

Uticaj godišnjih promena temperature i svetlosti (PAR) na indukciju fluorescencije Chla *in situ* kod *Stellaria media* (L.) i *Plantago maior* (L.)

Bogdan Nikolić¹, Dejan Dodig², Vladan Jovanović³, Vaskrsija Janjić³, Zoran Milićević¹

¹Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, 11000 Beograd, Teodora Dražžera 9, Srbija

²Institut za kukuruz Zemun Polje, 11080 Beograd, Slobodana Bajića 1, Srbija

³Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, 11080 Beograd, Banatska 31b, Srbija

REZIME

Fluorescencija Chla, kao pokazatelj fotosinteze, posebno je osetljiva na promene temperature i intenziteta svetlosti (PAR). To omogućava praćenje uticaja ovih ekofizioloških parametara na fotosintezu nativnih biljaka. U ovom radu dat je pregled uticaja godišnjih promena temperature i PAR na parametre fluorescencije Chla kod *Stellaria media* (L.), biljne vrste zastupljenije u hladnijem delu godine i *Plantago maior* (L.), biljne vrste zastupljenije u toplijem delu godine. Manje vrednosti PAR i temperature usporavaju transport elektrona u PS2, sniženje temperature umanjuje kvantnu efikasnost u PS2 i pozitivno deluje na antenske procese i veličinu pula plastohinona u PS2 kod *Stellaria media* (L.). Sniženje temperature umanjuje kvantni prinos i usporava transport elektrona u PS2 kod *Plantago maior* (L.). Činjenica da i PAR (pored temperature) deluje na fotosintezu, kao i da sniženje temperature aktivira antenske i procese na akceptorskoj strani PS2, kao „protivtežu” inhibiciji kvantne efikasnosti i transporta elektrona u PS2, uzrokovanoj niskim temperaturama, ukazuje na moguće uzroke niskotemperaturne otpornosti fotosinteze kod *Stellaria media* (L.). Nasuprot tome, kod *Plantago maior* (L.) niska temperatura uzrokuje inhibiciju kvantne efikasnosti i transporta elektrona u PS2, što dovodi do niskotemperaturne fotoinhibicije i postepenog gašenja svih fizioloških procesa kod te vrste. To bi moglo biti objašnjenje različite prilagođenosti na niske temperature i različitih životnih strategija ovih vrsta, koje žive u bliskom susjedstvu.¹

Cljučne reči: Temperatura; PAR; fluorescencija Chla; godišnje promene; *Stellaria media* (L.); *Plantago maior* (L.)

UVOD

Fotosinteza, kao proces konverzije energije, zavisi od intenziteta (PAR) i kvaliteta (R/FR aklimacija) svetlosti. PAR je verovatno najvažniji promenljivi sredinski faktor koji deluje na biljke (Björkman, 1981). Taj faktor varira sezonski, dnevno i prostorno.

Biljke sunca, generalno gledano, imaju intenzivniju fotosintezu na svetlosti veće PAR, nego biljke senke (Björkman, 1981). Pored svetlosti i temperatura deluje na fotosintezu, kao značajan ekofiziološki faktor (Berry i Björkman, 1980). Temperatura deluje na fotosintezu kao na niz enzimskih reakcija, saglasno Mihaelis-Mentenovoj kinetici (Edwards i Walker, 1983), što je slučaj sa fotosintetskim reakcijama u stromi (tamna faza fotosinteze).

1 Skraćenice: PAR: fotosintetski aktivna radijacija; RC PS₂: reakcioni centar fotosistema dva; R/FR aklimacija: aklimacija biljaka na odnos crvene i tamnocrvene svetlosti; Chl a: hlorofil a; e⁻: elektron.

