

Silpnos ir vidutinės UVB spinduliuotės poveikis „Matador“ ir „Andromeda“ špinatų fotosintezės rodiklių pokyčiams pirmąją poveikio dieną

Irena Januškaitienė, Sandra Sakalauskienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Darbe buvo tirta daržinio špinato (*Spinacia oleracea* L.) dviejų veislių „Matador“ ir „Andromeda“ fotosintezės rodiklių pokyčiai pirmąją silpnos ir vidutinės UV-B spinduliuotės poveikio dieną. Augalai buvo sėjami į vegetacinius indus su paruoštu neutralaus rūgštumo durpių substratu, o augalams išleisus du tikruosius lapelius, augalai paveikti 2, 4 ir 6 kJm⁻²d⁻¹ UV-B spinduliuotės dozėmis. Fotosintezės ir transpiracijos intensyvumai, žiotelių pralaidumas, viduląstelinis CO₂ kiekis ir vandens naudojimo efektyvumas matuoti fotosintezės intensyvumo matavimo įrenginiu LI-6400, parėjus 2 val. po poveikio. Didžiausi (25,5 %, p<0,05) fotosintezės intensyvumo nuotoliai buvo 6 kJm⁻²d⁻¹ UV-B spinduliuote paveiktų „Andromeda“ veislės špinatų. Silpna 2 kJm⁻²d⁻¹ UVB spinduliuotė špinatus veikė silpniausiai, ir didesnis neigiamas poveikis taip pat buvo nustatytas „Andromeda“ veislei, kuomet fotosintezės intensyvumas sumažėjo (10,4 %, p<0,05), lyginant su kontroliniais augalais, o „Matador“ veislei minėta spinduliuotė statistiškai reikšmingos įtakos nedarė. UV-B spinduliuotė skatino transpiracijos intensyvumą ir didino žiotelių pralaidumą abiejų tirtų veislių augalų. Intensyviausia transpiracija buvo 2 kJm⁻²d⁻¹ UV-B paveiktų „Matador“ špinatų, kuri net 73 % (p<0,05) viršijo kontrolinių augalų transpiraciją, bet šiai veislei 4 kJm⁻²d⁻¹ UV-B spinduliuotės poveikis buvo statistiškai nereikšmingas (p>0,05). Viduląstelinis CO₂ kiekis dėl tirtų UV-B spinduliuotės dozių poveikio didėjo nuo 8 iki 19 %, bet statistiškai reikšmingų skirtumų nenustatyta (p<0,05). Didžiausias 58,4 % (p<0,05) vandens naudojimo efektyvumo sumažėjimas buvo 2 kJm⁻²d⁻¹ UVB spinduliuote paveiktų „Matador“ špinatų. Tuo tarpu vidutinėmis 4 ir 6 kJm⁻²d⁻¹ UV-B dozėmis paveiktų špinatų vandens naudojimo efektyvumo nuostoliai nors ir nežymiai, bet 4 ir 5 % (p>0,05) atitinkamai didesni buvo „Andromeda“ veislės. Remiantis gautais rezultatais galima daryti prielaidą, kad „Andromeda“ veislės špinatai, lyginant su „Matador“ yra, jautresni UV-B spindulių poveikiui.

UV-B, fotosintezės intensyvumas, viduląstelinis CO₂ kiekis, transpiracijos intensyvumas, žioelių pralaidumas, vandens naudojimo efektyvumas

Įvadas

Stratosferos ozono sluoksnio nykimas ir ultravioletinės spinduliuotės srauto augimas pastaruoju metu traktuojami kaip vieni iš svarbiausių antropogeninės veiklos padarinių, sąlygojantys neigiamą žmonių sveikatą, augalijos būklę, vandenynų fauną ir florą (Juknys ir kt., 2007).

