

Pirmamečių obelaičių fotosintezės intensyvumo tyrimas per lapus tręšiant azoto trąšomis

**Kęstutis Malinauskas, Viktoras Pranckietis,
Edvardas Kazlauskas, Irena Pranckietienė, Vytautas Šlapakauskas**
*Lietuvos žemės ūkio universitetas, LT-53361 Studentų g. 11,
Akademija, LT-53361 Kauno r., el. paštas kestutis.malinauskas@lzuu.lt*

Siekiant nustatyti, kaip įvairių azoto trąšų deriniai veikia pirmamečių obelaičių skiepijų fotosintezės intensyvumą lapuose, 2005–2006 m. sodo augalų medelyne, Ringaudų kaime, Kauno r., buvo atlikti tyrimai. Tręšti per lapus naudotos Delfan ir Aton AZ trąšos, kurių sudėtyje yra laisvųjų aminorūgščių ir mikroelementų, ir karbamidas. Fotosintezės tyrimai atlikti fluorimetrijos metodu nustatant elektronų pernašos greičio pokyčius, kintant fotosintetiškai aktyviai radiacijai. Nustatyta, kad maksimalus obelių fotosintezės intensyvumas priklauso nuo individualios genotipo reakcijos į trąšų sudėtį: Delfan ir Aton AZ trąšų derinys iš esmės didino fotosintezės intensyvumą 'Šampion' veislės obelių lapuose, karbamido poveikis buvo ne toks veiksmingas. Delfan ir Aton AZ trąšų derinys aktyvino ir 'Florinos' veislės obelaičių fotosintezės intensyvumą, tačiau esminio poveikio nebuvo.

Reikšminiai žodžiai: fotosintetiškai aktyvi radiacija, fotosintetinis elektronų transporto greitis (ETR), obelių skiepai.

Įvadas. Trąšų įterpimas į dirvą ne visada garantuoja norimą efektą. Kadangi maisto elementų prieinamumas augalams skiriasi, dažnai trąšų poveikis būna uždelstas. Efektyvi priemonė, reguliuojanti mineralinę augalų mitybą, yra papildomas tręšimas per lapus. Tręšiant šiuo būdu mineraliniai mitybos elementai yra nukreipiami tiesiogiai į pagrindines naudojamas augalų vietas: augimo kūgelius, vaisius, lapus (Грезнев, 2008). Papildomai tręšiant lapuose padidėja baltymų ir chlorofilų kiekis, dėl to labai suaktyvėja lapų fiziologinė veikla (Suwanarit, Sestapukdee, 1989). Pranckiečio ir kt. duomenimis (2007), papildomas pirmamečių kriausaičių tręšimas karbamidu didina jų lapų plotą, o šis rodiklis stipriai koreliuoja su skiepijų aukščių ir kamienėlių skersmeniu. Malinausko ir kt. duomenimis (2009), papildomas tręšimas didina pirmamečių obelaičių biometrinius rodiklius – aukštį ir kamienėlių skersmenį.

Augalai geriau pasisavina maisto medžiagas, kai lapų trąšose jos yra kartu su aminorūgštimis. Azoto trąšos, kurių sudėtyje yra aminorūgščių, pagreitina baltymų sintezę, skatina augalo augimą, derliaus formavimąsi, sutrumpina derliaus brandimo laiką

(Nikiforova, Bielecka, 2006). Be minėtų veiksnių, obelų fotosintetinį potencialą lemia individualus poskiepių ir veislių augumas. Tokį teiginį patvirtina ir Malinausko atlikti tyrimai pirmametės obelaitės tręšiant aminorūgščių turinčiomis trąšomis (Malinauskas, 2008). Didesnio augumo obelų poskiepių ir veislių fotosintetinis potencialas yra didesnis (Бунцевич, 2005). Lietuvos žemės ūkio universiteto (LŽŪU) mokslininkų atliktas bandymas siekiant nustatyti pirmamečių obelaičių fizinių ir fotometrinių rodiklių ryšį su tręšimu parodė, kad didžiausias elektronų transporto greitis (ETR) buvo obelų skiepytų į poskiepius M.9 ir B.396 (Pranckietis ir kt., 2003).