Temperatura deluje i na membranske fotosintetske procese (svetla faza fotosinteze), što najviše zavisi od statusa lipida tilakoida (Lyons i sar., 1979; Nishida i Murata, 1996). Membranske reakcije fotosinteze povezane su sa fotosintetskim procesima u stromi (Edwards i Walker, 1983; Geiger i Servaites, 1994), pa praćenjem svetle faze možemo procenjivati ukupnu fotosintezu. Uobičajena tehnika za praćenje membranskih reakcija fotosinteze je fluorescencija Chla (Krause i Weis, 1991). Njome procenjujemo stanje membranskih reakcija i ukupne fotosinteze u raznim ekofiziološkim situacijama (Björkman i Demmig, 1987; Genty i sar., 1989; Burke, 1990; Demmig-Adams i Adams, 1992; Oberhuber i Edwards, 1993). Ekofiziološke studije uticaja svetlosti i temperature na fotosintezu *in situ* obično uključuju tzv. PAM fluorimetriju (Maxwell i Johnson, 2000). Metoda nemodulisane fluorimetrije mnogo manje se primenjuje u ekofiziologiji.

MATERIJAL I METODE

Merenja fluorescencije Chla, ostala merenja i statistička obrada rezultata

Indukcija fluorescencije Chla praćena je Handy-PEA portabl fluorometrom (Hansatech, UK), koji sadrži sopstveni softver za izračunavanje, numeričko predstavljanje i memorisanje parametara indukcije fluorescencije Chla. Korišćeni su parametri: F_0 , F_m , F_v/F_m , F_v/F_0 , definisani saglasno Krause i Weis (1991), Strasser i sar. (1995) i Maxwell i Johnson (2000), kao i parametri Pindex (indeks relativne vitalnosti fotosinteze), T_{fm} (msec; vreme dostizanja F_m : pokazatelj brzine redukcije Q_A akceptora PS_2 , tj. brzine transporta elektrona u PS_2) i A (area; bmS ; površina iznad krive indukcije fluorescencije između F_0 i F_m : merilo veličine pula plastohinona u PS_2), definisani po Strasser i sar. (1995). Fotosintetski aktivna radijacija (PAR; $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) merena je Li-1000 svetlomrom (Li-Cor, USA), dok je temperatura vazduha u blizini biljaka merena BIG DIGIT Dual Thermo termometrom (opseg merenja od $-50^\circ C$ do $+70^\circ C$). Pošto PAR i temperatura predstavljaju merilo energije (svetlosne ili termalne) kojoj su biljke izložene, pre statističke obrade uradi se Arrheniusova transformacija rezultata, saglasno Marković i sar. (1996). Transformacija rezultata urađena je kod parametara koji nisu dati kao odnosi (F_0 , F_m , T_{fm} i A), tako što se oni logaritmuju prirodnim logaritmom, dok su PAR i apsolutna temperatura (T ; $^\circ K$) date kao recipročne vrednosti ($1/A$, $1/T$). Parametri dati kao odnosi (F_v/F_m , F_v/F_0 i Pindex) ne transformišu se. Statistička obrada rezultata (određivanje srednje vrednosti merenja, korelaciona i regresiona analiza odnosa parametara fluorescencije (transformisani ili netransformisani) vs. $1/PAR$ ili $1/T$) obavljena je u programskom paketu Excell (Microsoft, USA).

Biljni materijal i uslovi merenja

Merenja indukcije fluorescencije Chla vršena su na zeljastim biljkama *Plantago maior* i *Stelaria media in situ* u Zemunu ($\cong 100\ m\ n.v.$). Merenja su vršena u periodu oktobar 2005 – februar 2006. na svakih 15 dana, dok je od marta do oktobra 2006. to činjeno na svakih 30 dana, pa i ređe. Ta merenja se obavljaju po jednočasovnoj aklimaciji delova listova na tamu (tzv. lisnom viljuškom) *in situ* u 4 ponavljanja.