Ultravioletinė B spinduliuotė yra vienas iš aplinkos veiksnių, kurio poveikis augalams priklauso nuo šio veiksnio stiprumo ir intensyvumo, augalo fiziologinės būsenos, augalo rūšies, veislės (Xu, Qiu, 2007), genotipo ir vystymosi stadijos (Hideg et al., 2012), fotosintetiškai veiklios spinduliuotės (Xu, Qiu, 2007), UV–A spinduliuotės intensyvumo, sąveikos su kitais aplinkos veiksniais (Kakani et al., 2003; Hideg et al., 2012). Ilgalaikis stiprus UV–B poveikis organizmams labai kenkia ir yra negrįžtamas (Aphalo, 2003).

UV–B spinduliuotės poveikis augalams yra gana įvairiapusis. Vieni autoriai teigia, kad pakitimai ir pažeidimai dėl UV–B poveikio molekuliniam lygmenyje keičia augimo ir vystymosi procesus: genų aktyvumą, fotosintezės intensyvumą (Jukunen–Tiitto et al., 2005) ir vandens naudojimo efektyvumą (Qaderi et al., 2007) bei kitus metabolizmo procesus. UV–B spinduliuotė gali sutrikdyti CO₂ patekimą į augalą per žioteles, bei CO₂ fiksavimo reakcijas Kalvino cikle (Xu, Qiu, 2007). Taip pat yra nustatyta, kad neigiamas UV–B spinduliuotės poveikis fotosintezėi labiausiai pasireiškia dėl antrosios fotosistemos (FS II) aktyvumo slopinimo (Lesser, 2008; Gao et al., 2008). Tačiau yra ir prieštaringų rezultatų, kuriuose teigiama, kad UV–B spinduliuotė neveikia fotosintezės intensyvumo. Manoma, kad UV–B absorbuojantys pigmentai, tokie kaip flavonoidai, karotinoidai gali patikimai apsaugoti fotosintezės sistemą nuo žalingo UV–B spinduliuotės poveikio (Lidon, Ramalho, 2011).

Skirtingų augalų atsakas į UV–B spinduliuotės poveikį priklauso nuo augalų genetinių savybių, bendros būklės bei kitų aplinkos sąlygų poveikio. Kadangi skirtingų genotipų

augalai per evoliuciją suformavo skirtingas morfologines, fiziologines ir biochemines saugos sistemas (Hollosy, 2002), todėl ir nevienodai toleruoja UV–B spindulių poveikį.

Tyrimo tikslas buvo įvertinti UV–B spinduliuotės poveikį dviejų veislių „Matador“ ir „Andromeda“ daržinio špinato (*Spinacia oleracea* L.) fotosintezės rodiklių pokyčiams, esant silpnos 2 kJ m⁻² d⁻¹ ir vidutinės 4 ir 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV–B spinduliuotės poveikiui vieną dieną.

Tyrimų metodai

Atliekant eksperimentus, daržiniai špinatai buvo sėjami po vieną sėklą į 120 ml talpos vegetacinius indus su paruoštu neutralaus rūgštumo durpių substratu. Pasėti augalai iki sudygimo buvo auginami specialioje patalpoje esant 18/13 °C dienos/nakties temperatūroms bei 12 val. fotoperiodui. Augalams išleisus tris tikruosius lapelius, augalai paveikti vienkartinė 2, 4 ir 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV–B spinduliuote. Poveikio stiprumas pasirinktas atsižvelgiant į ankščiau atliktus tyrimus (Januskaitienė, 2011). Kontroliniai augalai augo optimaliomis sąlygomis, t. y. be UV–B spindulių poveikio.

Parėjus 2 val. po poveikio, fotosintezės intensyvumas (CO₂ asimiliavimo greitis lape, μmol CO₂ m⁻²s⁻¹), transpiracijos intensyvumas (mmol H₂O⁻¹), žiotelių pralaidumas (mol H₂O⁻¹), viduląstelinis CO₂ kiekis (μmol CO₂ mol air⁻¹) ir vandens naudojimo efektyvumas (μmol CO₂ m⁻²s⁻¹/mmol H₂O m⁻²s⁻¹) matuoti fotosintezės intensyvumo matavimo įrenginiu LI-6400 (LI-COR, JAV). Fotosintezės parametrai registruoti antrojo špinatų lapo kas 3 sek., po 5 min. atsitiktinai pasirinktų trijų iš kiekvieno tyrimų varianto augalų. Iš šių duomenų skaičiuotas momentinis fotosintezės rodiklių vidurkis.