Fotosintetiškai aktyvi radiacija (FAR) yra fotosintezės energijos šaltinis. Esant nedidelio intensyvumo šviesai, fotosintezės greitis yra apibrėžiamas tiesine fotosintetiškai aktyvios radiacijos funkcija. Vėliau, didėjant fotosintetiškai aktyviai radiacijai, ji tampa sotinanti ir fotosintezės greitis stabilizuojasi. Fotosintezės proceso metu absorbuota fotono energija yra verčiama į biocheminę energiją, kurią CO₂ fiksavimo reakcijoms perduoda NADPH ir ATP molekulės. Paprastai fotosintezės procese fotocheminės reakcijos ir tamsinės CO₂ asimiliavimo reakcijos yra tiesiogiai susijusios. Jei fotocheminių reakcijų metu NADPH ir ATP yra pagaminama daugiau nei suvartoja tamsinės reakcijos, pradeda veikti ciklinė fotosintezės elektronų pernaša, sumažėja fotosintezės intensyvumas ir prasideda fotoslopavimo reakcijos (Husen ir Dequan, 2002).

Fotonų energijos virsmo fotocheminės reakcijos gali būti išmatuojamos nepažeidžiant augalo. Tam yra taikomas fluorimetrijos metodas. Išmatavus chlorofilo fluorescenciją galima apskaičiuoti fotosintetinį elektronų transporto greitį (ETR), kurio pokytis, didėjant fotosintetiškai aktyviai radiacijai (FAR), vadinamas šviesos atsako kreive (angl. *light response curve*). ETR yra tiesiogiai susijęs su CO₂ asimiliavimo kvantų našumu (Juneau ir kt., 2005).

Darbo tikslas – nustatyti, kokį poveikį pirmamečių obelaičių fotosintezės intensyvumui turi naujos kartos lapų azoto trąšos su aminorūgščių ir mikroelementų priedais ir karbamidas. Fotosintezės intensyvumas buvo įvertintas elektronų transporto greičio pokyčiu, didinant fotosintetiškai aktyvios radiacijos intensyvumą.

Tyrimo objektas, metodai ir sąlygos. Bandymai atlikti 2005–2006 m. sodo augalų medelyne, Ringaudų kaime, Kauno r., limnoglacialinio priemolio ant moreninio priemolio, karbonatingame, giliau glėjiškame išplautžemyje. Obelaičių skiepų augimo vietoje armuo (0–20 cm) neutralokas (pH_{KCl} 6,4), vidutinio humusingumo (1,96–2,04 %), fosforingas ir didelio fosforingumo (158–228 mg kg⁻¹), vidutinio kalkingumo (100–150 mg kg⁻¹).

Tyrimams pasirinkta vidutiniškai augi obelų veislė ‘Šampion’ ir vidutiniškai augi arba augi veislė ‘Florina’ (Uselis, Bandaravičius, 2002), obelaitės skiepytos į žemaūgį vegetatyvinį poskiepį B.396.

Dviejų faktorių (A faktorius – veislės, B faktorius – tręšimas) trijų variantų bandymas buvo atliktas kartojant po keturis kartus. Pakartojimų variantai išdėstyti atsitiktine tvarka. Kiekvieno pakartojimo laukelyje buvo dešimt augalų. Bandymo variantai:

- 1) N₆₉P₈₁K₁₈₇ + N₄₀ – fonas + augalai papildomai netręšti lapų trąšomis vegetacijos metu (kontrolė);
- 2) Fonas + N₁₆ – augalai tręšti karbamidu vegetacijos metu*, vienkartinė azoto norma – 4 kg ha⁻¹;

3) Fonas + augalai tręšti Delfan ir Aton AZ trąšomis vegetacijos metu*, vienkartinė trąšų norma – po 1,2 t ha⁻¹;

* papildomai obelaitės tręštos birželio 15 d., liepos 5 ir 25 dienomis – intensyviausio skiepių augimo laikotarpiu.

Naudotas 1 % karbamido tirpalas. Delfan ir Aton AZ trąšų normos pasirinktos remiantis gamintojų rekomendacijomis.

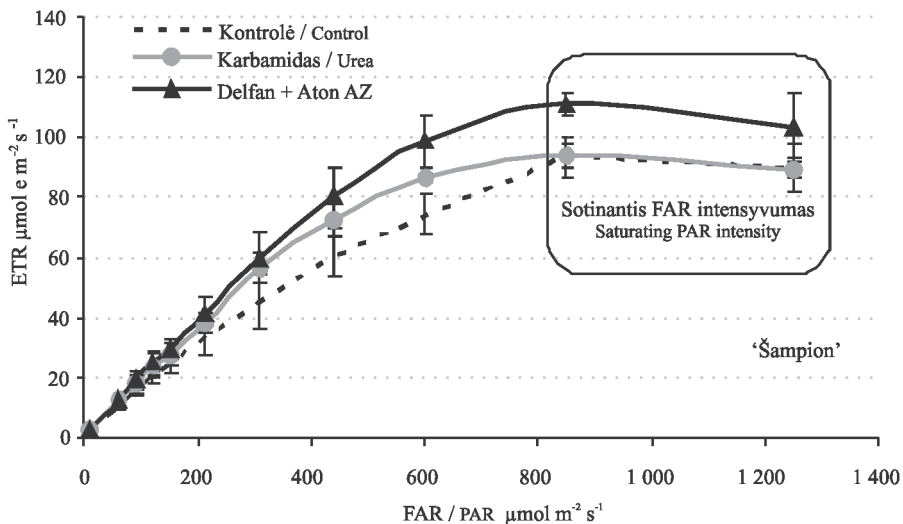
Poskiepiai į medelyną sodinti 2004 ir 2005 m. balandžio antrąjį dešimtadienį 0,9 × 0,2 m atstumais, kiekvienų metų rugpjūčio 8–10 d. įkiauoti priglaudžiant 10 cm aukštyje. Kitų metų balandžio 3–5 d. poskiepiai nukirpti 5 mm virš įskiepio pumpuro.

