FITOMONITORIZAREA INTENSITĂȚII FOTOSINTEZEI, RESPIRAȚIEI ȘI TRANSPIRAȚIEI LA POMII DE PĂR

Șișcanu Gheorghe, Scurtu Gheorghe, Titova Nina

Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Chișinău, Republica Moldova

e-mail: nina.titova@igfpp.md

Abstract

The paper presents the results regarding the phytomonitoring of physiological processes in pear trees. The modern RTM-48A phytomonitor was used, which allowed the measurement of indices in the form of a film-phytodiagram that allows the diagnosis of the properties of genotype and physiological condition of plants. The light saturation curve for photosynthesis in pear plants was determined as a result of the evaluation of the intensity of photosynthesis, respiration, transpiration, stomata conductivity as a function of temperature, humidity and CO₂ content in the air. The minimum value of light at which the photosynthesis process is initiated has been established. As the light intensity increases (1/3 of the total light) the intensity of photosynthesis increases after the essential optimization of the process has taken place.

Key words: pear trees, phytomonitoring, film- phytodiagram, photosynthesis, active photosynthetic radiation, respiration, transpiration, stomata conductivity.

Introducere

Productivitatea plantelor este determinată de activitatea unui complex de procese fiziologice și biochimice, între care rolul principal aparține fotosintezei [1] ce activează în legătură cu alte procese și care în coordonare asigură viabilitatea organismului vegetal. De asemenea se cunoaște că potențialul de producție la plante este determinat de genotip, însă realizarea lui în mare măsură depinde de factorii ecologici. Procesele fiziologice, inclusiv fotosinteza, permanent sunt supuse influenței diferitor factori, cum ar fi lumina, temperatura, umiditatea, ceea ce influențează asupra realizării productivității plantelor. Reieșind din aceste considerente paralel cu monitorizarea funcționării proceselor fiziologice a fost înregistrată monitorizarea curbei de saturație a luminii pentru fotosinteză-element de performanță, fotosinteza (brută și netă), transpirația, respirația, conductivitatea stomatelor, temperatura, umiditatea, concentrația de CO₂. Experimental, în premieră, am efectuat cercetări de fitomonitorizare - 72 ore la plantele de păr.

Fitomonitorizarea a apărut istoric ca o secțiune instrumentală a biociberneticii vegetale în anii 50 ai secolului trecut [2; 3; 4]. Termenul fitomonitorizare însuși a fost propus în 1987 de oamenii de știință de la Laboratorul de Biocibernetică a Plantelor din Leningrad [3]. Dezvoltarea ulterioară a acestei direcții a dus la crearea unei metodologii de fitomonitorizare, care a fost proclamată ca o nouă metodologie a fiziologiei plantelor (fitomonitorizare fiziologică) [4]. Setul de înregistrări a parametrilor fiziologici (de regulă într-o zi sau mai mult) poate fi considerat ca o descriere a stării funcționale a unei plante aflate în cenoză sau ca semnale despre starea funcțională a plantei. Aceasta din urmă împrejurare vă permite să includem instalațiile în gestionarea procesului producțional pe principiul controlului feedback-ului. În prezent, fitomonitorizarea, ca o metodologie nouă a fiziologiei plantelor, a primit recunoaștere universală în Rusia, Australia, Israel, SUA, Chile, Republica Moldova și alte țări. Fitomonitorizarea în comun cu studiile fiziologice și biochimice este și diagnosticarea proprietăților genotipului a plantelor.

Materiale și metode

În calitate de obiect de studiu a fost utilizat soiul tardiv de păr Noiabriscaya, specia *Pyrus*, familia *Rozaceae* în vârstă de 4 ani, cultivat în lizimetre. Soiul este răspândit în Republica Moldova și țările din spațiul exsovietic sub numele de Noiabriscaya.