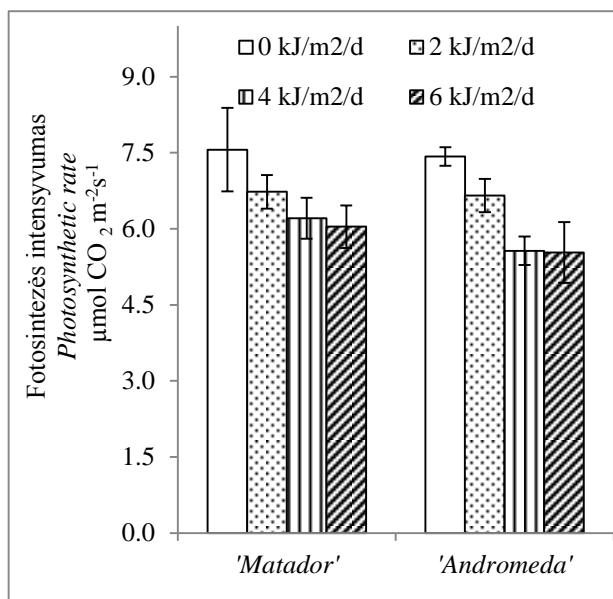
Eksperimentų metu vidutinis lapo apšviestumas kvantais svyravo nuo 140 iki 160 μmol m⁻² s⁻¹; vidutinis santykinis drėgnis mėginio kameroje 25–40 %; anglies dioksido koncentracija bandinio kameroje 300–400 μmol

CO_2 mol⁻¹; bloko ir lapo temperatūra buvo apie 25 °C; oro srauto greitis – 400 $\mu\text{mol s}^{-1}$.

Matematinei duomenų analizei atlikti bei grafiniam gautų rezultatų pateikimui buvo naudojami programiniai paketai „STATISTICA“ ir „EXCEL“. Lyginant tyrimų atvejus skaičiuota Student'o t-kriterijaus *p* reikšmė.

Rezultatai

1 paveiksle pateikta ‚Matador‘ ir ‚Andromeda‘ daržinių špinatų fotosintezės intensyvumo pokyčiai po 2, 4 ir 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuotės poveikio praėjus 2 valandoms.



1 pav. Špinatų fotosintezės intensyvumas po 2, 4 ir 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuotės poveikio praėjus 2 val.

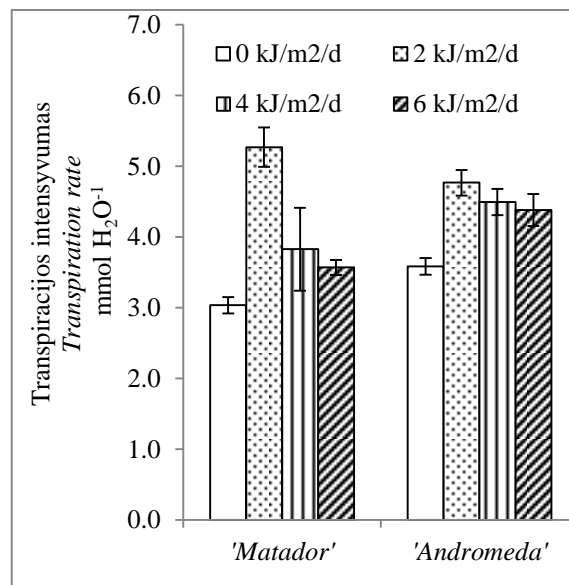
Fig. 1. Photosynthetic rate of spinach after 2 hours of 2, 4 and 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B dose exposure

Didžiausi (25,5 %, *p*<0.05) fotosintezės intensyvumo nuotoliai buvo 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuote paveiktų ‚Andromeda‘ veislės špinatų. Silpna 2 kJ m⁻² d⁻¹ UVB spinduliuotė špinatus veikė silpniausiai, ir didesnis neigiamas poveikis taip pat buvo nustatytas ‚Andromeda‘ veislei, kuomet fotosintezės intensyvumas sumažėjo (10,4 %, *p*<0.05), lyginant su kontroliniais augalais, o ‚Matador‘ veislei minėta spinduliuotė statistiškai reikšmingos įtakos nedarė.

