukey’a. Przebieg temperatury powietrza i nasilenie opadów w okresie wegetacji poszczególnych lat był zróżnicowany, co ilustruje rysunek 1.

WYNIKI

Wyniki uzyskane z pomiarów świadczą o wpływie cech genetycznych, faz rozwojowych i warunków siedliskowych na zawartość chlorofilu i wartości parametrów indukcji fluorescencji chlorofilu (tab. 1-3).

Najwyższą zawartością chlorofilu *a* i *b* odznaczała się odmiana Omulew, najniższą natomiast odmiana Klepa. Należy jednak zaznaczyć, że w tej samej grupie homologicznej, co Omulew znalazły się również odmiany: Rywał, Ania, Salto, Anielka i Grot. Najwięcej chlorofilu *a* w liściach stwierdzono w pełni kwitnienia roślin, natomiast chlorofilu *b* – w okresie pełni wschodów (tab. 1). Najbardziej sprzyjającymi warunkami atmosferycznymi dla gromadzenia tak chlorofilu *a*, jak i *b* odznaczał się 1999 rok, z niewielką ilością opadów, ale za to z najwyższą, średnią temperaturą powietrza w miesiącach: czerwiec, lipiec i sierpień, decydujących o asymilacji roślin ziemniaka (tab. 2).

Wartość wskaźnika potencjalnej wydajności kwantowej PS II (F_v/F_m), jak i wydajność PS II na świetle (F_v'/F_m') była najkorzystniejsza u odmiany Rybitwa, ale homologiczne pod względem tej cechy okazały się również odmiany: Salto, Arkadia, Klepa, Rywał, Ania, Vistula, Anielka i Omulew. Należy przy tym zaznaczyć, iż spadek wartości poszczególnych parametrów, a zwłaszcza stosunku F_v/F_m świadczy o zmniejszonym zapotrzebowaniu roślin na produkty stanowiące tzw. siłę asymilacyjną i o zakłóceniach w procesie wzrostu badanych roślin. Ta szczególnie niekorzystna tendencja wystąpiła u odmian: Fregata i Grot. Świadczą o tym nie tylko niskie wartości wskaźnika potencjalnej wydajności kwantowej PSII, ale również niska zawartość chlorofilu *a* i *b* oraz parametry dotyczące produktywności fotosyntetycznej.



Rys. 1. Opady i temperatura powietrza w okresie wegetacji ziemniaka w latach 1998-2000 wg Stacji IMGW w Uhninie
Fig. 1. Rainfalls and air temperature during potato vegetation period in the years 1998-2000, according to IMGW at Uhnin

Tabela 1. Zawartość chlorofilu *a* i *b* w świeżych liściach ziemniaka (Średnia lat 1998-2000)

Table 1. Content of chlorophyll *a* & *b* in fresh mass of potato leaves (Mean for 1998-2000)

Odmiana Cultivar	Chlorofil <i>a</i> – Chlorophyll <i>a</i>				Chlorofil <i>b</i> – Chlorophyll <i>b</i>			
	Faza wzrostu – Phenophase							
	Pełnia wschodów Full emergence	Pełnia kwitnienia Full flowering	Początek zasychania liści Beginning of potato yellowing	Średnia Mean	Pełnia wschodów Full emergence	Pełnia kwitnienia Full flowering	Początek zasychania liści Begining of potato yellowing	Średnia Mean
Ania	0,494	0,561	0,493	0,516	0,249	0,230	0,223	0,234
Anielka	0,453	0,505	0,440	0,466	0,222	0,213	0,210	0,215
Arkadia	0,326	0,385	0,330	0,347	0,219	0,198	0,168	0,189
Fregata	0,386	0,416	0,362	0,388	0,242	0,211	0,203	0,211
Grot	0,360	0,531	0,464	0,452	0,198	0,225	0,216	0,228
Klepa	0,320	0,357	0,315	0,331	0,264	0,186	0,167	0,184
Omulew	0,574	0,611	0,524	0,570	0,211	0,250	0,233	0,249
Rybitwa	0,409	0,428	0,358	0,398	0,247	0,206	0,198	0,205
Rywal	0,541	0,597	0,501	0,546	0,225	0,237	0,225	0,236
Salto	0,477	0,534	0,459	0,490	0,218	0,218	0,211	0,218
Vistula	0,406	0,403	0,365	0,391	0,218	0,204	0,193	0,205
Średnia Mean	0,431	0,484	0,419	0,445	0,227	0,216	0,204	0,216