A fost utilizat fitomonitorul modern PTM-48A (Bioinstruments S.R.L) [5], care permite efectuarea măsurărilor sub formă de film-fitodiagramă la fiecare 15 minute, pe o durată de 72 ore, prin fitomonitorizare în regim automat. Fitomonitorul PTM-48A este compatibil cu drona de cercetare de marca "Phantom-2" [6] prin conexiuni directe și prin programe proprii de colectare și prelucrare a datelor. În rezultatul cercetărilor au fost înregistrate: fotosinteza- $\mu\text{M CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, asimilația reală- $\mu\text{M CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, respirația totală- $\mu\text{M CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, faza de întuneric a respirației- $\mu\text{M CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, fotorespirația- $\mu\text{M CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, transpirația - $\text{mg H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, conductivitatea stomatelor - gs, mm/s a frunzelor intacte de păr. Prelucrarea rezultatelor măsurărilor permit obținerea elementului fiziologic de performanță: curba de saturație a luminii pentru fotosinteză (μM

$\text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), a fotosintezei brută și netă ($\mu\text{M CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Prelucrarea statistică a datelor sa efectuat prin utilizarea aplicațiilor software de calculator Statistica 10 (Stat soft INC, SUA) și Microsoft Excel 2010. Pentru modelarea și ajustarea datelor bidimensionale au fost utilizate metodele celor mai mici pătrate și regresia puternic ponderată la nivel local. Toate calculele s-au efectuat la nivel de semnificație $P \leq 0,05$.

Rezultate și discuții

Modalitatea principală de cercetare a fotosintezei, fie că a mecanismelor sau a proprietăților biologice, este bazată pe stabilirea legăturilor reciproce a fotosintezei cu alte procese metabolice a organismului vegetal. Prezența luminii, ca unul din factori exogeni, reprezintă principala condiție pentru ca procesul de fotosinteză să activeze, ce și a determinat studierea influenței acestui factor asupra intensității fotosintezei prin acordarea unei mari atenții, având la dispoziție posibilitățile aparatului de monitorizare automată PTM-48A. Cercetările prezintă performanța *Curbele de saturație a luminii pentru fotosinteză* la plantele de păr.

A fost stabilită intensitatea minimală a luminii la care începe procesul de fotosinteză. Fitomonitorul PTM-48A are capacitatea de înregistrare a acestui minimum foarte mic. Odată cu creșterea intensității luminii (până la 1/3 din lumina solară totală) intensitatea fotosintezei se mărește, după ce se micșorează majorarea fotosintezei în comparație cu intensitatea luminii. Cu creșterea în continuare a intensității luminii are loc procesul de saturație a fotosintezei. Majorarea în continuare a intensității luminii influențează negativ asupra intensității procesului. Analizând datele constatăm, că la plantele de păr intensitatea fotosintezei începe să crească la apariția luminii și continuă până la iluminarea de $100\text{--}150 \mu\text{M CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, scade treptat până la $500 \mu\text{M CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, după ce se menține la același nivel până la iluminarea de aproximativ de $1500 \mu\text{M CO}_2$, apoi crește la $1800 \mu\text{M}$. Baza energetică a fotosintezei este reprezentată de razele absorbite de clorofilă. Energia radiației fotosintetice active reprezintă aproximativ 50% din energia totală a radiației solare. Partea infraroșie a spectrului solar, care reprezintă de asemenea aproximativ 50% din energia totală a soarelui, nu participă la reacțiile fotochimice ale fotosintezei. Aceste raze sunt absorbite de sol - din care stratul de suprafață al aerului și plantele însăși sunt încălzite, iar transpirația și evaporarea umidității din suprafața solului sunt îmbunătățite. Un indicator obiectiv al productivității plantelor de cultură poate fi utilizarea radiației fotosintetice active (RFA). În procesul de fotosinteză nu participă toată energia solară, ci doar partea vizibilă cu lungimi de undă de la 380 la 720 nm (nanometri sau milimetri). Randamentele bune corespund la 2-3% utilizare a RFA. Acumularea de 3,5-5% RFA și mai mult este posibilă în recoltă. Efectul temperaturii asupra fotosintezei depinde de intensitatea iluminării. La o iluminare scăzută, fotosinteza nu depinde de temperatură. În condiții de iluminare ridicată, intensitatea fotosintezei este determinată de activitatea reacțiilor ce se desfășoară la faza de întuneric. Temperatura frunzei și penetrarea frunzei de către lumină depinde de grosimea și consistența acesteia. În frunze subțiri, capacitatea de căldură și iluminare este scăzută și reacționează mai puternic la fluctuațiile de iluminare. Când se determină intensitatea fotosintezei, se obține magnitudinea fotosintezei observate (fotosinteza netă). Un indicator important al fotosintezei este intensitatea acesteia, adică cantitatea de CO_2 absorbită pe unitatea de timp de o unitate a suprafeței frunzelor. Pentru a obține valoarea unei fotosinteze reale (fotosinteza brută), e necesar de adăugat o modificare a respirației la fotosinteza observată. Astfel, materia organică acumulată de plante reprezintă diferența dintre substanța organică formată în timpul fotosintezei și substanța folosită pentru respirație. Creșterea zilnică în greutate a materiei uscate pe unitatea de suprafață a unei plante se numește productivitate a fotosintezei. Intensitatea fotosintezei și productivitatea fotosintetică la plantele diferitor specii, se deosebesc în mod esențial.