Tręšta: karbamidu (CO(NH₂)₂) – trąšos sudėtyje yra 46 % amidinio azoto (Žemės ūkio enciklopedija, 1998); Delfan – amidinio azoto ir aminorūgščių trąša, jos sudėtyje yra 11,10 % laisvųjų aminorūgščių, 4,44 % bendro azoto (N) (3,30 % organinio azoto, 1,1 % amidinio azoto), 22,0 % organinių medžiagų; Aton AZ – mikroelementų ir aminorūgščių trąša, jos sudėtyje yra 5,85 % laisvųjų aminorūgščių, 1,17 % kalcio (CaO), 0,11 % boro (B), 1,05 % geležies (Fe), 0,82 % mangano (Mn), 0,11 % molibdeno (Mo), 1,26 % cinko (Zn) (Kemira GrowHow).

Dirvožemio agrocheminės analizės atliktos šiais metodais: judrusis fosforas (P₂O₅) ir kalis (K₂O) nustatyti Egnerio–Rimo–Domingo (A–L) metodu; humusas – Tiurino metodu; dirvožemio pH (pH_{KCl}) – potenciometrinio metodu 1 N KCl ištraukoje.

Tyrimų duomenys apdoroti naudojant „Excel“ programą, statistškai įvertinti dispersinės ir koreliacinės analizės metodais, naudojantis statistinės analizės programų paketo SELEKCIJA programa ANOVA ir kompiuterio programa STATISTIKA 7 (Tarakanovas, Raudonius, 2003; Hill, Levicki, 2005). Chlorofilo fluorescencija matuota fluorometru PAM-210 (Walz, Germany). Antros fotosistemos elektronų transporto greitis apskaičiuotas pagal formulę: $ETR = (Fm' - Ft) / Fm' \times PAR \times 0,5 \times 0,84$, čia: Fm' ir Ft' – šviesoje adaptuoto pavyzdžio atitinkamai maksimali ir faktinė fluorescencija; 0,5 – koeficientas, parodantis, kad vienam elektronui transportuoti reikia absorbuoti du kvantus energijos; 0,84 – šviesos absorbavimo faktorius (Rohaček, 2002). Šviesos atsako kreivės formuotos periodiškai didinant FAR intensyvumą (nuo 0 iki 1 250 μmol m⁻² s⁻¹) ir fiksuojant ETR pokyčius esant skirtingai FAR vertei.

Rezultatai. Šviesos atsako kreivėje, esant mažam FAR intensyvumui, ETR tiesės polinkio kampas (α) yra vadinamas maksimaliu fotosintezės kvantų našumu, o šviesos atsako kreivės stabilizavimasis, esant sotinančiai FAR, parodo maksimalų fotosintezės efektyvumą (Perkins ir kt., 2002). 'Šampion' veislės obelaičių, paveiktų abiem tiriamomis trąšomis, lapų šviesos atsako kreivės kilimo kampas (iki 210 μmol m⁻² s⁻¹ FAR intensyvumo) buvo beveik vienodas (1 pav.). Šios veislės obelaičių tręšimas per lapus maksimaliam fotosintezės kvantų našumui įtakos neturėjo. Didinant FAR intensyvumą buvo pastebima tendencija, kad papildomai netręštų obelaičių lapuose elektronų transporto greitis buvo mažesnis nei per lapus karbamidu bei Delfan ir Aton AZ trąšų deriniu tręštų obelaičių lapuose. Palyginus su papildomai netręštais skiepais nustatyta, kad karbamidas elektronų transporto greitį didino 210–850 μmol m⁻² s⁻¹ FAR intervale.

