

HORTICULTURĂ, VITICULTURĂ, SILVICULTURĂ ȘI PROTECȚIA PLANTELOR

CZU 634.11:[581.1+581.4]

MODIFICĂRILE STRUCTURAL-FUNCȚIONALE ALE APARATULUI FOTOSINTETIC LA POMII DE MĂR SUB ACȚIUNEA FACTORILOR INTERNI ȘI EXTERNI DE FORMARE

ALA DRUȚĂ¹, TAMARA GAVRILAȘ¹, GH. ȘIȘCANU²

¹Universitatea Agrară de Stat din Moldova

²Institutul de Genetică și Fiziologie a Plantelor, Academia de Științe a Moldovei

Abstract. The purpose of our investigations was to identify the photosynthetic functional peculiarities of apple variety Florina using the fluorometric method and depending on the leave position on the shoot, presence/absence of the photo-assimilating acceptor (fruit) and their correlation with the morphoanatomic support. These investigations aimed at the improvement of tree canopy architecture with the identification of the zone with maximum photosynthetic efficiency of leaves during photoinhibitory stress. The functional characteristics of photosynthetic apparatus: Effective Quantum Photosynthetic Yield of PSII, Electron Transport Rate, Instantaneous fluorescence, Maximal fluorescence, Photochemical quenching, non-photochemical quenching have been related to morpho-anatomic characteristics of leaves: cells, cell volume, internal surface of the lamina, lamina thickness, palisade tissue height, spongy tissue height, mezophillic coefficient, specific density of the cells. The results show, that during vegetation season of 2012y. plants suffered from photoinhibitory stress expressed into functional characteristics of photosynthetic apparatus: high values of non-photochemical quenching, low value of electron transport rate. Structural-functional comparative analysis has shown, that leaves with top position have an effective photoprotective mechanism against high light intensity and efficiently use both effective quantum photosynthetic yield of PSII and electron transport rate.

Key words: *Malus pumila*; Leaves; Morpho-anatomy; Fluorescence; Photosynthesis; Photochemical quenching; Non-photochemical quenching; Electron transport; Chlorophyll index; Defence mechanisms

Rezumat. Scopul investigațiilor efectuate a fost identificarea prin metoda fluorimetrică a particularităților funcționale fotosintetice în dependență de poziția pe lăstar și prezența/lipsa acceptorului de fotoasimilare (a fructului) și coraportarea lor la suportul structural morfoanatomic. Aceste investigații au menirea de a contribui la îmbunătățirea arhitecturii pomilor în scopul identificării zonei de confort a manifestării eficienței fotosintetice maxime a frunzelor în perioada de stres fotoinhibitoriu. Caracteristicile funcționale ale aparatului fotosintetic bazate pe: eficacitatea fotochimică a randamentului cuantic, rata transportului de electroni, fluorescența curentă a frunzelor, fluorescența maximă a frunzelor, stingerea fotochimică și nefotochimică au fost corelate cu particularitățile morfoanatomice ale frunzelor soiului de măr Florina: suprafața celulelor, volumul celulelor, suprafața internă a laminei, grosimea laminei, înălțimea țesutului palisadic, înălțimea țesutului lacunos, coeficientul de mezofilizare, densitatea specifică a celulelor. Rezultatele obținute indică că în perioada de vegetație a anului 2012 plantele au fost supuse stresului fotoinhibitoriu manifestat în caracteristicile funcționale ale aparatului fotosintetic: valorile mari ale stingerii nefotochimice, valorile inhibate ale ratei transportului de electroni. Analiza comparativă structural - funcțională a frunzelor pomilor de măr denotă că frunzele de la vârful lăstarului posedă un mecanism fotoprotector eficient împotriva excesului de lumină de intensități mari și utilizează eficient atât eficacitatea fotochimică a randamentului cuantic cât și rata transportului de electroni.

Cuvinte cheie: *Malus pumila*; Frunze; Morfo-anatomie; Fluorescență; Fotosinteză; Stingere fotochimică; Stingere nefotochimică; Transport de electroni; Index clorofilic; Mecanisme de protecție.

INTRODUCERE

Capacitatea plantelor de absorbție a luminii este influențată atât de factori externi (intensitatea luminii, asigurarea cu apă și elemente minerale), cât și de factori interni (vârstă, specie, soi, arhitectonică) și se referă mai ales la particularitățile morfo-anatomice ale principalului organ al fotosintezei – frunza. Individualitatea fotosintetică a aparatului foliar se manifestă printr-o multitudine de indicatori, cel mai

relevant fiind fluorescența aparatului fotosintetic, dezintegrată în componente, care indică funcționalitatea complexului colector de lumină. Studiile privind fluorescența sunt des întâlnite în investigațiile ecofiziologice, mai ales cu referire la influența factorilor de stres abiotici (Cornic, G., Ghashghaie, J. 1991; Makino, A. et al. 2002), la acțiunea patogenilor (Santos, I. et al. 1998), precum și la identificarea particularităților de genotip. Totodată, fluorescența este studiată în legătură cu caracteristicile fizice ale fructului, nutriția plantelor, acumularea biomasei (Christensen, M. et al. 2003). Datele privind fluorescența prezintă interes și servesc drept metodă non-distructivă de determinare a nivelului de activitate a aparatului fotosintetic.