REZULTATI

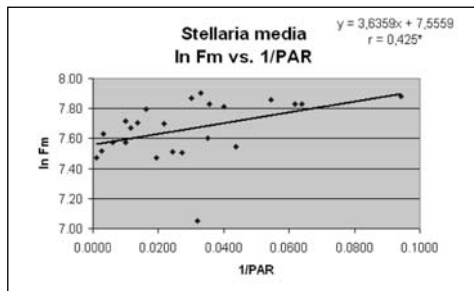
Zapažamo da tokom oglednog perioda (oktobar 2005 – oktobar 2006) PAR i temperatura statistički visoko značajno rastu kod mišjakinje (Tabela 1). Primećujemo kod te biljke da pri slabijoj PAR (veće $1/PAR$ vrednosti) u ogledu značajno raste vrednost maksimalne fluorescencije (Slika 1), kao i parametra $\ln T_{fm}$ (Slika 2), što ukazuje na manje efikasne procese u RC PS_2 i sporiji transport e^- u PS II (Krause i Weis, 1991) u tim uslovima. Temperatura je u značajnoj vezi sa različitim parametrima indukcije fluorescencije Chla (Tabela 1). Tako, primećujemo da sa umanjem temperature (veće $1/T$ vrednosti) veoma visokoznačajno raste parametar $\ln F_0$ (Slika 3), što ukazuje na aktiviranje fotoprotektivnih procese u tilakoidnim mebranama mišjakinje (*Stelaria media*) u tim uslovima. Niže temperature (veće $1/T$ vrednosti) značajno snižavaju kvantni prinos PS II (parametar F_v/F_m ; Slika 4), ali dovode

i do vrlo visokoznačajnog porasta parametra $\ln T_{fm}$ (Slika 5) i značajnog porasta parametra $\ln A$ (Slika 6). Znači, niže temperature kod mišjakinje (*Stellaria media*) dovode do sniženja kvantnog prinosa (Slika 4) i usporavanja transporta e^- u PS II (Slika 5). Međutim, zbog aktiviranja fotoprotektivnih procesa (Slika 3) i povećanja kapaciteta pula plastohinona (Slika 6), što ukazuje na pojačano fotohemijsko gašenje fluorescencije (Demmig-Adams i Adams, 1992), fotosinteza (parametar Pindex) nije značajno umanjena na niskim temperaturama (Tabela 1). Činjenica da pri intenzivnijoj svetlosti (više vrednosti PAR), karakterističnoj za povremene periode otopljanja tokom zime, dolazi do efikasnijih procesa u RC PS₂ i bržeg transporta e^- u PS II (Slike 1 i 2), ukazuje na moguće aktiviranje reparativnih i/ili fotoprotektivnih procesa zavisnih od PAR (Demmig-Adams i Adams, 1992; Long i sar., 1994), u pomenutim uslovima kod mišjakinje.

Kod ženske bokvice (*Plantago maior*) zapažamo da pri nižim temperaturama (veće $1/T$ vrednosti) značajno opadaju parametri $\ln F_m$ i F_v/F_m i veoma značajno parametar F_v/F_0 (Tabela 2). Znači, sa sniženjem temperature opadaju vrednosti varijabilne i maksimalne fluorescencije i kvantnog prinosa PS II (Slike 7, 8 i 9). Pošto $\ln T_{fm}$ (mS) veoma visokoznačajno raste pri padu temperature (Slika 10), mišljenja smo da pri sniženju temperature kod

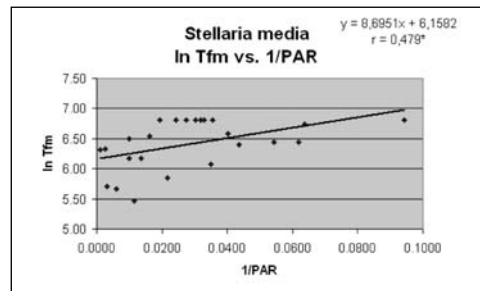
Tabela 1. Korelacioni odnosi vremena merenja i parametara indukcije fluorescencije Chla prema recipročnim vrednostima apsolutne temperature ($1/T$; °K) i fotosintetski aktivne radijacije ($1/PAR$; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) mereni na mišjakinji (*Stellaria media* L.)
Table 1. Correlation between measurement time and induction parameters of Chla fluorescence against the reciprocal values of absolute temperature ($1/T$; °K) and photosynthetically active radiation ($1/PAR$; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) read on chickweed (*Stellaria media* L.)