NIR – LSD $\alpha \leq 0,05$

odmiany – cultivars

0,165

0,040

fazy – phase

0,045

0,011

Tabela 2. Zawartość chlorofilu *a* i *b* w świeżych liściach ziemniaka

Table 2. Content of chlorophyll *a* & *b* in fresh mass of potato leaves

Odmiana Cultivar	Chlorofil <i>a</i> – Chlorophyll <i>a</i>				Chlorofil <i>b</i> – Chlorophyll <i>b</i>			
	Faza wzrostu – Phenophase							
	1998	1999	2000	Średnia - Mean	1998	1999	2000	Średnia - Mean
Ania	0,402	0,738	0,421	0,516	0,225	0,251	0,227	0,234
Anielka	0,397	0,616	0,384	0,466	0,217	0,209	0,218	0,215
Arkadia	0,321	0,405	0,314	0,347	0,169	0,214	0,183	0,189
Fregata	0,321	0,564	0,280	0,388	0,199	0,229	0,205	0,211
Grot	0,349	0,701	0,305	0,452	0,236	0,247	0,201	0,228
Klepa	0,268	0,466	0,258	0,331	0,181	0,203	0,169	0,184
Omulew	0,508	0,715	0,488	0,570	0,248	0,258	0,241	0,249
Rybitwa	0,319	0,549	0,327	0,398	0,208	0,201	0,205	0,205
Rywal	0,504	0,713	0,422	0,546	0,246	0,235	0,227	0,236
Salto	0,395	0,741	0,334	0,490	0,208	0,244	0,201	0,218
Vistula	0,357	0,552	0,263	0,391	0,198	0,218	0,199	0,205
Średnia Mean	0,376	0,615	0,345	0,445	0,212	0,228	0,207	0,216

NIR – LSD $\alpha \leq 0,05$

Lata – Years

0,011

0,045

Tabela 3. Parametry fluorescencji chlorofilu w liściach ziemniaka (Średnia lat 1998-2000)**Table 3.** Parameters of chlorophyll fluorescence in potato laves (Mean for 1998-2000)

Odmiana Cultivar	Fv/Fm				Fv'/Fm'				Φ _{PSII}			
	Faza wzrostu – Phenophase qN											
	A*	B**	C***	D****	A	B	C	D	A	B	C	D
Ania	0,756	0,708	0,608	0,691	0,621	0,537	0,501	0,553	0,515	0,525	0,412	0,484
Anielka	0,732	0,716	0,602	0,683	0,617	0,533	0,517	0,556	0,521	0,514	0,411	0,482
Arkadia	0,746	0,742	0,626	0,705	0,602	0,521	0,562	0,562	0,505	0,505	0,419	0,476
Fregata	0,664	0,682	0,604	0,650	0,567	0,579	0,507	0,551	0,467	0,479	0,427	0,458
Grot	0,681	0,704	0,593	0,659	0,579	0,509	0,500	0,529	0,485	0,513	0,415	0,471
Klepa	0,722	0,744	0,632	0,699	0,611	0,531	0,571	0,571	0,516	0,546	0,400	0,487
Omulew	0,699	0,709	0,603	0,670	0,650	0,510	0,560	0,573	0,501	0,511	0,478	0,497
Rybitwa	0,781	0,781	0,656	0,739	0,644	0,679	0,614	0,646	0,539	0,561	0,449	0,516
Rywal	0,721	0,742	0,633	0,699	0,640	0,650	0,569	0,620	0,503	0,513	0,417	0,478
Salto	0,776	0,776	0,618	0,723	0,642	0,652	0,578	0,624	0,527	0,547	0,437	0,504
Vistula	0,749	0,709	0,600	0,686	0,624	0,604	0,604	0,611	0,509	0,509	0,319	0,446
Średnia Mean	0,730	0,728	0,616	0,691	0,618	0,573	0,553	0,581	0,508	0,520	0,417	0,482

Tabela 3. c.d.
Table 3. Cont.