Kaip matome iš duomenų pateiktų 2 paveiksle, UV-B spinduliuotė skatino transpiracijos intensyvumą ir didino žiotelių pralaidumą abiejų tirtų veislių augalų. Intensyviausia transpiracija buvo 2 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B paveiktų ‚Matador‘ špinatų, kuri net 73 % (*p*<0,05) viršijo kontrolinių augalų transpiraciją, bet šiai veislei 4 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuotės poveikis buvo statistiškai nereikšmingas (*p*>0,05) (2 pav.).

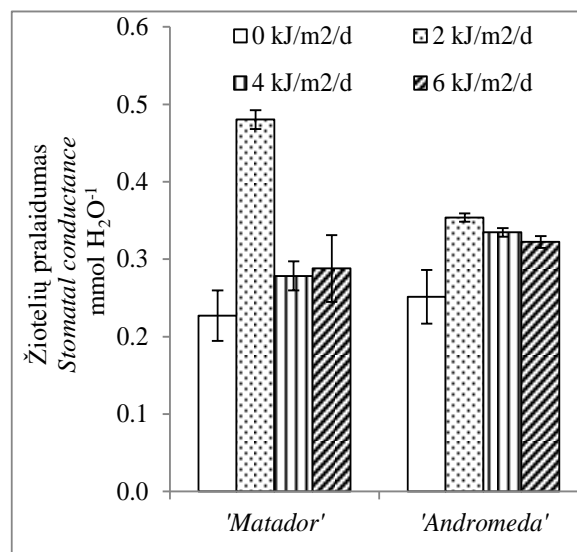
Žiotelių pralaidumo pokyčiai pateikti 3 paveiksle. Abiejų veislių špinatus paveikus tirtomis UV-B spinduliuotės dozėmis, žiotelių pralaidumas didėjo, tačiau daugiau statistiškai reikšmingų skirtumų, lyginant su kontroliniais augalais, buvo nustatyta ‚Andromeda‘ veislei. Tuo tarpu ‚Matador‘ veislės špinatų žiotelių pralaidumas padidėjo net du kartus ir statistiškai reikšmingai (*p*<0,05)

tik po 2 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B poveikio, o 4 ir 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuotės poveikis žiotelių pralaidumui buvo statistiškai nereikšmingas (3 pav.).



2 pav. Špinatų transpiracijos intensyvumas po 2, 4 ir 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuotės poveikio praėjus 2 val.

Fig. 2. Transpiration rate of spinach after 2 hours of 2, 4 and 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B dose exposure

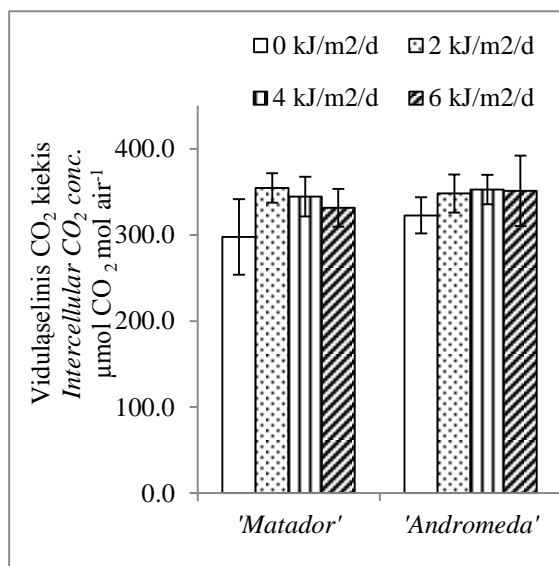


3 pav. Špinatų žiotelių pralaidumas po 2, 4 ir 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuotės poveikio praėjus 2 val.