Alimentarea cu carbon a unei frunze intacte la pomii de păr, prin absorbția dioxidului de carbon din aer, combinată cu nutriția azotului din sol, este principalul factor care asigură creșterea, randamentul ridicat și rezistența la condițiile ecologice. Fotosinteza este posibilă și la temperaturile aerului frunzelor la care se oprește creșterea plantelor. În acest caz, materia organică formată intră în stoc. Temperaturile deosebit de scăzute ale nopții influențează negativ asupra transportului substanțelor plastice din frunze în alte organe ale plantelor. Activitatea aparatului fotosintetic și fluxul de asimilare din frunze pot fi perturbate semnificativ când temperatura din zona rădăcinii scade. Limitele de temperatură în care este posibilă fotosinteza sunt deferă pentru diferitele plante. Scăderea temperaturii afectează în mod direct fotosinteza, reducând activitatea enzimelor implicate în reacțiile la întuneric. Temperatura minimă pentru fotosinteza plantelor este de aproximativ 0°C . Temperatura optimă a fotosintezei pentru majoritatea plantelor este de aproximativ $20\text{--}25^\circ\text{C}$. La temperaturi mai mari decât cele optime, intensitatea fotosintezei scade brusc. Astfel, creșterea temperaturii mărește rata reacțiilor de întuneric a fotosintezei. În același timp, la o temperatură de $25\text{--}30^\circ\text{C}$, are loc procesul de inactivare a cloroplastelor. Creșterea temperaturii poate cauza, de asemenea, oprirea fisurilor stomatelor. În cele din urmă, cum am menționat deja, creșterea temperaturii stimulează

intensitatea respirației și în acest sens scade fotosinteza vizibilă (diferența dintre fotosinteză și respirație). Scăderea temperaturii reduce fotosinteza, deoarece activitatea enzimelor este inhibată, viteza proceselor de difuzie scade, precum și fluxul de asimilate. Temperatura frunzei depinde de grosimea și consistența acesteia. În frunze subțiri, capacitatea de căldură este scăzută ce reacționează mai puternic la fluctuațiile de iluminare.

Atmosfera, care reprezintă, în medie, sursa principală de CO₂ pentru plante, conține 0,03% CO₂ și creșterea concentrației de CO₂ în aer de la 0,2 până la 0,6% accelerează procesul de fotosinteză; conduce la o creștere a randamentului plantelor cu 12-16%. Când concentrația de CO₂ în aer este mai mare de 0,6%, creșterea plantelor poate încetini

Transpirația reprezintă procesul de mișcare a apei prin plante și evaporarea acesteia prin organele externe ale ei, cum ar fi frunzele, lăstarii și florile. Apa este necesară pentru viața plantei, dar doar o mică parte din apa care intră prin rădăcini este folosită direct în procesele metabolice, însă restul se pierde prin transpirație.

Stomatele sunt limitate de celulele de închidere și celulele însoțitoare (cunoscute colectiv ca complex de stomate), care deschid și închid porii. Transpirația trece prin fisuri și poate fi considerată un necesar asociat pentru accesul dioxidului de carbon pentru fotosinteză. Transpirația răcește planta, modifică presiunea osmotică din celule și asigură mișcarea apei și a substanțelor nutritive. Conductibilitatea stomatelor confirmă performanța - *Curbelor de saturație a luminii pentru fotosinteză*.