Odmiana Cultivar	qP				qN			
	Faza wzrostu – Phenophase qN							
	A	B	C	D	A	B	C	D
Ania	0,614	0,614	0,489	0,572	0,111	0,121	0,051	0,094
Anielka	0,637	0,613	0,457	0,569	0,123	0,130	0,023	0,092
Arkadia	0,660	0,606	0,600	0,622	0,098	0,108	0,048	0,085
Fregata	0,568	0,583	0,438	0,530	0,066	0,096	0,020	0,061
Grot	0,616	0,606	0,434	0,552	0,078	0,108	0,018	0,068
Klepa	0,622	0,602	0,556	0,593	0,124	0,144	0,044	0,104
Omulew	0,601	0,611	0,400	0,537	0,113	0,133	0,041	0,096
Rybitwa	0,640	0,630	0,580	0,617	0,141	0,160	0,077	0,126
Rywal	0,628	0,618	0,518	0,588	0,099	0,109	0,056	0,088
Salto	0,632	0,622	0,600	0,618	0,137	0,157	0,064	0,119
Vistula	0,711	0,611	0,491	0,604	0,102	0,122	0,022	0,082
Średnia Mean	0,630	0,611	0,506	0,582	0,108	0,126	0,042	0,092

* pełnia wschodów – full emergence; ** – pełnia kwitnienia – full flowering; *** – początek zasychania liści – beginning of potato yellowing;

**** – średnia – mean

NIR – LSD $\alpha \leq 0,05$

odmiany – cultivars

0,073 0,070

fazy – phases

0,020 0,019

0,066

0,055

0,018

0,015

Zdecydowanie najwyższymi wartościami parametrów Φ_{PSII} (aktualna ilość elektronów w PS II w warunkach przystosowania do światła) oraz Q_n (współczynnik niefotochemicznego wygaszania fluorescencji), cechowały się odmiany: Rybitwa i Salto, co świadczy o stosunkowo dużej potencjalnej wydajności fotosystemu PS II u obu badanych odmian. Istotnie niższe wartości tych parametrów uzyskały Vistula i Arkadia, co może świadczyć o zakłóceniach w procesie asymilacji tych odmian.

Współczynnik fotochemicznego wygaszania fluorescencji (Q_p) uzyskał najwyższą wartość w przypadku odmiany Arkadia, ale homologiczną wartością tej cechy odznaczały się również odmiany: Salto, Rybitwa, Vistula. Najniższe wartości tego współczynnika zanotowano u odmian Fregata i Grot.

Uzyskane rezultaty ujawniły także, że wartości poszczególnych wskaźników wydajności fotosyntetycznej liści ziemniaka zależą od fazy ich rozwoju (tab. 1 i 3). Z reguły na początku wegetacji były one najwyższe.

Wartości poszczególnych parametrów związanych z fluorescencją, takie jak: F_v/F_m , F_v'/F_m' , Φ_{PSII} oraz Q_p i Q_n nie były istotnie uzależnione od warunków atmosferycznych w latach badań, co nie oznacza jeszcze, że czynniki środowiska nie mogą różnicować wskaźników wydajności fotosyntetycznej roślin.

DYSKUSJA

Cechy genetyczne badanych odmian różnicowały w największym stopniu wskaźniki wydajności fotosyntetycznej ziemniaka. W opinii Griessa i Moll [4], Jansena i in. [7], Lewaka [11], Sawickiej i Michałka [20] każda odmiana w indywidualny sposób produkuje asymilaty, o czym świadczą m.in. różne wartości poszczególnych parametrów fluorescencji chlorofilu uzyskane w przeprowadzonych badaniach. Także Demming i Björkman [3] Puła i in. [18], Michałek i in. [12], Michałek i Sawicka [13] uważają, iż fluorescencja chlorofilu jest miarą efektywności aparatu fotosyntetycznego, a efektywność ta może zależeć od cech genotypu. Zdaniem tych autorów maksymalna wydajność fotosyntezy występuje, gdy powierzchnia blaszki liściowej osiąga już minimalne wielkości, następnie maleje wraz ze wzrostem blaszki liściowej.