Scopul investigațiilor efectuate a fost identificarea, prin metoda fluorimetrică, a particularităților funcționale ale aparatului fotosintetic la plantele de măr, pornind de la individualitatea morfo-anatomică a structurilor fotosintetizante dictată de factorii intrinseci ai plantei (poziția pe lăstar a frunzelor: vârf, mijloc, bază; a șarjei de rod: prezența/absența fructului), precum și răspunsul lor la acțiunea factorilor abiotici (în special intensitatea luminii și temperatura aerului).

MATERIAL ȘI METODĂ

Drept obiect de studiu au servit pomii de măr (*Malus domestica* L.), de soiul Florina (6 ani), plantați în lizimetre și crescuți în condiții optime de hidratare. Studiile morfo-anatomice au fost efectuate pe frunze ale soiului de măr Florina, amplasate pe vârful (v), mijlocul (m) și baza (b) lăstarilor de creștere, precum și pe pintenii cu rod (pnt.r.) și pintenii fără rod (pnt.f.r.). Frunzele cu vârstă și activitate fotosintetică diferită au fost recoltate pe parcursul vegetației (iunie – august). Secțiunile și preparatele proaspete au fost realizate și analizate la microscopul fonic МБИ-6, conform metodelor descrise de A.T. Mokronosov și R.A. Borzenkova (1978). Au fost studiați următorii indici: S – suprafața celulelor, V – volumul celulelor, S_i – suprafața internă a laminei, G₁ – grosimea laminei, h_p – înălțimea țesutului palisadic, h_l – înălțimea țesutului lacunos, CM – coeficientul de mezofilizare (raportul înălțimii parenchimului palisadic la cel lacunar), DSC – densitatea specifică a celulelor (numărul celulelor la o unitate de suprafață foliară).

Determinările fiziologice s-au efectuat pe aceleași frunze, prin metoda pasivă, fără utilizarea sursei de lumină pentru excitare. Plantele s-au aflat în condiții de iluminare naturală și stabilă. Determinările au fost efectuate în partea centrală a frunzei, în 4-6 repetiții, cu ajutorul fluorimetrului PAM-2100. Indicii fluorescenței au fost studiați în dinamică pe parcursul perioadei de vegetație. S-au studiat următorii indici: Y(II) – eficacitatea fotochimică a randamentului cuantic, ETR – rata transportului de electroni, Ft – fluorescența curentă a frunzelor, Fm – fluorescența maximă a frunzelor, qP – stingerea fotochimică și qN – stingerea nefotochimică. Indexul clorofilic (I_{clorof}) a fost determinat cu clorofilometrul FieldScout CM-1000 la aceleași frunze la care s-au făcut determinările fluorescenței. Observațiile s-au efectuat între orele 11.00-12.00 în zile însorite, cu abundență de iluminare, înregistrându-se temperatura și intensitatea luminii (PAR). Plantele au fost udate și fertilizate regulat conform metodei de cultivare a pomilor în lizimetre.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

S-a constatat că la frunzele soiului de măr Florina mezofilul este diferențiat clar în țesut palisadic și țesut lacunos, astfel că limbul are o structură dorsiventrală. Epiderma superioară este formată din celule mai mari comparativ cu epiderma inferioară. Țesutul palisadic este alcătuit din 3-4 straturi distincte pe toată lungimea sa. Celulele primelor două straturi au înălțimi comparabile, iar celulele din următoarele straturi sunt mai scurte. Țesutul lacunos este alcătuit din 5-6 rânduri de celule lacunoase de diferite configurații și dimensiuni, cu spații intercelulare mici la frunzele tinere și considerabil mai mari la frunzele mature. Celulele lacunoase, ce vin în contact cu țesutul palisadic, formează un rând destul de ordonat, care poate fi luat drept strat suplimentar al acestui țesut.