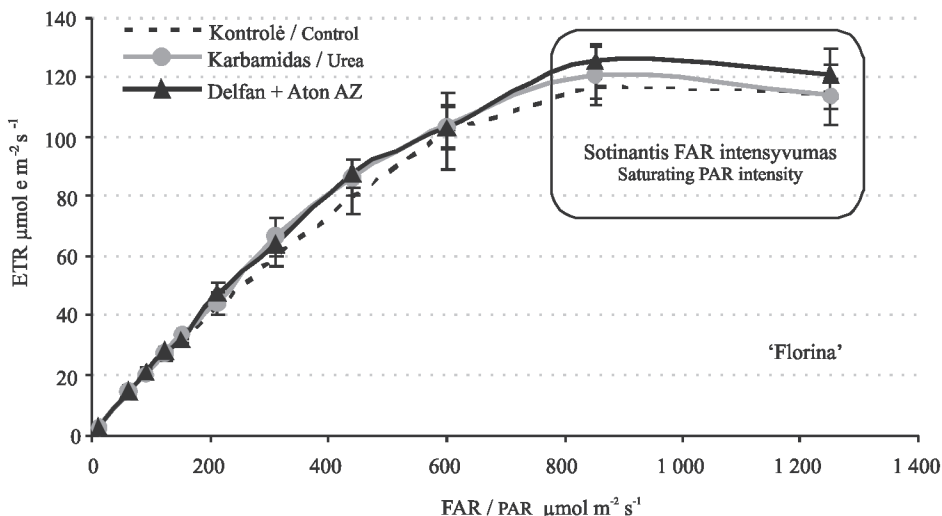


1 pav. ‘Šampion’ veislės obelaičių lapų elektronų transporto greičio (ETR $\mu\text{mol e m}^{-2}\text{s}^{-1}$) priklausomybė nuo fotosintetiškai aktyvios radiacijos (FAR $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), didinant šviesos srauto intensyvumą (šviesos atsako kreivė), 2005–2006 m.

Fig. 1. Light response curve of ‘Šampion’ apple tree leaves (ETR $\mu\text{mol e m}^{-2}\text{s}^{-1}$ – electron transport rate; PAR $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ – photosynthetically active radiation), 2005–2006

Fotosintetiškai aktyvios radiacijos intensyvumui pasiekus $600 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ribą, karbamidu patręštų obelių lapuose ETR buvo iš esmės didesnis (16,86 %) nei papildomai netręštų skiepių lapuose. Tačiau FAR srauto intensyvumui pasiekus sotinimo lygį ($850\text{--}1\,250 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), karbamidu patręštų ir papildomai netręštų skiepių ETR sutapo. Didesnį efektą fotosintezės stimuliavimui turėjo Delfan ir Aton AZ trąšų derinys. Juo paveikus obelių lapus, ETR buvo didesnis beveik visame FAR intervale, t. y. nuo 210 iki $1\,250 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (1 pav.). Delfan ir Aton AZ trąšų derinys iš esmės didino ETR $440\text{--}850 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ FAR intervale. Patręšus Delfan ir Aton AZ trąšų deriniu, ETR (esant sotinančiam $850 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ intensyvumui) buvo apie 19 % iš esmės didesnis nei papildomai netręštame ir karbamidu patręštame variantuose. Kadangi $850 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ FAR srauto intensyvumas šiame bandyme buvo sotinantis, galima daryti išvadą, kad Delfan ir Aton AZ trąšų derinys iš esmės didino ‘Šampion’ veislės obelaičių maksimalų elektronų transporto greitį, t. y. maksimalų fotosintezės intensyvumą.

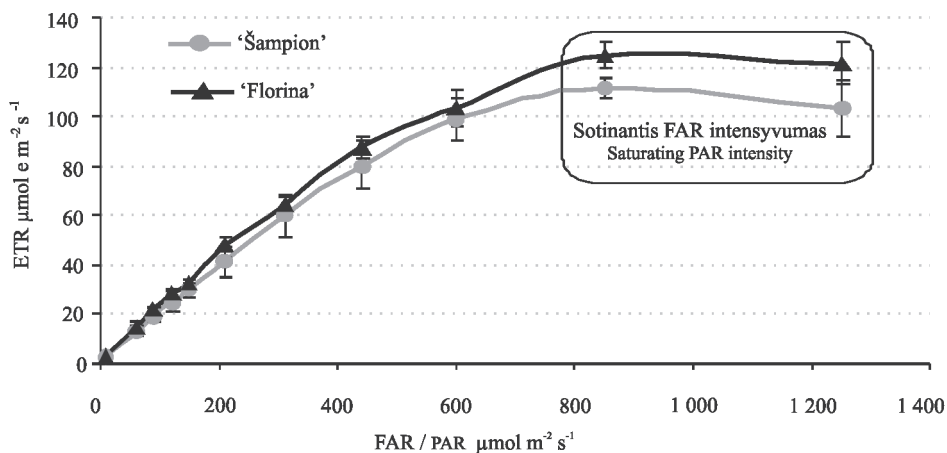
Matuojant ‘Florinos’ veislės obelių lapų elektronų transporto greitį didėjant FAR intensyvumui, buvo gauta tipinė šviesos atsako kreivė, būdinga streso nepažeistiems augalams (2 pav.). Didėjant FAR srauto intensyvumui, elektronų transporto greitis tolygiai didejo iki $850 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ FAR ir pasiekė įsotinimo tašką. Esant sotinančiam FAR, elektronų transporto greitis išliko stabilus ir po truputį pradėjo mažėti.