Spośród badanych odmian dwie: Rybitwa i Salto charakteryzowały się zdecydowanie najwyższymi wartościami parametrów, takich jak: F_v/F_m , F_v'/F_m' , Φ_{PSII} oraz Q_n , co świadczy o stosunkowo dużej potencjalnej wydajności fotosystemu PS II u obu badanych odmian. Niski poziom tych wartości wskaźników fotosyntetycznych, zwłaszcza w przypadku odmian: Fregata i Grot, świadczy o pewnych zakłóceniach w procesie fotosyntezy. Jak podaje Puła i in. [18] jest to dobry wskaźnik uszkodzeń wywołanych różnymi czynnikami środowiska lub zmniejszeniem zapotrzebowania na produkty stanowiące tzw. siłę asymilacyjną.

Względna zmiana potencjalnej wydajności kwantowej fotosystemu II (F_v/F_m) okazała się uzależniona najbardziej od fazy rozwojowej badanych roślin. Lang i in. [10] stwierdzili, iż funkcjonowanie fotosystemu PS II jest najbardziej czułym wskaźnikiem działania różnorodnych czynników stresowych na rośliny. Zmiany aktywności PS II mogą być określane szybko, w warunkach *in vivo*, na podstawie pomiarów fluorescencji chlorofilu. Metoda ta znalazła zastosowanie w wielu dziedzinach, m.in. w określaniu potencjału plonowania ziemniaka [12,13,18,20], ocenie wpływu czynników agrotechnicznych, metali ciężkich [8], deficytu pierwiastków oraz skażeń atmosfery na proces fotosyntezy [6,10,11,18]. Kinetyka indukcji fluorescencji chlorofilu (FC) zdaniem Jansena i wsp. [7], Smille i in. [24] jest przydatna również w określaniu tolerancji roślin na stres temperaturowy, herbicydowy, w ocenie przeżywalności siewek, a także w hodowli do selekcjonowania roślin o pożądanym genotypie [9].

Wartości wskaźników wydajności fotosyntetycznej liści ziemniaka, takich jak: Φ_{PSII} , Q_p i Q_n były związane z fazami rozwoju badanych odmian ziemniaka. Wartość tych wskaźników FC zmniejszała się wraz ze wzrostem roślin. Zdaniem Piskornika [17], wraz ze zwiększaniem rozmiarów blaszki liściowej asymilacja CO_2 zachodzi coraz intensywniej a jednocześnie maleje intensywność oddychania. Po osiągnięciu pełni dojrzałości liść przekształca się z akceptora w donor asymilatów [11]. Zwiększenie wartości wskaźników fluorescencji oznacza pośrednio wydłużenie okresu wegetacji, co wg Langa i in. [10] może bezpośrednio wpływać na plon bulw i jego jakość. Zdaniem Parysa i Ostrowskiej [16] natężenie procesu fotosyntezy w poszczególnych fazach rozwoju roślin jest uzależnione w dużym stopniu od składu hormonalnego tkanek asymilacyjnych.

W opinii Sawickiej [19] większość istotnych cech ziemniaka podlega dużej zmienności fenotypowej w zależności od działania różnych czynników środowiska i genotypu. Nasze badania wykazały istotny wpływ warunków atmosferycznych na powstawanie chlorofilu *a* i *b*. Šestak i Šiffel [23], Havaux i Tardy [6] oraz Michałek i in. [12] stwierdzili również, że wartość poszczególnych parametrów związanych z fluorescencją może być różnicowana przez czynniki środowiskowe i agrotechniczne. Griess i Moll [4] analizując fazy rozwojowe odmian ziemniaka o różnej wczesności, doszli do wniosku, że zarówno temperatury zbyt niskie, jak i zbyt wysokie oraz brak opadów mogą przyczyniać się do przyspieszenia faz rozwojowych począwszy od sadzenia aż do zasychania roślin. Zależności te można byłoby wykorzystać do przewidywania następstw suszy.

WNIOSKI

1. Warunki meteorologiczne w latach badań istotnie modyfikowały zawartość chlorofilu a i b. Wyższych wartości tych wskaźników można się spodziewać w warunkach niedoboru opadów i wysokiej średniej temperatury powietrza w okresie czerwiec-sierpień.