În anii 70 ai secolului trecut, problema gradului de saturație a vaporilor de apă într-o cavitate a fost subiectul unei discuții. Până în prezent, prevederea privind saturarea completă a vaporilor de apă în cavitatea de sublimități e fixată în final în teoria schimbului de gaze fotosintetice. Echipamentele moderne de sensibilitate ridicată pentru calculul conductivității stomatelor în prelucrarea computerizată a indicatorilor fizici ai schimbului de gaze se bazează pe ipoteza de saturație completă a cavității sub convenționale cu vaporii de apă. Condensarea apei pe suprafața plantelor prin reducerea temperaturii suprafeței frunzelor sub punctul de rouă, indiferent de mecanismul de răcire a frunzelor și a lăstarilor, demonstrează că toate plantele pot condensa umiditatea atmosferică, în special în absența luminii a soarelui, cu condiția ca punctul de rouă să se situeze în intervalul unei posibile scăderi a temperaturii <10°C. Respirația ocupă un loc important în rezolvarea problemei productivității plantelor. Un interes deosebit este evaluarea raportului cantitativ al respirației și fotosintezei. Astfel, respirația este strâns legată de toate procesele metabolice ale organismului și este un proces fără de care viața este imposibilă. Prin urmare, problema relației dintre fotosinteză și respirație este cu mult peste cadrul unei simple comparări a funcțiilor de sinteză și descompunere a compușilor organici ai unei plante. Echivalentul energetic și produsele intermediare sunt utilizate în procesele legate de formarea biomasei vegetale și menținerea integrității sale structurale și funcționale.

Monitorizarea proceselor fiziologice la plantele de păr și a factorilor ecologici sub forma de film-fitodiagramă în regim automat, prealabil, a fost publicată în revista *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 2020, v.20, issue 3, p.563-570.

Concluzii

A fost monitorizată curba de saturație a luminii pentru fotosinteză. A fost folosit fitomonitorul modern RTM-48A, care a permis măsurarea indicilor sub forma de film-fitodiagramă ce permite diagnosticarea proprietăților genotipului și a stării fiziologice a plantelor de păr. Curba de saturație a luminii pentru fotosinteză la plantele de păr a fost determinată ca urmare a evaluării intensității fotosintezei, respirației, transpirației, conductivității stomatelor în funcție de temperatură, umiditate și conținutul de CO₂ din aer. S-a stabilit valoarea minimă a luminii la care este inițiat procesul de fotosinteză la plantele. Odată cu creșterea intensității luminii (1/3 din lumina totală) intensitatea fotosintezei crește după ce a avut loc optimizarea esențială a procesului. Respirația, transpirația și conductivitatea stomatelor confirmă curbele de saturație a luminii pentru fotosinteză la plantele de păr.

Cercetările au fost realizate în cadrul proiectului Programului de Stat 20.80009.5107.18 “Formarea direcționată a calității și sistemului imunitar la fructele soiurilor tardive de prune preconizate păstrării de lungă durată”, finanțat de Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare.

Bibliografie

1. ȘIȘCANU, Gh. Fotosinteza și funcționalitatea sistemului donator-acceptor la plantele pomicole. Chișinău, 2018. 316 p.
2. КАРМАНОВ, В. Г. Приложение автоматики и кибернетики к растениеводству. // ДАН СССР. 1959, т. 128, № 1.
3. ЛЯЛИН, О. О., РАДЧЕНКО, С.С., КАРМАНОВ, В. Г. Проблемы фитомониторинга на современном этапе. // Физические методы и средства получения информации в агромониторинге. Л-д, 1987, с.30-35.
4. ЛЯЛИН, О. О. Транспортные функции корня интактного растения. // Физиология растений. 1993, т. 40, вып.5, с. 811-820.
5. КЛЕЙМАН, Э. Bio Instruments S.R.L., г. Кишинев, Молдова.
6. БАЛАУР, Н.С., ВОРОНЦОВ, В.А., КЛЕЙМАН, Э.И., ТОН, Ю.Д. Новая технология мониторинга CO₂-обмена у растений // Физиология растений. 2009, т. 56. № 3, с. 486 – 470.