2 pav. 'Florinos' veislės obelaičių lapų elektronų transporto greičio (ETR $\mu\text{mol e m}^{-2}\text{s}^{-1}$) priklausomybė nuo fotosintetiškai aktyvios radiacijos (FAR $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), didinant šviesos srauto intensyvumą (šviesos atsako kreivė), 2005–2006 m.

Fig. 2. Light response curve of 'Florina' apple tree leaves (ETR $\mu\text{mol e m}^{-2}\text{s}^{-1}$ – electron transport rate; PAR $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ – photosynthetically active radiation), 2005–2006

Tiek esant ETR kilimo momentui, tiek išotinio periodu papildomas tręšimas karbamidu bei Delfan ir Aton AZ trąšų deriniu esminio poveikio 'Florinos' veislės obelų elektronų transporto greičiui neturėjo. Tačiau esant sotinantiam FAR intensyvumui ($850 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) maksimalus fotosintezės intensyvumas buvo 7,2 % didesnis nei papildomai netręštų skiepij. Įvertinus gautus tręšimo rezultatus abiejų tiriamų obelų veislių lapuose paaiškėjo, kad azoto trąšos Delfan ir Aton AZ, kuriose gausu aminorūgščių, turėjo stimuliacinį poveikį intensyvinant fotosintezės procesus, ypač esant dideliame FAR intensyvumui. Todėl būtų tikslinga palyginti abiejų veislių, patręštų Delfan ir Aton AZ trąšų deriniu, obelų lapų elektronų transporto greitį. Šviesos atsako kreivė 'Šampion' ir 'Florinos' veislių obelų, papildomai patręštų Delfan ir Aton AZ trąšų deriniu, lapuose yra pavaizduota 3 paveiksle. Didėjant FAR intensyvumui, abiejų obelų veislių ETR dydis nesiskyrė. Maksimalus kvantų našumas buvo beveik vienodas. Situacija pasikeitė esant sotinantiam FAR intensyvumui. Stabilizuojantis šviesos atsako kreivei, 'Florinos' veislės obelų maksimalus elektronų transporto greitis, kai FAR siekė $850 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, buvo 12,5 % iš esmės didesnis nei 'Šampion' veislės obelaičių. Esant intensyvaus apšviestumo sąlygoms, Delfan ir Aton AZ trąšų deriniu papildomai patręštų 'Florinos' veislės obelų lapuose fotosintezė vyko intensyviau nei tuo pačiu trąšų deriniu patręštų 'Šampion' veislės obelų lapuose.



3 pav. ‘Šampion’ ir ‘Florinos’ veislių obelaičių, patręštų Delfan ir Aton AZ trąšomis, lapų elektronų transporto greičio ($\text{ETR } \mu\text{mol e m}^{-2} \text{s}^{-1}$) priklausomybė nuo fotosintetiškai aktyvios radiacijos ($\text{FAR } \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), didinant šviesos srauto intensyvumą (šviesos atsako kreivė), 2005–2006 m.

Fig. 3. Light response curve of ‘Florina’ and ‘Šampion’ apple tree leaves, treated with Delfan + Aton AZ ($\text{ETR } \mu\text{mol e m}^{-2} \text{s}^{-1}$ – electron transport rate; $\text{PAR } \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ – photosynthetically active radiation), 2005–2006

Fotosintezės intensyvumas labai priklauso nuo lapuose esančio azoto kiekio, nes apie trys ketvirtadaliai šio elemento sunaudojama fotosintezės proteinų gamybai (Fernanda Dreccer ir kt., 2000). Azoto kiekis pirmamečių obelaičių lapuose vegetacijai pasibaigus pateiktas lentelėje.

Lentelė. Papildomo tręšimo įtaka N kiekiui pirmamečių obelaičių lapuose 2005–2006 m.