	*0,05=0,404		**0,01=0,515		***0,001=0,629					
Ukupno	Vreme	$\ln F_0$	$\ln F_m$	F_v/F_m	F_v/F_0	Pindex	$\ln T_{fm}$; mS	$\ln A$; bms	$1/PAR$; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$1/T$; °K
Vreme	1,000									
$\ln F_0$	-0,598	1,000								
$\ln F_m$	-0,496	0,045	1,000							
F_v/F_m	-0,036	-0,508	0,825	1,000						
F_v/F_0	-0,101	-0,561	0,792	0,961	1,000					
Pindex	-0,282	-0,321	0,768	0,796	0,850	1,000				
$\ln T_{fm}$; mS	-0,659	0,656	0,068	-0,348	-0,289	-0,101	1,000			
$\ln A$; bms	-0,311	0,364	0,487	0,237	0,169	0,403	0,477	1,000		
$1/PAR$; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	-0,555	0,262	0,425	0,148	0,256	0,228	0,479	0,305	1,000	
$1/T$; °K	-0,545	0,687	-0,016	-0,450	-0,366	-0,173	0,884	0,442	0,575	1,000



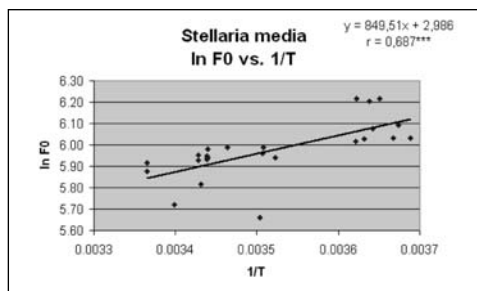
Slika 1. Regresioni odnos $\ln F_m$ parametra indukcije fluorescencije Chla prema recipročnim vrednostima fotosintetski aktivne radijacije ($1/PAR$; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) merenim na mišjakinji (*Stellaria media*)

Figure 1. Regression ratio of $\ln F_m$ induction parameter of Chla fluorescence against the reciprocal values of photosynthetically active radiation ($1/PAR$; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) read on chickweed (*Stellaria media*)

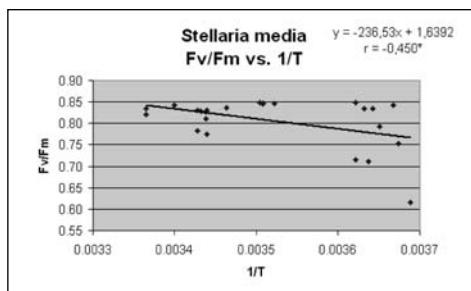


Slika 2. Regresioni odnos $\ln T_{fm}$ (mS) parametra indukcije fluorescencije Chla prema recipročnim vrednostima fotosintetski aktivne radijacije ($1/PAR$; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) merenim na mišjakinji (*Stellaria media*)

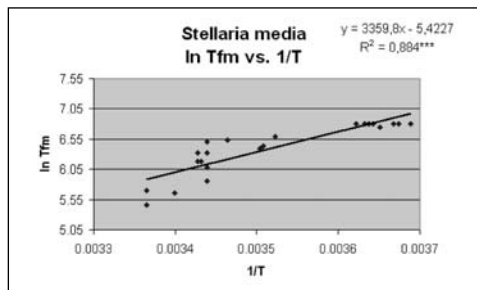
Figure 2. Regression ratio of $\ln T_{fm}$ (mS) induction parameter of Chla fluorescence against the reciprocal values of photosynthetically active radiation ($1/PAR$; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) read on chickweed (*Stellaria media*)



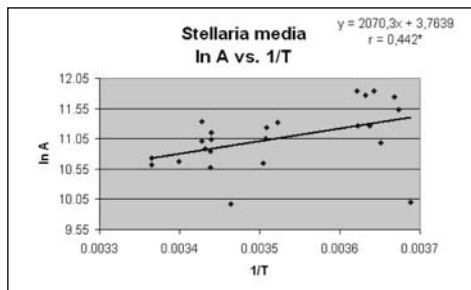
Slika 3. Regresioni odnos $\ln F_0$ parametra indukcije fluorescencije Chla prema recipročnim vrednostima apsolutne temperature ($1/T$; °K) merenim na mišjakinji (*Stellaria media*)
Figure 3. Regression ratio of $\ln F_0$ induction parameter of Chla fluorescence against the reciprocal values of absolute temperature ($1/T$; °K) read on chickweed (*Stellaria media*)



Slika 4. Regresioni odnos F_v/F_m parametra indukcije fluorescencije Chla prema recipročnim vrednostima apsolutne temperature ($1/T$; °K) merenim na mišjakinji (*Stellaria media*)
Figure 4. Regression ratio of F_v/F_m induction parameter of Chla fluorescence against the reciprocal values of absolute temperature ($1/T$; °K) read on chickweed (*Stellaria media*)