Procesul de fotosinteză depinde de echilibrul dintre intensitatea luminii și concentrația de dioxid de carbon. Grosimea mai accentuată a frunzei, dezvoltarea și distribuția țesutului palisadic și a țesutului lacunos în mezofil influențează în mod direct acest echilibru și optimizează fotosinteza la nivelul întregii frunze (Wild, G., Wolf, G. 1980). Deși suprafața laminei foliare (S₁) la variantele analizate nu s-a modificat semnificativ a fost înregistrată o creștere a grosimii laminei (G₁), precum și a înălțimii țesutului

Tabelul 1. Dinamica variației indicilor cantitativi ai aparatului fotosintetic la plantele de măr, soiul Florina, pe parcursul perioadei de vegetație a anului 2012

Indicii	Varianta	iunie	iulie	august	AMP
S₁ dm²	v	0,069	0,064	0,061	0,004
	m	0,323	0,326	0,372	0,027
	b	0,222	0,223	0,210	0,007
	pnt.f.r.	0,206	0,252	0,257	0,028
	pnt.r.	0,216	0,258	0,230	0,021
G₁ μm	v	163,74	215,39	223,24	32,32
	m	236,33	266,80	272,03	19,28
	b	241,81	238,48	238,71	1,86
	pnt.f.r.	223,48	220,86	237,29	8,82
	pnt.r.	219,44	226,10	238,71	9,79
h_p μm	v	69,02	104,24	110,43	22,34
	m	112,34	134,23	136,14	13,23
	b	113,05	122,33	120,90	5,00
	pnt.f.r.	110,43	114,95	117,57	3,61
	pnt.r.	107,58	114,72	116,86	4,86
h_L μm	v	78,06	93,53	94,01	9,07
	m	105,43	108,77	112,10	3,33
	b	109,72	92,34	95,44	9,27
	pnt.f.r.	91,63	81,87	94,72	6,71
	pnt.r.	90,92	84,01	94,25	5,22
CM	Varianta	iunie	iulie	august	AMP
	v	0,89	1,12	1,18	0,15
	m	1,07	1,24	1,22	0,09
	b	1,04	1,34	1,28	0,16
	pnt.f.r.	1,21	1,41	1,24	0,11
	pnt.r.	1,19	1,44	1,31	0,12
DSC_p x 10⁶/cm²	v	11,28	6,05	4,45	3,57
	m	5,15	3,98	4,03	0,66
	b	4,76	4,58	4,41	0,18
	pnt.f.r.	6,46	4,80	4,69	0,99
	pnt.r.	6,10	4,45	4,17	1,04

NOTĂ: v – frunze de la vârful lăstarului de creștere, m – frunze amplasate la mijlocul lăstarului de creștere, b – frunze de la baza lăstarului de creștere, pnt.f.r. – frunze amplasate pe piteni fără rod, pnt. r. – frunze amplasate pe piteni cu rod, G₁ – grosimea laminei, h_p – înălțimea țesutului palisadic, h_L – înălțimea țesutului lacunos, CM – coeficientul de mezofilizare, DSC – densitatea specifică a celulelor.

palisadic (h_p) și a celui lacunos (h_L) pe parcursul perioadei de vegetație (Tabelul 1). Astfel, la frunzele de la vârful lăstarului de creștere valorile acestor indicii s-au majorat de 1,4-1,6 ori, iar la frunzele recoltate de la mijlocul lăstarului – de 1,2 ori. Totodată, valorile coeficientului de mezofilizare prezintă o sporire mai evidentă la frunzele de pe pitenii cu rod și fără rod în luna iulie (Tabelul 1). Valorile cele mai mari ale densității specifice a celulelor se atestă în luna iunie și descresc odată cu majorarea volumului celulelor (Tabelul 1).

La variantele studiate volumul și suprafața celulelor palisadice și lacunoase sporește pe parcursul perioadei de vegetație, atingând valori maxime în luna august (Figurile 1, 2). Celulele palisadice și lacunoase în mezofilul frunzelor, recoltate de la mijlocul lăstarului de creștere, dezvoltă un volum și o suprafață de circa 1,2-1,3 ori mai mare comparativ cu celelalte variante. Datorită acestui fapt, frunzele de la mijlocul lăstarului au o suprafață internă mai mare decât la celelalte variante pe tot parcursul vegetației (Figura 3).

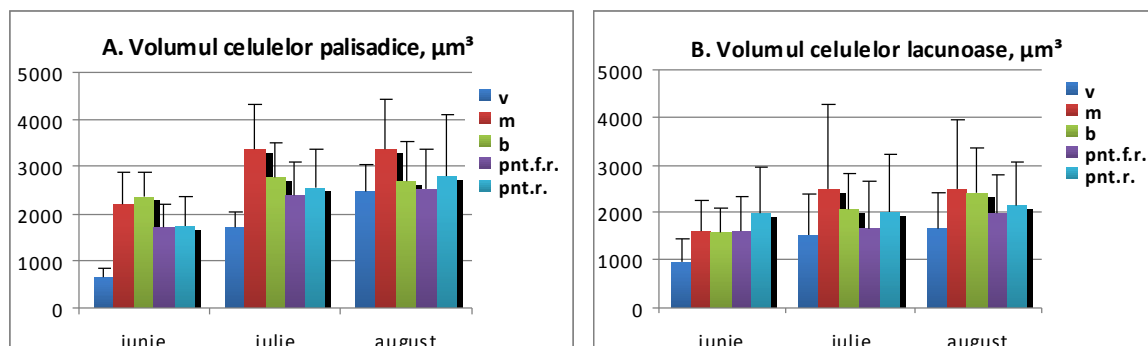


Figura 1. Volumul celulelor palisadice (A) și volumul celulelor lacunoase (B) în frunzele plantelor de măr, soiul Florina, pe parcursul perioadei de vegetație a anului 2012