Table. Impact of additional foliar application on quantity of N in first year apple tree leaves

Tręšimas (B faktorius) Fertilization (factor B)	N kiekis (veislė – A faktorius) N amount (cultivar – factor A), %	
	‘Šampion’	‘Florina’
	2005–2006 m. / Year	
Kontrolė / Control	2,86	2,79
Karbamidas / Urea	2,92	2,91
Delfan + Aton AZ	2,94	3,00
	R_{05A}	0,11
	R_{05B}	0,13*
	$R_{05A \times B}$	0,19**

Karbamidu bei Delfan ir Aton AZ trąšų deriniu papildomai patręšus obelų skiepus, azoto koncentracija lapuose, palyginti su papildomai netręštais medeliais, didėjo.

Panaudojus Delfan ir Aton AZ trąšų derinį, 'Florinos' veislės obelaičių lapuose azoto koncentracija buvo 7,5 %, o 'Šampion' lapuose – 2,1 % didesnė nei papildomai netręštuose skiepuose. Patręšus karbamidu, 'Florinos' veislės obelaičių lapuose azoto koncentracija buvo 4 %, o 'Šampion' lapuose – 2,8 % didesnė nei papildomai netręštų medelių lapuose.

Aptarimas. Maksimalus elektronų transporto greitis, kuris sodo maksimalų fotosintezės intensyvumą, esant vidutiniškai $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, yra tipiškas jaunoms obelaitėms. Didėjant FAR srautui, obels lapų viršutinio chloroplastų sluoksnio fotosintezė yra fotoslopinama, o perteklinė šviesa atspindima, taip apsaugant vidinius sluoksnius nuo intensyvios šviesos. Todėl esant nesotinančiam FAR intensyvumui (iki $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), obels lapo vidinio ir apatinio sluoksnių chloroplastai vykdo fotosintezę. Esant sotinančiam $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ir didesniai FAR intensyvumui, yra pasiekiamas maksimalus elektronų transporto greitis, nes fotoslopinimas, kaip apsauginis mechanizmas, vyksta visame lape (Lichtenthaler ir kt., 1996). Gauti bandymo rezultatai patvirtina šiuos teiginius.

Fotosintetinio fermento Rubisko (Ribuliozės-1,5-bifosfato karboksilazė) aktyvumas ir antros fotosistemos (FSII) kvantų našumas obelų lapuose yra glaudžiai susiję su augalo mineraline azoto mityba. Mažėjant azoto koncentracijai obelų lapuose, esant intensyviai FAR srautui, mažėjo ir FSII kvantų našumas (Cheng ir kt., 2000). Cheng ir kt. (2001) tyrimų duomenimis, esant įvairiam FAR srautui, obelų lapuose, kuriuose azoto koncentracija buvo mažesnė, sumažėjo fotocheminis fluorescencijos slopinimas, kuris parodo FSII reakcinių centrų oksiedo būklę, ir didėjo nefotocheminis chlorofilo fluorescencijos slopinimas NPQ, kaip šilumą išspinduliuojant absorbuotą energiją. Sumažėjęs fotocheminis chlorofilo fluorescencijos slopinimas minėtomis sąlygomis lėmė mažesnę FSII kvantų našumą (Cheng ir kt., 2001). ETR tirtų obelaičių lapų FSII buvo didesnis būtent tų skiepu, kurių lapuose azoto koncentracija buvo didesnė.

Fotosintetinis elektronų transportas energija aprūpina CO_2 asimiliavimo biochemines reakcijas ir fotokvėpavimą, be to, elektronai yra perduodami ir alternatyviems elektronų gavėjams. CO_2 asimiliavimo kvantų našumas ir FSII kvantų našumas priklauso nuo elektronų nutekėjimo kitiems gavėjams. Jei nėra fotokvėpavimo sąlygų, didesnė dalis elektronų fotosintezės metu yra perduodama alternatyviems gavėjams, CO_2 asimiliuoti reikalingai energijai kvantų lieka mažiau. Tarp daugelio alternatyvių elektronų gavėjų nitratų redukcija gali sunaudoti apie 8 % visų fotosintezės neciklinio transporto elektronų. Cheng ir kt. (2001) tyrimų duomenimis, mažesnė lapų azoto koncentracija neturėjo įtakos elektronų perdavimo alternatyviems gavėjams, kai nėra fotokvėpavimo sąlygų. Sumažėjęs CO_2 asimiliavimo kvantų našumas buvo labiau susijęs su mažesniu Rubisko aktyvumu ir sumažėjusia šviesos absorbcija lapuose, nes chlorofilo kiekis stipriai koreliuoja su azoto koncentracija. Massonet ir kt. (2007) tyrimų su 'Fuji' ir 'Braeburn' obelėmis duomenimis, buvo nustatytas tiesinis ryšys tarp azoto koncentracijos obelų lapuose ir fotosintezės rodiklių. Didėjant azoto koncentracijai lapuose, tiesiškai didėjo ir karboksilinimo reakcijų našumas bei elektronų transporto greitis. Tokia tendencija pastebėta ir atliekant kitus tyrimus su graikiniais riešutmedžiais, persikų ir mango vaismedžiais (Urban ir kt., 2003). Tiriant azoto trąšų