Slika 5. Regresioni odnos $\ln T_{fm}$ (mS) parametra indukcije fluorescencije Chla prema recipročnim vrednostima apsolutne temperature ($1/T$; °K) merenim na mišjakinji (*Stellaria media*)
Figure 5. Regression ratio of $\ln T_{fm}$ (mS) induction parameter of Chla fluorescence against the reciprocal values of absolute temperature ($1/T$; °K) read on chickweed (*Stellaria media*)



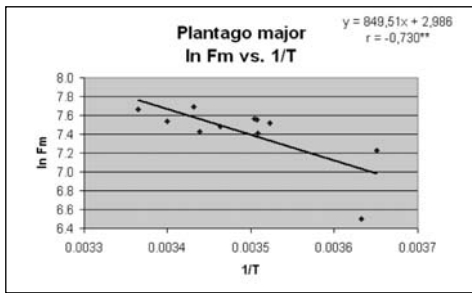
Slika 6. Regresioni odnos $\ln A$ (area; bmS) parametra indukcije fluorescencije Chla prema recipročnim vrednostima apsolutne temperature ($1/T$; °K) merenim na mišjakinji (*Stellaria media*)
Figure 6. Regression ratio of $\ln A$ (area; bmS) induction parameter of Chla fluorescence against the reciprocal values of absolute temperature ($1/T$; °K) read on chickweed (*Stellaria media*)

Tabela 2. Korelacioni odnosi vremena merenja i parametara indukcije fluorescencije Chla prema recipročnim vrednostima apsolutne temperature ($1/T$; °K) i fotosintetski aktivne radijacije ($1/PAR$; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) mereni kod ženske bokvice (*Plantago maior*)
Table 2. Correlation between measurement time and induction parameters of Chla fluorescence against the reciprocal values of absolute temperature ($1/T$; °K) and photosynthetically active radiation ($1/PAR$; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) read on female plantain (*Plantago maior*)

		*0,05=0,602	**0,01=0,735	***0,001=0,847						
Ukupno	Vreme	$\ln F_0$	$\ln F_m$	F_v/F_m	F_v/F_0	Pindex	$\ln T_{fm}$; mS	$\ln A$; bmS	$1/PAR$; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$1/T$; °K
Vreme	1,000									
$\ln F_0$	-0,205	1,000								
$\ln F_m$	0,149	-0,042	1,000							
F_v/F_m	0,121	-0,203	0,980	1,000						
F_v/F_0	0,292	-0,417	0,914	0,942	1,000					
Pindex	0,331	-0,617	0,609	0,649	0,843	1,000				
$\ln T_{fm}$; mS	-0,584	0,009	-0,504	-0,463	-0,486	-0,260	1,000			
$\ln A$;bmS	-0,135	-0,024	0,767	0,771	0,679	0,461	0,116	1,000		
$1/PAR$; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	-0,403	0,220	-0,036	-0,047	-0,149	-0,196	0,186	0,063	1,000	
$1/T$; °K	-0,360	0,206	-0,730	-0,724	-0,749	-0,503	0,870	-0,183	0,212	1,000

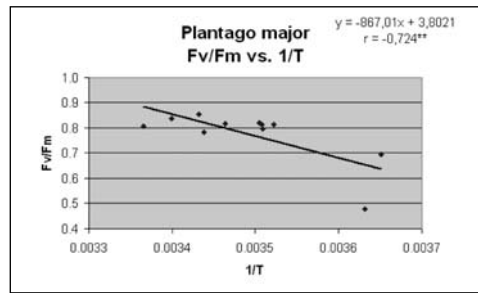
ženske bokvice dolazi do manje efikasnosti procesa u RC PS₂, umanjenja kvantnog prinosa i sporijeg transporta e u PS II (Slike 8, 9 i 10). Nasuprot izloženom, vrednosti navedenih parametara u toplijem delu godine ukazuju na intenzivnu fotosintezu kod ženske bokvice (Tabela 2).