NOTĂ: v – frunze de la vârful lăstarului de creștere, m – frunze amplasate la mijlocul lăstarului de creștere, b – frunze de la baza lăstarului de creștere, pnt.f.r. – frunze amplasate pe piteni fără rod, pnt.r. – frunze amplasate pe piteni cu rod.

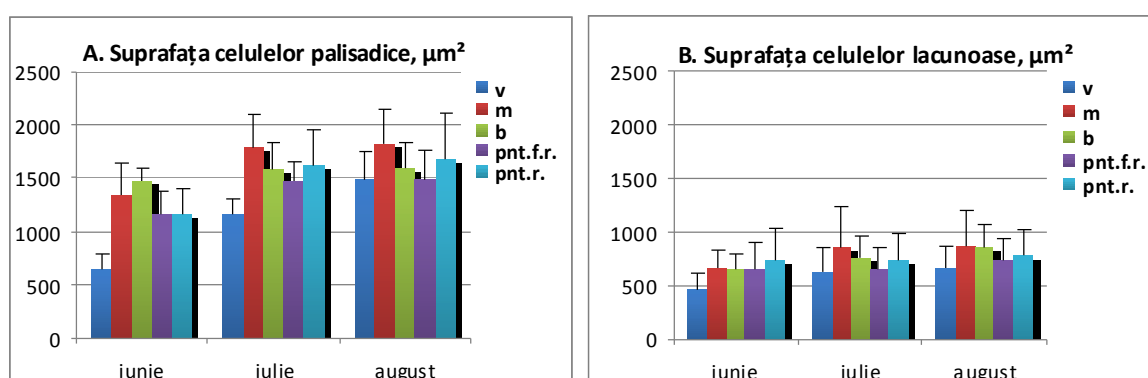


Figura 2. Suprafața celulelor palisadice (A) și suprafața celulelor lacunoase (B) în frunzele plantelor de măr, soiul Florina, pe parcursul perioadei de vegetație a anului 2012

NOTĂ: v – frunze de la vârful lăstarului de creștere, m – frunze amplasate la mijlocul lăstarului de creștere, b – frunze de la baza lăstarului de creștere, pnt.f.r. – frunze amplasate pe piteni fără rod, pnt.r. – frunze amplasate pe piteni cu rod.

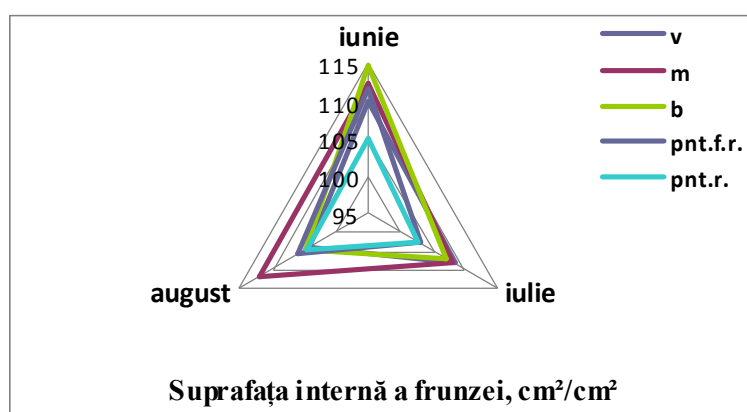


Figura 3. Suprafața internă a frunzei la plantele de măr, soiul Florina, pe parcursul vegetației

NOTĂ: v – frunze de la vârful lăstarului de creștere, m – frunze amplasate la mijlocul lăstarului de creștere, b – frunze amplasate la baza lăstarului de creștere, pnt.f.r. – frunze amplasate pe piteni fără rod, pnt.r. – frunze amplasate pe piteni cu rod.

Stabilirea diferențelor în eficiența fotosintetică a frunzelor în dependență de poziția lor pe lăstar și de tipul lăstarului poate contribui la îmbunătățirea arhitecturii copacilor, în scopul identificării zonei de maximă eficiență fotosintetică a frunzelor. Cei mai potriviți indici în acest scop sunt Y(II) (eficacitatea fotochimică a randamentului cuantic) și ETR (rata transportului de electroni). Totodată, a fost studiată

fluorescența curentă a frunzelor (Ft) și cea maximă (Fm). La fel, au fost utilizate datele referitoare la stingerea fotochimică (qP) și nefotochimică (qN), care indică starea mecanismelor fotoprotectoare, starea de tranziție, fotoinhibarea și distribuția energiei în plantă.