Fig. 3. Stomatal conductance of spinach after 2 hours of 2, 4 and 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B dose exposure

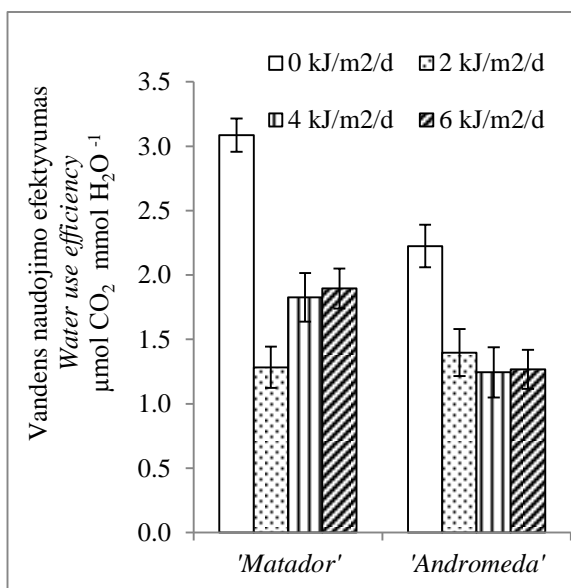
Vidulastelinis CO₂ kiekis dėl tirtų UV-B spinduliuotės dozių poveikio didėjo nuo 8 iki 19 %, nors statistiškai reikšmingų pokyčių nenumatyta (*p*<0,05) (4 pav.).

Vandens naudojimo efektyvumo pokyčiai pateikti 5 paveiksle. Didžiausias 58,4 % (*p*<0,05) vandens naudojimo efektyvumo sumažėjimas buvo 2 kJ m⁻² d⁻¹ UVB spinduliuote paveiktų ‚Matador‘ špinatų. Tuo tarpu vidutinėmis 4 ir 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B dozėmis paveiktų špinatų vandens naudojimo efektyvumo nuostoliai nors ir nežymiai, bet 4 ir 5 % (*p*>0,05) atitinkamai didesni buvo ‚Andromeda‘ veislės (5 pav.).



4 pav. Špinatų viduląstelinis CO₂ kiekis po 2, 4 ir 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuotės poveikio praėjus 2 val.

Fig. 4. Intercellular CO₂ concentration of spinach after 2 hours of 2, 4 and 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B dose exposure



5 pav. Špinatų vandens naudojimo efektyvumas po 2, 4 ir 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuotės poveikio praėjus 2 val.

Fig. 5. Water use efficiency of spinach after 2 hours of 2, 4 and 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B dose exposure

Aptarimas

Pastarųjų metų tyrimai rodo, kad UV-B spinduliuotė augaluose gali sukelti oksidacinį stresą (Jansen ir kt., 2008; Gill, Tuteja 2010; Hideg et al., 2012), kuris turi įtakos augalų mutagenizei (Jordan, 2002) taip pat augalų produktyvumo (Gill, Tuteja, 2010) ir biomasės (Mazza et al., 1999) sumažėjimui. Tačiau taip yra žinoma, kad natūraliomis sąlygomis veikiančios žemos UV-B dozės turi įtakos augalų *eustreso* formavimuisi, susidarant nedideliems aktyviųjų deguonies formų (ADF) kiekiams (Hideg et al., 2012). Tad augalai gali prisitaikyti ir toleruoti nedidelius UV-B spinduliuotės kiekius. Ir be abejo, kaip jau minėta aukščiau, poveikio stiprumas dar priklauso ir nuo rūšies. Kai kurie augalai į vidutinio

stiprumo UV-B radiaciją reaguoja teigiamai, t. y. suaktyvina fiziologinius procesus (Jenkins, 2009; Hideg et al., 2013).