Sve u svemu, navedeni rezultati ukazuju na to da je mišjakinja (*Stellaria media*), kao kosmopolitska i pretežno ruderalna vrsta, razvila mehanizme za zadovoljavajuće odvijanje fotosinteze na niskim temperaturama, što joj omogućava da preživi. Tada ta vrsta u hladnijem delu sezone zauzima različite ekološke niše i dovršava svoj životni ciklus, što joj je otežano tokom toplijeg dela sezone, zbog njene osetljivosti na sušu (Sobey, 1981). Nasuprot tome, ženska bokvica (*Plantago maior*), kao kosmopolitska hemikriptofitna vrsta, osetljiva je na niske temperature, na kojima preživljavaju samo podzemne strukture i seme (Sagar i Harper, 1964). Izneti rezultati ukazuju na mehanizme i faktore, koji uslovljavaju različitu osetljivost na niske temperature, a time i različite životne strategije, ovih inače prostorno susednih vrsta.



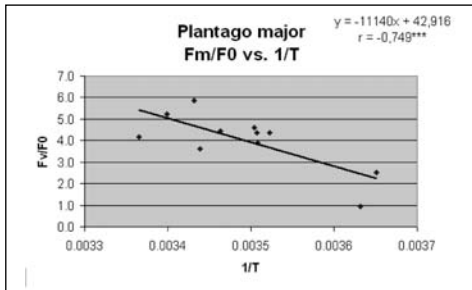
Slika 7. Regresioni odnos $\ln F_m$ parametra indukcije fluorescencije Chla prema recipročnim vrednostima apsolutne temperature ($1/T$; °K) merenim kod ženske bokvice (*Plantago maior*)

Figure 7. Regression ratio of $\ln F_m$ induction parameter of Chla fluorescence against the reciprocal values of absolute temperature ($1/T$; °K) read on female plantain (*Plantago maior*)



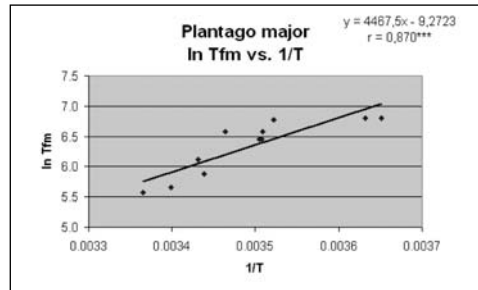
Slika 8. Regresioni odnos F_v/F_m parametra indukcije fluorescencije Chla prema recipročnim vrednostima apsolutne temperature ($1/T$; °K) merenim kod ženske bokvice (*Plantago maior*)

Figure 8. Regression ratio of F_v/F_m induction parameter of Chla fluorescence against the reciprocal values of absolute temperature ($1/T$; °K) read on female plantain (*Plantago maior*)



Slika 9. Regresioni odnos F_v/F_0 parametra indukcije fluorescencije Chla prema recipročnim vrednostima apsolutne temperature ($1/T$; °K) merenim kod ženske bokvice (*Plantago maior*)

Figure 9. Regression ratio of F_v/F_0 induction parameter of Chla fluorescence against the reciprocal values of absolute temperature ($1/T$; °K) read on female plantain (*Plantago maior*)



Slika 10. Regresioni odnos $\ln T_{fm}$ (mS) parametra indukcije fluorescencije Chla prema recipročnim vrednostima apsolutne temperature ($1/T$; °K); mereni kod ženske bokvice (*Plantago maior*)

Figure 10. Regression ratio of $\ln T_{fm}$ (mS) induction parameter of Chla fluorescence against the reciprocal values of absolute temperature ($1/T$; °K) read on female plantain (*Plantago maior*)

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se kolegama iz Instituta za poljoprivredna i tehnološka istraživanja iz Zaječara, koji su nam pozajmili Handy-PEA fluorometar. Rad je finansiran sredstvima projekata Ministarstva nauke Republike Srbije.