De menționat că perioada de vegetație a anului 2012 s-a caracterizat prin intervale de timp caniculare de lungă durată, cu insolație abundentă și temperaturi înalte. În luna iunie temperatura medie a aerului a depășit valorile normei cu 2,9-4,4°C, iar maximele au atins +40,1°C. Lunile iulie și august, la fel, au fost deosebit de calde, depășind norma cu 4,3-5,7°C și atingând maxime de +40,6°C. Aceste caracteristici climatice au determinat formarea unui aparat fotoasimilator care a asigurat funcționalitatea lui în condiții stresante.

În dependență de poziția lor pe lăstar, frunzele primesc o cantitate diferită de lumină și își ajustează asimilarea ei de către complexul de colectare în conformitate cu intensitatea iluminării și necesitățile interne ale plantei, prioritar fiind relațiile cu centrele acceptoare. Condițiile de iluminare a copacilor de măr din lizimetre au fost bune și cantitatea de lumină incidentă zilnică, precum și integral pe perioada de vegetație, au depășit cu mult cantitatea de lumină asimilată. În acest caz, complexul de colectare a luminii echilibrează absorbția și utilizarea energiei luminii, reducând probabilitatea afectării oxidative. Aceste particularități s-au manifestat plenar la frunzele de pe vârful lăstarului.

Eficiența transportului de electroni pe membranele tilacoizilor (ETR), care reflectă intensitatea relațiilor fotochimice ale fazei de lumină a fotosintezei, în mare măsură corespunde ratei de asimilare a CO₂. Acest factor indică o prioritate vădită a frunzelor de la vârful lăstarului de creștere în lunile mai și iunie, deși spre sfârșitul experimentului aceste frunze și-au pierdut eficiența ETR (Figura 4). Această schimbare se explică prin faptul că frunzele respective au suferit în urma insolației și a temperaturilor mari care, probabil, au cauzat efectul fotoinhibiției. Frunzele plasate la mijlocul lăstarului au un ETR mai redus ca frunzele de la vârf, dar destul de mare comparativ cu alte variante pe perioada primelor două experimente. Dar, în principiu, și ele au fost afectate de aceeași situație climatică, ceea ce a dus la o diminuare vădită a ETR în lunile iulie - august. Dacă luăm în calcul mărirea volumului și a suprafeței celulelor frunzelor de la vârful și mijlocul lăstarului, s-ar putea presupune că activitatea aparatului fotosintetic al acestor frunze în condițiile respective a avut un suport structural mai bine exprimat comparativ cu cel fotofizic. Spre deosebire de frunzele plasate la vârful și mijlocul lăstarului, frunzele de la baza lăstarului, fiind mai puțin afectate de intensitatea mare a luminii, cu efect direct de încălzire, și-au păstrat ETR-ul la un nivel scăzut comparativ cu frunzele de vârf și mijloc, dar stabil pe tot parcursul vegetației, având un suport structural adecvat.

Rata transportului de electroni a frunzelor de pe piteni a fost semnificativ mai mică comparativ cu frunzele de pe lăstarul de creștere în primele două experimente, pe când în cele din luna august ETR era chiar mai mare, cedând doar frunzelor de la baza lăstarului de creștere (Figura 4). Frunzele de pe lăstarul cu rod au arătat o ușoară creștere a indicelui respectiv.

După cum se știe, PSII este principalul contribuabil al fluorescenței, iar eficacitatea lui este un indicator al cantității de energie utilizată în reacțiile fotochimice în condițiile concrete de iluminare (Genty, B. et al. 1989; Maxwell, K., Johnson, G. 2000). Utilizând Y se poate estima partea cuantelor absorbite și utilizate de centrele de reacție ale PSII în condițiile curente de iluminare (Figura 5). Acest indiciu poate fi afectat de închiderea centrelor de reacție și disiparea de energie cauzată de stingerea nefotochimică (qN) (Schreiber, U. 2004).

