

### III skyrius. AGROEKOLOGIJA

#### Chapter 3. AGROECOLOGY

ISSN 1392-3196

Žemdirbystė / Zemdirbyste-Agriculture, t. 95, Nr. 4 (2008), p. 122–132

UDK 632.51:581.1.05

#### **OZONO IR ULTRAVIOLETINIŲ SPINDULIŲ (UV-B) POVEIKIS BALTŲJŲ BALANDŲ AUGIMUI NEVIENODOS TEMPERATŪROS SĄLYGOMIS**

Regina ROMANECKIENĖ, Vytautas PILIPAVIČIUS,  
Kęstutis ROMANECKAS

Lietuvos žemės ūkio universitetas

Studentų g. 11, Akademija, Kauno r. sav.

El. paštas: regina.romaneckiene@lzuu.lt, vytautas.pilipavicius@lzuu.lt,  
kestas.romaneckas@lzuu.lt

#### **Santrauka**

Tyrimai atlikti 2006 m. Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės instituto fitotronų komplekse. Tyrimo tikslas – ištirti baltosios balandos (*Chenopodium album* L.) adaptyvumą esant nevienodoms ozono koncentracijoms ir ultravioletinės spinduliuotės (UV-B) dozėms atšilusio (+25/+16 °C) bei dabartinio (+21/+14 °C) klimato sąlygomis. Tyrimų metu nustatytas tirtų 2–4 KJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> UV-B dozių neigiamas poveikis baltųjų balandų antžeminės dalies ir šaknų žalios bei orasausės masės akumuliacijai. Esant 4 kJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> UV-B dozei, baltųjų balandų antžeminės dalies žalia masė, palyginti su kontroliniais augalais, sumažėjo 82,2 proc. (daugiau nei 5 kartus). Analogiški duomenys gauti ir vertinant antžeminės dalies aukštį. Prognozuojamo atšilusio (+25/+16 °C) klimato sąlygomis baltąsias balandas paveikus 2 kJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> UV-B spinduliuotės doze, jos sukauptė 47 proc. mažiau orasausės masės. UV-B dozę padidinus iki 4 kJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, orasausės masės akumuliacija sumažėjo maždaug 3,5 karto, o aukštis – 43 proc., palyginti su kontroliniuose vegetaciniuose induose augusiomis baltosiomis balandomis. Kitaip nei ultravioletinė spinduliuotė, dabartinio klimato sąlygomis iki 40 µg m<sup>-3</sup> ir 80 µg m<sup>-3</sup> padidėjusi ozono koncentracija baltųjų balandų antžeminės dalies žalios masės kiekį padidino atitinkamai 25,9 ir 25,4 proc. Esant aukštesnei (+25/+16 °C) temperatūrai, iki 40 µg m<sup>-3</sup> ir 80 µg m<sup>-3</sup> padidėjusi ozono koncentracija baltųjų balandų orasausės masės akumuliaciją padidino atitinkamai 27 ir 33 proc. Gauti esminiai skirtumai atskleidė, kad baltosios balandos UV-B spinduliuotei yra labai jautrios esant ir žemesnei, ir aukštesnei temperatūrai.

Reikšminiai žodžiai: baltoji balanda, ultravioletinė spinduliuotė (UV-B), ozono koncentracija, adaptacija.

#### **Įvadas**

Nustatyta, kad žemės klimatas turi tendenciją šilti. Per pastarąjį šimtmetį vidutinė metinė temperatūra pakilo 0,6 °C, o nuo XX a. aštuntojo dešimtmečio pradžios – 0,8 °C /Emberlin et al., 2002/. Atmosferoje padvigubėjus anglies dvideginio ir kitų

šiltnamio reiškinių sukeliančių dujų kiekiui, vidutinė temperatūra (iki XXI a. pabaigos) gali pakilti nuo 2 °C iki 5 °C /Hardy, 2003/. Manoma, kad viena pagrindinių priežasčių yra šiltnamio efektą sukeliančių dujų (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O ir kt.) koncentracijos didėjimas atmosferoje dėl intensyvaus organinio kuro ir aerolinių medžiagų vartojimo. Dėl šių priežasčių ilgės augalų vegetacijos periodas, ypač pavasario ir rudens sezonai /Bukantis, Rimkus, 1996/. Aplinkos sąlygos – temperatūra, dirvos drėgnis, šviesa – yra labai svarbūs augalų augimą lemiantys veiksniai, turintys įtakos piktžolių sėklų dygimui, jų augimui bei vystymuisi /Forcella et al., 2000/. Žemės ūkio augalų derlingumo pokyčių tendencijos atspindi bendrą klimatinį ir neklimatinį veiksnių (technologijų, dirvožemio kokybės ir kt.) poveikį žemės ūkio augalų derlingumui. Nustatyta, kad miežių derlius bei jo cheminė sudėtis priklauso nuo meteorologinių sąlygų ir bendro augalų mitybos lygio /Antanaitis, Švedas, 2000/. Kadangi įvairių rūšių augalų adaptacinė geba yra nevienoda, kintant klimato sąlygoms, gali gerokai pasikeisti ir jų konkurencingumas, o tai sukeltų didelių žemės ūkio problemų. Tyrimų duomenimis, keičiantis aplinkos sąlygoms, ekosistemose vyksta nepageidaujama rūšių kaita, gausėja varpinių ir nitrofilinių augalų, vyksta agresyvi ruderalinės augmenijos invazija /Forcella et al., 1996/. Kadangi piktžolėms dažniausiai būdingas didesnis plastiškumas, dar labiau didės jų konkurencinis pranašumas kultūrinių augalų atžvilgiu.