LITERATURA

- Berry, J., Björkman, O.:** Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 31, 491-543, 1980.
- Björkman, O.:** Responses to Different Quantum Flux Densities. In: *Encyclopedia of Plant Physiology*, 12A, 57-107, 1981.
- Björkman, O., Demmig, B.:** Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77K among vascular plants of diverse origins. *Planta*, 170, 489-504, 1987.
- Burke, J.J.:** Variation among species in the temperature dependence of the reappearance of variable fluorescence following illumination. *Plant Physiology*, 93, 652-656, 1990.
- Demmig-Adams, B., Adams, W.W.:** Photoprotection and other Responses of Plants to High Light Stress. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43, 599-626, 1992.
- Edwards, G., Walker, D.:** C₃, C₄: Mechanisms, and cellular and environmental regulation of photosynthesis. Blackwell, Oxford, UK, 1983.
- Geiger, D.R., Servaites, J.C.:** Diurnal regulation of photosynthetic carbon metabolism in C₃ plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 44, 235-256, 1994.
- Genty, B., Briantais, J.-M., Baker, N.R.:** The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, 990, 87-92, 1989.
- Krause, G.H., Weis, E.:** Chlorophyll Fluorescence: The Basics. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 42, 313-349, 1991.
- Long, S.P., Humphries, S., Falkowski, P.G.:** Photoinhibition of Photosynthesis in Nature. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 45, 633-662, 1994.
- Lyons, J.M., Graham, D., Raison, J.K. (eds.):** Low temperature stress in crop plants. Academic Press, New York, 1979.
- Marković, D., Jeremić, M., Radenović, Č.:** Savremena Biofizika. 4. Zakasnela fluorescencija hlorofila. Velarta, Beograd, ISBN 86-7138-015-7, 1996.
- Maxwell, K., Johnson, G.N.:** Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51(345), 659-668, 2000.
- Nishida, I., Murata, N.:** Chilling sensitivity in plants and cyanobacteria: the crucial contribution of membrane lipids. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 47, 541-568, 1996.
- Oberhuber, W., Edwards, G.E.:** Temperature Dependence of the Linkage of Quantum Yield of Photosystem II to CO₂ Fixation in C₄ and C₃ Plants. *Plant Physiology*, 101, 507-512, 1993.
- Sagar, G.R., Harper, J.L.:** Biological flora of British Isles: *Plantago maior* L., *Plantago media* L. and *Plantago lanceolata* L. *Journal of Ecology*, 52, 189-221, 1964.
- Sobey, D.G.:** *Stellaria media* (L.) Vill. *Journal of Ecology*, 69(1), 311-335, 1981.
- Strasser, R., Srivastava, A., Govindjee:** Polyphasic chlorophyll a fluorescence transient in plants and cyanobacteria. *Photochemistry and Photobiology*, 61, 32-34, 1995.

The Influence of Annual Changes in Temperature and Light (PAR) on the Induction of Chla Fluorescence *in situ* in *Stellaria media* (L.) and *Plantago maior* (L.)

SUMMARY

Chla fluorescence, as a mode of estimation of photosynthesis, is especially sensitive to changes in temperature and light intensity (PAR). This enables us to study the influence of those ecophysiological parameters on photosynthesis in native plants. In this article, we examined the effect of annual changes in temperature and PAR on the parameters of Chla fluorescence in *Stellaria media* (L.), a plant species more frequent in colder periods of the year, and *Plantago maior* (L.), which is more frequent in warmer periods. Lower PAR and temperature slowed down the electron transport in PS₂, but lower temperatures reduced the quantum efficacy of PS₂ and improved processes in the antennae system and the size of plastoquinone pool of PS₂ in *Stellaria media* (L.). Lower temperatures reduced quantum efficacy and slowed down the electron transport in PS₂ in *Plantago maior* (L.). The facts that PAR (as well as temperature) affects photosynthesis, and that lower temperatures activate processes in the antennae system and those on the acceptor side of PS₂ as a 'counterbalance' to the inhibition of quantum efficacy and electron transport in PS₂, caused by low temperatures, point at possible explanations of low-temperature resistance of photosynthesis in *Stellaria media* (L.). On the other hand, low temperatures caused inhibition of quantum efficacy and electron transport in the PS₂ of *Plantago maior* (L.), which caused low-temperature photoinhibition and stepped quenching of all physiological processes in the species. This might be the reason for the different levels of acclimation to low temperatures and different life strategies of the two species living in close vicinity.

Keywords: Temperature; PAR; Chla fluorescence; Annual changes; *Stellaria media* (L.); *Plantago maior* (L.)

Primljen 09.06.2008.

Odobren 10.07.2008.