2 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuotės poveikis tirtiems špinatams buvo silpnas, „Matador“ veislės špinatų fotosintezės intensyvumo sumažėjimas buvo statistiškai nereikšmingas, o „Andromeda“ veislei poveikis buvo stipresnis (1 pav.). Didesni fotosintezės intensyvumo nuostoliai „Andromeda“ veislei nustatyti dėl vidutinio stiprumo spinduliuočių poveikio. Fotosintezės intensyvumo sumažėjimą lemia antrosios fotosistemos aktyvumo slopinimas (Gao et al., 2008) bei CO₂ fiksavimo reakcijų Kalvino cikle sutrikimas (Lidon, Ramalho, 2011), ką parodė viduląstelinio CO₂ kiekio padidėjimas špinatų lapuose po poveikio praėjus kelioms valandoms (4 pav.).

UV-B poveikis fotosintezei taip pat siejamas su transpiracijos ir žiotelių laidumo bei vandens naudojimo efektyvumo (Qaderi et al., 2007) pokyčiais. Šiame tyrime, didžiausi transpiracijos intensyvumo ir žiotelių pralaidumo pokyčiai nustatyti dėl silpnos 2 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuotės poveikio, tuo tarpu vidutinėmis UV-B dozėmis paveiktų špinatų minėtų rodiklių pokyčiai buvo gerokai mažesni, ir vėlgi didesni nuokrypiai buvo „Andromeda“ veislės (2 ir 3 pav.).

Mažėjant fotosintezės intensyvumui, kartu mažėjo ir abiejų tirtų veislių špinatų vandens naudojimo efektyvumas, ir vėlgi kaip ir aukščiau minėtų rodiklių atveju skirtingos veislės augalų atsakas buvo skirtingas. Silpnos UV-B spinduliuotės poveikis stipresnis buvo „Matador“ veislės vandens naudojimo efektyvumui, tuo tarpu vidutinėmis UV-B dozėmis paveiktų špinatų vandens naudojimo efektyvumo nuostoliai nors ir nežymiai, bet vėlgi didesni buvo „Andromeda“ veislės (5 pav.). Taigi, kaip jau buvo minėta aukščiau, skirtingų augalų atsakas į UV-B spinduliuotės poveikį priklauso nuo augalų genetiinių, skirtingų morfologinių, fiziologinių ir biocheminių atsako į aplinkos poveikį savybių (Hollosoy, 2002; Xu, Qiu, 2007; Hideg et al., 2012).

Išvados

Silpna 2 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuotė špinatus veikė silpniausiai, ir didesnis neigiamas poveikis buvo nustatytas „Andromeda“ veislei, kuomet fotosintezės intensyvumas sumažėjo (10,4 %, p<0,05), lyginant su kontroliniais augalais, o „Matador“ veislei minėta spinduliuotė statsitiškai reikšmingos įtakos nedarė.

UV-B spinduliuotė skatino transpiracijos intensyvumą ir didino žiotelių pralaidumą abiejų tirtų veislių augalų. Kuomet 2 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B paveiktų „Matador“ špinatų transpiracija net 73 % (p<0,05) viršijo kontrolinių augalų, tuo tarpu 4 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B spinduliuotės poveikis šiai veislei buvo statistiškai nereikšmingas (p>0,05).

Vidutinėmis 4 ir 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B dozėmis paveiktų špinatų vandens naudojimo efektyvumo nuostoliai nors ir nežymiai, bet 4 % ir 5 % (p>0,05) atitinkamai didesni buvo „Andromeda“ veislės, lyginant su „Matador“.

Remiantis gautais rezultatais galima daryti prielaidą, kad „Andromeda“ veislės špinatai, lyginant su „Matador“ yra, jautresni UV-B spindulių poveikiui.