2. Istnieje możliwość wykorzystania wybranych parametrów fluorescencji chlorofilu do szacowania stopnia tolerancji na stres suszy różnych odmian i rodzajów ziemniaka.

3. Cechy genetyczne badanych odmian różnicowały w największym stopniu wskaźniki wydajności fotosyntetycznej ziemniaka. W warunkach środkowo-wschodniej części Polski najkorzystniejsze wartości F_v/F_m , F_v'/F_m' , Φ_{PSII} i Q_n uzyskiwała odmiana Rybitwa, co może świadczyć o wysokiej potencjalnej możliwości plonowania tej odmiany.

4. Pomiar wskaźników fotosyntezy, takich jak: F_v/F_m , F_v'/F_m' , Φ_{PSII} oraz Q_p i Q_n , w różnych fazach rozwoju ziemniaka pozwala na pełniejszą obserwację rozwoju roślin, a wzrost ich wartości oznacza pośrednio wydłużenie okresu ich wegetacji, co może bezpośrednio wpływać na plon i jakość bulw.

PIŚMIENNICTWO

1. **Arnon D.J.:** Photosynthetic activity of isolate chloroplasts. *Physiol. Rev.*, 47, 317-358, 1967.
2. **Bolhar-Nordenkamp H.R., Long S.P., Baker N.R., Oquist G., Schreiber U.:** Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Func. Ecol.*, 3, 497-514, 1989.
3. **Demming B., Björkman O.:** Comparison of effect of excessive light on chlorophyll fluorescence and photon yield of O_2 evolution in leaves of higher plants. *Planta*, 171, 171-184, 1987.
4. **Griess H., Moll A.:** Vorschlag eines neuen Systems von Entwicklungsstadien der Kartoffel. *Arch. Acker-Pflanzenb. Bodenk.*, Berlin, 29 (5), 303-310, 1985.
5. **Guidi L., Nali C., Ciompi S., Lorenzini G., Soldatini G. F.:** The use of chlorophyll fluorescence and leaf gas exchange as methods for studying the different responses to ozone of two bean cultivars. *J. Exp. Bot.* 48, 306, 173-179, 1997.
6. **Havaux M., Tardy F.:** Temperature-dependent adjustment of thermal stability of photosystem II *in vivo*: possible involvement of xanthophylls-cycle pigments. *Planta*, 198 (3), 324-333, 1996.
7. **Jansen L.H.J., van Oevaren J.C., van Hasselt P.R., Kuiper P.J.C.:** Genotypic variation in chlorophyll fluorescence parameters, photosynthesis and growth of tomato grown at low temperature and low irradiance. *Photosynthetica*, 31, 301-314, 1995.
8. **Jasiewicz C., Rapacz M., Antonkiewicz J.:** Wpływ metali ciężkich na uszkodzenia błon komórkowych i aparatu fotosyntetycznego oraz plon topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 469, 403-410, 1999.
9. **Krebs D., Synkova H., Avatovševová N., Kočovská M., Sestak Z.:** Chlorophyll fluorescence measurements for genetic analysis of maize cultivars. *Photosynthetica*, 32 (4), 595-608, 1996.
10. **Lang M., Lichtenhler H.K., Sowinska M., Heisel F., Meier J.A.:** Fluorescence imaging of water and temperature stress in plant leaves. *J. Plant Physiology*, 148 (5), 613-621, 1996.