Y(II) este un indiciu sensibil la lumină și temperaturi mari, de 33-33 C⁰ (Haldimann, P., Feller, U. 2004). Aceste condiții abiotice au persistat în perioada lunilor iulie - august și, probabil, sunt motivele diminuării valorii lui Y, în special în frunzele neadaptate la intensități mari ale luminii (frunzele de la mijlocul, baza lăstarului, piteni). Frunzele de la vârf sunt adaptate la insolații mari cu efect direct de mărire a temperaturii și și-au păstrat activitatea înaltă comparativ cu alte variante, reducându-și activitatea în lunile caniculare, în special în luna iulie, unde numărul de zile cu temperaturi anormale a fost mare, în timpul efectuării măsurărilor acestui indiciu temperatura aerului variind între 31,7-33,4 C⁰, iar radiația între 1031-1081 μmol m⁻² s⁻¹. De menționat că plantele studiate nu au suferit de stres hidric, deoarece au crescut în lizimetre și au fost udate regulat. Frunzele de la mijlocul lăstarului de creștere au înregistrat o scădere a lui Y pe parcursul vegetației (Figura 5). Frunzele de la baza lăstarului au fost expuse mai puțin stresului fotoinhibitoriu și, în virtutea particularităților ontogenetice, s-au caracterizat printr-un Y redus, dar stabil. Aceste rezultate sunt în concordanță cu datele căpătate de Lichtenthaler (2004) la frunzele expuse la lumină și umbră.

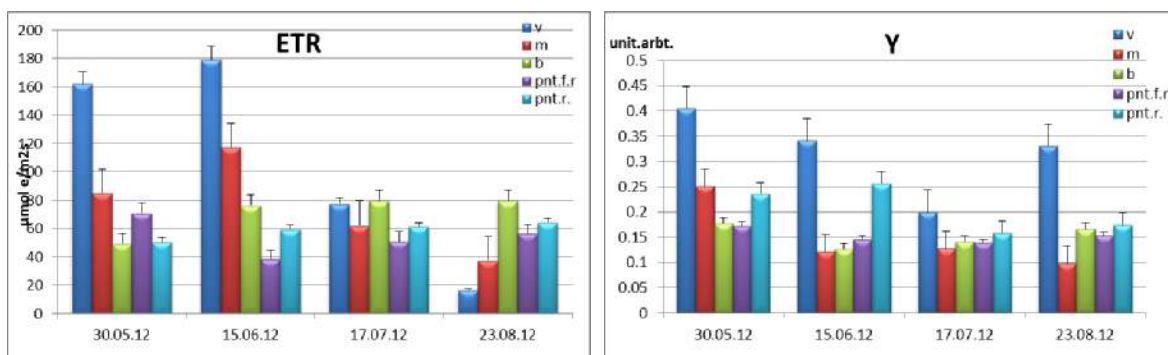


Figura 4. Rata transportului de electroni (ETR) și eficacitatea fotochimică a randamentului cuantic (Y) în frunzele plantelor de măr, soiul Florina, pe parcursul vegetației anului 2012

NOTĂ: v – frunze de la vârful lăstarului de creștere, m – frunze de la mijlocul lăstarului de creștere, b – frunze de la baza lăstarului de creștere, pnt.f.r. – frunze amplasate pe piteni fără rod, pnt.r. – frunze amplasate pe piteni cu rod.

Eficiența relativ înaltă a PSII a frunzei de pe pitenii cu rod indică necesitatea de energie care asigură reacțiile fazei enzimatică a fotosintezei pentru sinteza produșilor finali ai fotosintezei – glucidele, necesare fructului din vecinătate, care servește ca centru puternic de atracție. Probabil, acesta a fost factorul care a determinat eficiența energetică înaltă a acestor frunze comparativ cu frunzele de pe pitenii fără rod.

Stingerea nefotochimică qN constituie 67% din totalul stingerii nefotochimice și este un mecanism fotoprotector împotriva intensității mari de lumină, disipând inofensiv energia clorofilei din starea de excitare singlet (primar sau secundar) sub formă de căldură prin vibrații moleculare (Horton, P. et al. 2000). Site-ul primar al acestei stingeri sunt antenele complexului fotocolector. În experiențele noastre stingerea nefotochimică a fost mare în toate frunzele copacilor analizați (Figura 6), indicând cantitatea mare de energie disipată și faptul că frunzele existau în condiții care depășeau intensitatea de saturare a luminii. Acest efect a fost cauzat de iluminarea mare naturală la care au fost expuse plantele ($PAR\ 980-1100\ \mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) în perioada de vegetație. Factorul qN contribuie la mecanismul de protecție a fotosintezei în condițiile în care absorbția energiei luminii depășește capacitatea de utilizare a acesteia în fotosinteză, fapt remarcat și în timpul experimentelor efectuate, în special în lunile iulie – august.

Stingerea fotochimică (qP) a fost relativ mică, ceea ce este explicabil pe fonul unui Y înalt, dar centrele de reacție ale plantelor nu erau total închise din cauza stării de reducere a Q_A , iar valorile obținute au fost de 0,1-0,3 u.a. Totodată, din figura 5 se vede că qP a avut fluctuații pe parcursul vegetației, indicând că nu totdeauna frunzele au ajuns la starea stabilă în timpul experimentelor. În timpul insolațiilor foarte mari din lunile iulie-august qP scade.