Literatūra

1. APHALO, P. Do current levels of UV – B affect vegetation? The importance of long - term experiments. *New Phytologist*, 2003, Vol. 160, p. 273–280.
2. GAO, K., MA, Z. Photosynthesis and growth of *Arthrospira (Spirulina) platensis* (Cyanophyta) in response to solar UV radiation, with special reference to its minor variant. *Environmental and Experimental Botany*, 2008, Vol. 63, p. 123–129.
3. GILL, S.S. & TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2010, Vol. 48, p. 909–930.
4. HEIJDE, M., ULM, R., UV-B photoreceptor-mediated signalling in plants. *Trends in Plant science*, 2012, Vol. 17, p. 230-237.
5. HIDEG, E., JANSEN, M.A.K., STIRD, A. UV-B exposure, ROS, and stress: inseparable companions or loosely linked associates? *Trends in Plant science*, 2013, Vol. 18, Iss. 2, p. 107-115.
6. HOLLOSZY, F. Effects of ultraviolet radiation on plant cell. *Micron*, 2002, Vol. 33, p. 179–197.
7. JANSEN, M. A. K., HECTORS, K., O'BRIEN, N.M., GUISEZ, Y., POTTERS, G. Plant stress and human health: Do human consumers benefit from UV-B acclimated crops? *Plant Science*, 2008, Vol. 175, p. 449–458.
8. JANUSKAITIENĖ, I. Effects of substrate acidity and UV-B radiation on photosynthesis of radishes. *Central European journal of biology*, 2011, Vol. 6, Iss. 4, p. 624-631.
9. JENKINS, G.I. Signal transduction in responses to UV-B radiation. *Annual review in Plant Biology*, 2009, Vol. 60, p. 407-431.
10. JORDAN, B.R. Molecular response of plant cells to UV-B stress. *Functional Plant Biology*, 2002, Vol. 29, p. 909–916.
11. JUKUNEN-TIITTO, R., HAGGMAN, H., APHALO, P. J., LAVOLA, A., TEGELBERG, R., VETELI, T. Growth and defense in deciduous trees and shrubs under UV-B. *Environmental Pollution*, 2005, Vol. 137, p. 404–414.
12. JUKNYS, R., BRAZAITYTĖ, A., SAKALAUSKAITĖ, J., SLIESARAVIČIUS, J., RAMAŠKEVIČIENĖ, A., OZOLINIUS, R., STAKĖNAS, V., LAZAUSKAS, S., ŠLEPETYS, J., KADŽIULIENĖ, Ž., RAKLEVIČIENĖ, D., RANČELIENĖ, V., JANUSKAITIENĖ, I., SAMUOLIENĖ, G., URBONAVIČIŪTĖ, A., DUCHOVSKIS, P. Antropogeninių klimato ir aplinkos pokyčių kompleksinis poveikis miškų ir agro – ekosistemų augmenijai. *Sodininkystės ir daržininkystės mokslo tyrimai*. Mokslinės ataskaitinės konferencijos medžiaga. – Baltai, 2007, Nr 20, p. 10 – 17.
13. KAKANI, V. G., REDDY, K. R., ZHAO, D., SAILAJA, K. Field crop responses to ultraviolet – B radiation: a review. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2003, Vol. 120, p. 191–218.
14. LESSER, M. P. Effects of ultraviolet radiation on productivity and nitrogen fixation in the Cyanobacterium, *Anabaena* sp. (Newton's strain). *Hydrobiologia*, 2008, Vol. 598, p. 1–9.
15. LIDON, F.C., RAMALHO, J.C. Impact of UV-B irradiation on photosynthetic performance and chloroplast membrane components in *Oryza sativa* L. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 2011, Vol. 104, p. 457–466.
16. LINDON, F.J.C., TEIXEIRA, M., RAMALHO, J. C. Decay of the chloroplast pool of ascorbate switches on the oxidative burst in UV-B-irradiated rice. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2012, Vol. 198, p. 130-144.
17. MAZZA, C.A., BATTISTA, D., ZIMA, A.M., SZWARCBERG-BRACCHITTA, M., GIORDANO, C.V., ACEVEDO, A., SCOPEL, A.L., SCOPEL, A.L., BALLARE, C.L. The effects of solar ultraviolet-B radiation on the growth and yield of barley are accompanied by increased DNA damage and antioxidant responses. *Plant, Cell and Environment*, 1999, Vol. 22, p. 61–70.
18. QADERI, M. M., REID, D. M., YEUNG, E. C. Morphological and physiological responses of canola (*Brassica napus*) siliques and seeds to UVB and CO₂ under controlled environment conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 2007, Vol. 60, p. 428–437.
19. XU, K., QIU, B. Responses of superhigh – yield hybrid rice Liangyoupeijiu to enhancement of ultraviolet – B radiation. *Plant Science*, 2007, Vol. 3, p. 139–149.