11. **Lewak S.:** Regulacja procesów fizjologicznych przez czynniki endogenne. Podstawy fizjologii roślin. Kopcewicz J. Lewak S. (red.), Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 106-134, 1998.
12. **Michałek W., Sawicka B., Pszczółkowski P.:** Prediction early potato varieties yielding. Proceedings of the 3RD International Conference on Predictive modelling in Foods. 12-15.09, Leuven, 207-210, 2000.
13. **Michałek W., Sawicka B.:** Chlorophyll fluorescence as physiological index of potato varieties. Conf. EAPR, Hamburg, 14-19.07, 266, 2002.
14. **Milthroe F.L., Moorby J.:** Wstęp do fizjologii plonowania roślin. PWRiL, Warszawa, 1979.
15. **Niederhauser J.S.:** International cooperation and the role of potato in feeding the world. Am. Potato J., 70, 385-403, 1993.
16. **Parys E., Ostrowska E.:** Działanie regulatorów wzrostu na fotosyntezę, fotooddychanie i oddychanie. Cz. I. Fotosynteza. Wiad. Bot., 20 (1), 17-37, 1976.
17. **Piskornik Z.:** Fizjologia roślin. Cz. I. PWN, Warszawa, 1987.
18. **Pała J., Skrzypek E., Łabza T., Dubert F.:** Fluorescencja chlorofilu jako jeden ze wskaźników plonowania ziemniaka. Mat. Konf. Nauk. nt.: Ziemniak jadalny dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość. Radzików, 23-25.02, 110-122, 1999.
19. **Sawicka B.:** Studia nad zmiennością wybranych cech oraz degeneracją różnych odmian ziemniaka w rejonie białskopodlaskim. Wyd. AR Lublin, Rozpr. Nauk., 141, 1-75, 1991.
20. **Sawicka B., Michałek M.:** Zmiany aktywności fotosyntetycznej i plonowaniu odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. Konf. Nauk. „Znaczenie odmiany w agrotechnice i przechowalnictwie ziemniaka”. Jadwisin, 26-27 marca, 39, 2003.
21. **Schreiber U., Neubauer C., Schliwa U.:** PAM fluorometer based on medium frequency pulsed Xe-flash measuring light: A highly sensitive new tool in basic and applied photosynthesis research. Photosynth. Res., 36, 65-72, 1992.
22. **Schreiber U., Biliger W., Neubauer C.:** Chlorophyll fluorescence as a non-invasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. Ecophysiology of Photosynthesis. Springer-Verlag, Berlin, 49-70, 1994.
23. **Sestak Z., Siffel P.:** Leaf – age related differences in chlorophyll fluorescence. Photosynthetica, 33, (3-4), 347-369, 1997.
24. **Smillie C.R., Nott R., Hetherington S.E., Oquist G.:** Chilling injury and recovery in detached and attached leaves measured by chlorophyll fluorescence. Physiol. Plant., 69, 419-427, 1987.
25. **Van Kooten O., Snel J.F.H.:** The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. Photos. Res., 25, 147-150, 1990.
26. **Verhoeven A.S., Demmig-Adams B., Adams W.:** Enhanced employment of the xanthophylls cycle and thermal energy dissipation in spinach exposed to high light and N stress. Plant Physiol., 113, 817-824, 1997.

CHLOROPHYLL CONTENT AND FOTOSYNTHETIC ACTIVITY
OF MEDIUM-LATE POTATO CULTIVARS IN CENTRAL-EAST POLAND
FIELD CONDITIONS

Władysław Michalek¹, Barbara Sawicka²

¹Department of Plant Physiology, University of Agriculture
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: michalek@agros.ar.lublin.pl

²Department of Plant Production, University of Agriculture
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: helenas@agros.ar.lublin.pl

Abstract. Analysis of potato leaves photosynthetic activity changes was based on a field experiment carried out in 1998-2000 on a good rye complex soil in Central-Eastern Poland. The experiment was performed by means of randomized blocks in three replications. 11 potato cultivars from medium-late group (Ania, Anielka, Arkadia, Fregata, Grot, Klepa, Omulew, Rybitwa, Rywał, Salto, and Vistula) were the study objects. Chlorophyll a and b content in fresh leaves mass and fluorescence parameters: maximum efficiency of PS II photo system in the dark (F_v/F_m), PS II efficiency in the light (F'_v/F'_m), current electron number in PS II under conditions of accommodation to light (Φ_{PSII}), coefficient of photochemical (Q_p) and non-photochemical (Q_n) fluorescence quenching, were measured. It was affirmed that there is a possibility to use some of chosen chlorophyll fluorescence parameters in estimative drought stress tolerance level of different potato cultivars and families. Genetic features of measured cultivars became different mostly due to photosynthetic potato efficiency parameters.

Key words: potato, cultivars, photosynthetic activity, chlorophyll fluorescence