įtaką 'Golden delicious' veislės obelų lapų chlorofilo koncentracijai ir fotosintezei, buvo nustatyta, kad 250 kg N ha⁻¹ trąšų norma didino chlorofilo kiekį lapuose, taip pat ir fotosintezės intensyvumą, palyginti su 80 kg N ha⁻¹ trąšų norma ir netręstomis obelėmis (Prsa ir kt., 2006).

Azoto panaudojimas augalo baltymų sintezei priklauso nuo jo formos. Amonio jonai gali būti integruojami į aminorūgštis tiesiogiai, kai nitratai turi būti pirmiausia redukuojami. Jų redukcijai reikia didelio kiekio fotonų kvantų, kurie gali būti panaudojami fotosintezei (Chikov, Bakirova, 1999). Delfan ir Aton AZ trąšų derinyje, be organinio azoto, yra aminorūgščių, todėl baltymų sintezei reikia dar mažiau kvantų energijos, kuri turi būti paimta iš fotosintezės proceso. Dėl šios priežasties Delfan ir Aton AZ trąšų derinys didino obelų fotosintezės intensyvumą.

Išvados. 1. Papildomas tręšimas Delfan ir Aton AZ trąšų, kurių sudėtyje yra aminorūgščių ir mikroelementų, deriniu iš esmės didino (19 %) 'Šampion' veislės obelų maksimalų fotosintezės intensyvumą, išreikštą maksimaliu elektronų transporto greičiu (850 μmol m⁻² s⁻¹). Karbamido stimuliuojantis poveikis 'Šampion' veislės obelų elektronų transporto greičiui buvo statistiškai patikimas tik esant 600 μmol m⁻² s⁻¹ FAR, kai maksimalus elektronų transporto greitis karbamidu paveiktuose ir papildomai netręštuose (kontrolė) 'Šampion' veislės obelų lapuose buvo beveik vienodas.

2. Delfan ir Aton AZ trąšų derinys maksimalų 'Florinos' veislės obelų fotosintezės intensyvumą didino 7,2 %, tačiau šis poveikis buvo neesminis.

3. Palyginus veislių 'Florina' ir 'Šampion' obelų, paveiktų Delfan ir Aton AZ trąšų deriniu, maksimalų fotosintezės intensyvumą, buvo nustatyta, kad jis buvo iš esmės didesnis 'Florinos' lapuose. Tai reiškia, kad genotipo reakcija į stimuliantą yra individuali.

*Gauta 2009 11 03
Parengta spausdinti 2010 03 15*

Literatūra

1. Cheng L., Fuchigami L. H., Breen P. J. 2000. Light absorption and partitioning in relation to nitrogen content in 'Fuji' apple leaves. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 125: 581–587.
2. Cheng L., Fuchigami L. H., Breen P. J. 2001. The relationship between photosystem II efficiency and quantum yield for CO₂ assimilation is not affected by nitrogen content in apple leaves. *Journal of Exp. Bot.*, 362: 1 865–1 872.
3. Chikov V., Bakirova G. 1999. Relationship between carbon and nitrogen metabolism in photosynthesis. The role of photooxidation processes. *Photosynthetica*, 37 (4): 519–527.
4. Fernanda Dreccer M., Schapendonk H. C. M, Marcel van Oijen C., Pot S., Rabbinge R. 2000. Radiation and nitrogen use at the leaf and canopy level by wheat and oilseed rape during the critical period for grain number definition. *Aust. J. Plant Physiol.*, 27: 899–910.
5. Hill T., Levicki P. 2005. *Statistics Methods and Applications*.
6. Husen J. I. A., Dequan L. I. 2002. Relationship between photosystem 2 electron