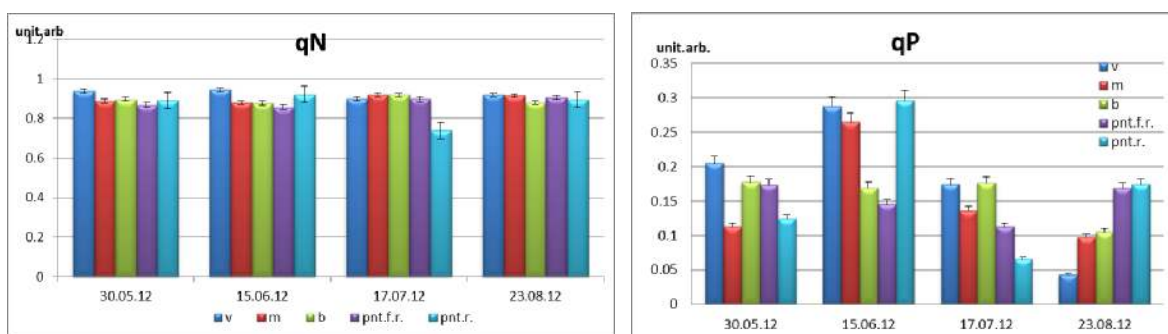


Figura 5. Stingerea nefotochimică (qN) și stingerea fotochimică (qP) în frunzele plantelor de măr, soiul Florina, pe parcursul vegetației anului 2012

NOTĂ: v – frunze de la vârful lăstarului de creștere, m – frunze amplasate la mijlocul lăstarului de creștere, b – frunze de la baza lăstarului de creștere, pnt.f.r. – frunze amplasate pe piteni fără rod, pnt.r. – frunze amplasate pe piteni cu rod.

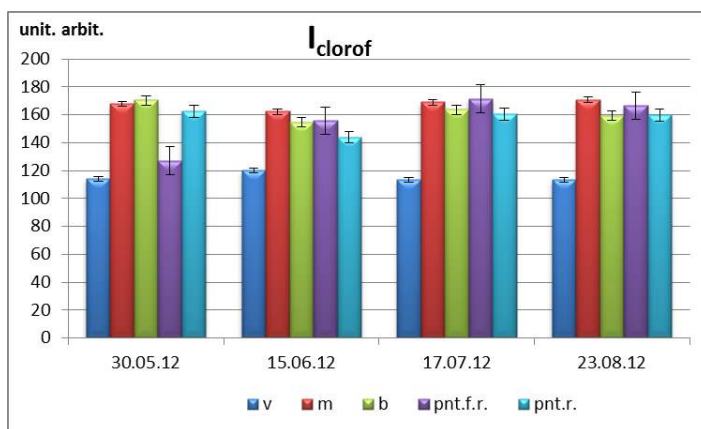


Figura 6. Indexul clorofilic (I_{clorof}) al frunzelor plantelor de măr, soiul Florina, pe parcursul vegetației anului 2012

NOTĂ: v – frunze de la vârful lăstarului de creștere, m – frunze amplasate la mijlocul lăstarului de creștere, b – frunze de la baza lăstarului de creștere, pnt.f.r. – frunze amplasate pe piteni fără rod, pnt.r. – frunze amplasate pe piteni cu rod.

Eficiența stingerii fotochimice, un indicator integral (proxy) al eficienței PSII, poate fi evaluată în baza diferenței $F_m - F_t$ (Santos, I. et al. 1998). Acest indiciu a fost instabil, atestând faptul că frunzele erau afectate de condițiile de iluminare și temperatură, în special în lunile iulie-august, dar nu s-au identificat diferențe semnificative între variante, de aceea nu este prezentat. Atât qP , cât și qN sunt mecanisme de protecție împotriva formării speciilor reactive de oxigen, O_2^- , O_2^{-2} .

Indexul clorofilic (I_{clorof}) indică o valoare redusă la frunzele poziționate la vârful lăstarului de creștere, ceea ce se explică prin capacitatea acestora de a se adapta la lumină (Figura 8) și este în relație invers proporțională cu eficiența utilizării energiei în reacțiile fotochimice (Y). Frunzele de la mijlocul și baza lăstarului au avut un conținut relativ stabil pe perioada de vegetație. Indexul clorofilic al frunzelor de pe pitenii cu rod a fost mai mic ca a celor fără rod, dar eficiența lor energetică este destul de înaltă.

CONCLUZII

În baza experiențelor efectuate am constatat performanțe fotosintetice semnificative la frunzele recoltate de la mijlocul lăstarului: creșterea în suprafață și grosime a laminei, înălțimea țesutului palisadic și a țesutului lacunos, volumul și suprafața celulelor palisadice și lacunoase, precum și suprafața internă a frunzei. În lunile iulie și august, frunzele recoltate de la vârful lăstarului de creștere au o grosime a laminei de circa 1,2 ori mai mare comparativ cu luna iunie, fapt ce se datorează majorării înălțimii țesutului palisadic și a celui lacunos, dar și sporirii considerabile a volumului de celule.