Irena Januškaitienė, Sandra Sakalauskienė

The changes of photosynthetic parameters of 'Matador' and 'Andromeda' spinach under low and medium UVB radiation effect on the first day

Summary

The aim of this work was to investigate the changes of photosynthetic parameters of two varieties 'Matador' and 'Andromeda' of *Spinacia oleracea* L. on the day of the impact of low and medium UV-B radiation. Investigated plants were sown in vegetative pots with prepared neutral acidity peat substrate. When the second true leaf unfolded, plants were exposed to 2, 4 and 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B radiation doses. Photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration and water use efficiency were measured with portable photosynthesis system LI-6400 after 2 hours after the impact. The largest (25.5%, p<0.05) losses of photosynthetic rate was detected of 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B radiation affected 'Andromeda' variety. 2 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B radiation had the weakest effect on spinach, and stronger negative effect was also observed for 'Andromeda' variety, when photosynthetic rate decreased by 10.4%, (p<0.05) in comparison with the control plants, and for 'Matador' variety mentioned radiation did not affect statistically significant. UV-B radiation caused the increases of transpiration rate and stomata conductance of both varieties of investigated plants. The highest transpiration rate was detected of 2 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B affected 'Matador' spinach, which was even 73% (p<0.05) higher than the transpiration of control plants, but 4 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B radiation effect on this variety was statistically insignificant (p>0.05). Intercellular CO₂ concentration of UV-B exposed plants increased from 8 to 19 %, but statistically insignificant (p<0.05). The highest 58.4% (p<0.05) decrease in water use efficiency was detected of 2 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B radiation affected 'Matador' spinach. Meanwhile, the losses of water use efficiency of 4 and 6 kJ m⁻² d⁻¹ UV-B doses affected spinach, although were higher by 4 and 5% (p>0.05) respectively for 'Andromeda' variety. According to the results it can be assumed that, 'Andromeda' spinach variety, compared with 'Matador' is more sensitive to UV-B investigated radiation impact.

UV-B, photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration, water use efficiency

Gauta 2015 m. vasario mėn., atiduota spaudai 2015 m. balandžio mėn.

Irena JANUSKAITIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros katedros docentė, biomedicinos mokslų daktarė.

Adresas: Vileikos g. 8-125, LT-44404 Kaunas. Tel./Fax. (8 37) 327 904, el. paštas: I.Januskaitiene@gmf.vdu.lt

Irena JANUSKAITIENĖ. Vytautas Magnus University, Faculty of Natural sciences, Department of Environmental sciences, PhD, assoc. prof. Address:

Vileikos str. 8-125, LT-44404 Kaunas. Tel./Fax. (8 37) 327 904, e-mail: I.Januskaitiene@gmf.vdu.lt

Sandra SAKALAUSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros katedros mokslinė stažuotoja, biomedicinos mokslų

daktarė. Adresas: Vileikos g. 8-125, LT-44404 Kaunas. Tel./Fax. (8 37) 327 904, el. paštas: S.Sakalauskiene@gmf.vdu.lt

Sandra SAKALAUSKIENĖ. Vytautas Magnus University, Faculty of Natural sciences, Department of Environmental sciences, PhD, Postdoctoral

researcher. Address: Vileikos str. 8-125, LT-44404 Kaunas. Tel./Fax. (8 37) 327 904, e-mail: S.Sakalauskiene@gmf.vdu.lt