- transport and photosynthetic CO₂ assimilation responses to irradiance in young Apple trees. *Photosynthetica*, 40(1): 139–144.
7. Juneau P., Green B. R., Harrison P. J. 2005. Simulation of Pulse-Amplitude-Modulated (PAM) fluorescence: Limitation of some PAM-parameters in studying environmental stress effects. *Photosynthetica*, 43(1): 75–83.
 8. Kemira Growhow. Trašos. <http://www.balticagro.lt/Produktai/1Trasos/3TrasosPapildomamTresimui/Pages/26p47delfan.aspx>
 9. Lichtenthaler H. K., Lang M., Sowinska M., Heisel F., Miede J. A. 1996. Detection of vegetation stress via new high resolution fluorescence imaging system. *J. Plant Physiol.*, 148: 599–644.
 10. Malinauskas K. 2008. Papildomo pirmamečių obelaičių skiepu tręšimo skirtinomis trašomis efektyvumas medelyne. *Žemės ūkio mokslai*, 15(4): 70–75.
 11. Malinauskas K., Pranckietis V., Pranckietienė I. 2009. Papildomo tręšimo įtaka pirmamečių obelaičių augimui. *Vagos*, 84(37): 17–22.
 12. Massonet C., Costes E., Rambal S., Dreyer E., Regnard J. L. 2007. Stomatal regulation of photosynthesis in apple leaves: evidence for different water-use strategies between two cultivars. *Annals of Botany*, 100(6): 1 347–1 356.
 13. Nikiforova V. J., Bielecka M. 2006. Effect of sulfur availability on the integrity of amino acid biosynthesis in plants. *Amino Acids*, 173–183.
 14. Perkins R. G., Oxborough K., Hanlon A. R. M., Underwood G. J. C., Baker N. R. 2002. Can chlorophyll fluorescence be used to estimate the rate of photosynthetic electron transport within microphytobenthic biofilms. *Marine Ecology Progress Series*, 228: 47–56.
 15. Pranckietis V., Malinauskas K., Pranckietienė I. 2007. Papildomo tręšimo karbamide per lapus įtaka pirmamečiams kriaušaičių skiepiams medelyne. *Sodininkystė ir daržininkystė*, 26(4): 107–115.
 16. Pranckietis V., Pranckietienė I., Šlapauskas V., Černiauska D. 2003. Pirmamečių obelaičių skiepu augimo ir fotometrinių rodiklių ryšys su tręšimu. *Sodininkystė ir daržininkystė*, 22(2): 11–20.
 17. Prsa I., Stampar F., Vodnik D., Veberic R. 2006. Influence of nitrogen on leaf chlorophyll content and photosynthesis of ‘Golden Delicious’ Apple. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 57(3): 283–289.
 18. Rohaček K. 2002. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. *Photosynthetica*, 40(1): 13–29.
 19. Suwanarit A., Sestapukdee M. 1989. Stimulating effects of foliar K-fertilizer applied at the appropriate stage of development of maize: a new way to increase yield and improve quality. *Plant and Soil*, 120(1): 111–124.
 20. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-SPLIT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. *Akademija, Kėdainių r.*
 21. Urban L., Le Roux X., Sinoquet H., Faffuel S., Jannoyer M. 2003. A biochemical model of photosynthesis for mango leaves: evidence for the effect of fruit on photosynthetic capacity of nearby leaves. *Tree physiology*, 23: 289–300.

2. Uselis N., Bandaravičius A. 2002. Versliniams sodams rekomenduojamų veislių charakteristikos. Sodininkystė ir daržininkystė, 18: 6–10.
23. Žemės ūkio enciklopedija. 1998. Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas, Vilnius.
24. Бунцевич Л. Л. 2005. ЭПР-спектроскопия в изучении особенностей фотосинтеза различных сорто-подвойных комбинаций яблони. Селекционно-генетическое совершенствование породно-сортового состава садовых культур на Северном Кавказе. Краснодар, 115–123.
25. Грезнев О. А. 2008. Эффективность системы некорневого минерального питания яблони в условиях ЦЧР: автореферат диссертации. Мичуринск.

SODININKYSTĖ IR DARŽININKYSTĖ. SCIENTIFIC ARTICLES. 2010. 29(1).

Investigation of photosynthetic efficiency of first year apple trees applying foliar nitrogen fertilizers

**K. Malinauskas, V. Pranckietis, E. Kazlauskas, I. Pranckietienė,
V. Šlapakauskas**

Summary

Studies were carried out in 2005 and 2006 in order to determine how different combinations of nitrogen fertilizers impact the intensity of photosynthesis in the leaves of first year apple tree grafts. Fertilization through leaves was accomplished with loose amino acids and microelements containing fertilizers Delfan, Aton AZ and Urea. For photosynthesis research fluorometric method was applied in order to determine the change of intensity in electron transport rate due to variations of photosynthetically active radiation. The study revealed that maximum intensity of apple trees photosynthesis depends on the individual response of genotype to content of fertilizers: Delfan and Aton AZ fertilizer combination significantly increased the intensity of photosynthesis in the leaves of ‘Šampion’ apple trees while the effect of Urea was less significant. Delfan and Aton AZ fertilizer combination activated the intensity of photosynthesis of ‘Florina’ apple trees but the effect was also not significant.

Key words: photosynthetically active radiation, photosynthetic electron transport rate (ETR), apple tree grafts.