În perioada de vegetație frunzele soiului de măr Florina au fost expuse timp de 38-46 zile unor temperaturi anormale ($33-42\text{ }^{\circ}\text{C}$), însoțite de iluminare abundentă ($d \leq 1100\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$), care au provocat un stres fotoinhibitoriu în funcționalitatea aparatului fotosintetic, manifestat prin valori mari ale stingerii nefotochimice (qN), valori inhibitate ale ratei transportului de electroni (ETR) în perioadele respective.

Analiza comparativă a performanțelor fotosintetice ale frunzelor pomilor de măr în dependență de poziția pe lăstar și tipul de lăstar arată că frunzele de la vârf, fiind adaptate la intensități mari ale luminii, utilizează eficient atât Y , cât și ETR. Frunzele de la mijlocul și baza lăstarului și-au format aparatul fotoasimilator în condiții mai puțin stresante (ontogenează mai timpurie) și au fost puternic afectate de iluminarea abundentă și temperaturile foarte înalte ($33-40\text{ }^{\circ}\text{C}$), ceea ce s-a reflectat în valori mai scăzute ale ETR.

Frunzele aflate pe pitenii cu rod s-au caracterizat prin valori mai mari ale indicilor ETR și Y comparativ cu cele ale frunzelor de pe lăstarii fără rod, fapt condiționat, probabil, de un acceptor puternic aflat în vecinătate nemijlocită.

Indexul clorofilic a fost mai mic la frunzele de la vârful lăstarului, adaptate la intensități mari de lumină, însă prezintă o mai mare eficiență a ETR și Y .

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. CHRISTENSEN, M., TEICHER, H., STREIBIG J., 2003. Linking fluorescence induction curve and biomass in herbicide screening. *Pest Management Science*, vol. 59, pp. 1303-1310.
2. CORNIC, G., GHASHGHAIE, J., 1991. Effect of temperature on net CO₂ assimilation and photosystem II quantum yield of electron transfer of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) leaves during drought stress. *Planta*, vol. 185, pp. 255-260.
3. GENTY, B., BRIANTAIS, J., BAKER, N., 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, vol. 990, pp. 87-92.
4. HALDIMANN, P., FELLER, U., 2004. Inhibition of photosynthesis by high temperature in oak (*Quercus pubescens* L.) leaves grown under natural conditions closely correlates with a reversible heat dependent reduction of the activation state of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase. *Plant Cell and Environment*, vol. 27(9), pp. 1169-1183.
5. HORTON, P., RUBAN, A., WENTWORTH, M., 2000. Allosteric regulation of the light harvesting system of photosystem II. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, vol. 355, pp. 1361-1370.
6. LICHTENTHALER, H., BABANI, F., 2004. Light Adaption and Senescence of the Photosynthetic Apparatus. Changes in Pigment Composition, Chlorophyll Fluorescence Parameters and Photosynthetic Activity. In: Chlorophyll a Fluorescence a Signature of Photosynthesis, p. 716.
7. MAKINO, A., MIYAKE, C., YOKOTA, A., 2002. Physiological Functions of the Water-Water Cycle (Mehler Reaction) and the Cyclic Electron Flow around PSI in Rice Leaves. *Plant and Cell Physiology*, vol. 43(9), pp. 1017-1026.
8. MAXWELL, K., JOHNSON, G., 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, vol. 51, no. 345, pp. 659-668.
9. MOKRONOSOV, A., BORZENKOVA, R., 1978. Metodika količestvennoj ocenki struktury i funkcional'noj aktivnosti fotosintezirujuših tkanej i organov. V: Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii, t. 61, vyp. 3, c. 119-133.
10. SANTOS, I., DE ALMEDA, A., VALLE, R., 1998. Chlorophyll fluorescence parameters characterizing the development of two cacao genotypes infected by witches broom. *Photosynthetica*, vol. 35(1), pp. 29-39.
11. SCHREIBER, U., 2004. Pulse-Amplitude-Modulation (PAM) Fluorometry and Saturation Pulse Method. In: Chlorophyll a Fluorescence a Signature of Photosynthesis, pp. 279-319.
12. WILD, G., WOLF, G., 1980. The effect of different light intensities on the frequency and size of stomata, the size of cells, the number, size and chlorophyll content of chloroplasts in the mezophyll and the guard cells during the ontogeny of primary leaves of *Sinapisolba* Z. *Pflanzenphysiol*, vol. 97, pp. 325-342.

Data prezentării articolului: **16.03.2013**

Data acceptării articolului: **20.05.2013**