Pastaraisiais dešimtmečiais vis aktualesnės tampa aplinkos problemos, susijusios su stratosferos ir troposferos ozono kiekio pokyčiais. Ozonas yra toksiškas oro teršalas, kuris ir reikalingas, ir žalingas gyvybei žemėje. Didelės ozono koncentracijos daro įtaką daugelio augalų augimui bei derliui ir spartina augalų lapų senėjimą bei pirmalaikį jų kritimą /Farage et al., 1991; Brünshon-Harti et al., 1995; Fumagalli et al., 2001/. Kaip labai stiprus oksidatorius ozonas sumažina augalų orasausę masę, pažeidžia lapus, slopina fotosintezę, mažina produktyvumą /Heath, 1996; Saitanis et al., 2001/. Dėl ozono poveikio sumažėja augalų produktyvumas, nes užsiveria jų žiotelės kaip apsauga nuo kitų pažeidimų, fotosintezės produktyvumas, chloroplastų kiekis /Heath, 1996/. Pigmentai yra fotosintezės sistemos dalis, o jų pokyčius galima panaudoti tiriant ozono poveikį /Calatayud, Barreno, 2004/. Įvairių augalų fotosintezės pigmentų jautrumas ozonui labai skiriasi: vieni augalų chlorofilo kiekis mažėja /Della Torre et al., 1998; Bindi et al., 2002; Brazaitytė ir kt., 2006/, o kitiems neturi įtakos /Agrawal et al., 1993/. Tai priklauso nuo augalų adaptacinės gebos. Nevienodas jautrumas ozonui nustatytas ne tik tarp žemės ūkio augalų rūšių, bet ir tarp jų veislių /Smith et al., 2000/, nes tų pačių ir skirtingų rūšių augalai yra nevienodai atsparūs ozono poveikiui /Huttunen et al., 2002/.

Stratosferos ozono sluoksnio irimas didėjant halogenizuotų anglies junginių (freonų) emisijai į orą didina ultravioletinių spindulių patekimą į žemės paviršių. Kaip ir kitos gyvybės formos, evoliucijos metu augalai suformavo morfologinę, fiziologinę ir biocheminę saugos nuo UV poveikio sistemas /Hollosoy, 2002/. Augalams yra reikalingas tam tikras ultravioletinių (UV-B) spindulių kiekis. Jie skatina biocheminius procesus ir slopina per daug greitą augalų augimą bei mažina orasausės masės kaupimąsi /Wei et al., 2003/. Ultravioletiniams spinduliams tenka apie 5 proc. viso saulės spinduliuotės energijos kiekio /Helsper et al., 2003/. Pagal bangų ilgį ultravioletinė spinduliuotė skirstoma į tris spektro ruožus: UV-A (315–400 nm), UV-B (280–315 nm) ir UV-C (100–280 nm). Ozono sluoksnis sugeria beveik visus UV-C spindulius, UV-A spinduliai augalams beveik nekenksmingi. Didžiausią pavojų augalijai kelia UV-B spinduliuotės spektro dalis

/Helsper et al., 2003; Krizek, 2004/. Kauno meteorologijos ir Palangos aviacinės meteorologijos stočių duomenimis, UV-B spinduliuotės intensyvumą lemia metų ir paros laikas bei meteorologinės sąlygos. Vidutinė paros dozė saulėtomis vasaros dienomis siekia 2,1–2,5 kJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> /Jonavičienė, 2005/. Ultravioletinės (UV-B) spinduliuotės poveikis gyviems organizmams yra tuo stipresnis, kuo trumpesnės spindulių bangos. Didesnė nei įprasta UV-B spinduliuotė sukelia fotosintezės sistemos pažeidimus, o šie veikia augalo augimą /Hollosy, 2002; Brosche, Strid, 2003/. Fotosintezės intensyvumo sumažėjimas dėl UV-B spinduliuotės poveikio siejamas su mažesniu žiotelių laidumu ir fotosintetinančių pigmentų kiekiu. Ryškus UV-B poveikis fotosintezei siejamas su lapų žiotelių funkcionavimo, fotosintetinių fermentų bei pigmentų, elektronų transporto grandinės bei chloroplastų ir kitų ląstelės membranų pokyčiais /Tevini, 1994/. Dėl UV-B spinduliuotės sumažėja daugelio rūšių augalų aukštis bei orasausė masė /Ambasht, Agrawal, 1997; Correia et al., 1999; Pilipavičius ir kt., 2006/. Tyrimų duomenys apie pigmentų kiekio pokyčius dėl UV-B spinduliuotės yra labai nevienodi. Vieni autoriai teigia, kad nuo UV-B dozės chlorofilų kiekis sumažėja /Nasser, 2001/, kiti nurodo, kad UV-B spinduliuotė fotosintetinių pigmentų nesumažina, dar kiti – kad, atvirkščiai, UV-B poveikis miežius skatina sintetinti daugiau chlorofilų ir karotinoidų /Dėdelienė ir kt., 2006/. Kiti autoriai, natūraliomis sąlygomis tyrę įvairių žemės ūkio augalų jautrumą UV-B spinduliuotei, nenustatė jokio esminio neigiamo poveikio masės akumuliacijai arba derliui /Hakala et al., 2002/. Įvairių autorių tyrimų metu gauti gana skirtingi rezultatai dažniausiai aiškinami nevienodomis tyrimų sąlygomis. Fitokameroze, kur daug mažesnis fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės intensyvumas, UV-B poveikis augalams pasireiškia kur kas stipriau. Priešingai nei nurodo kai kurie kiti autoriai /Valkama et al., 2003/, UV-B net ir normalioje šviesoje labai pakeičia augalų morfologinius rodiklius. Nustatyta, kad esant maksimaliai UV-B spinduliuotei (9 kJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) iki švitinimo silpnėsne (1 kJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) UV-B spinduliuote bei esant mažesnei nei optimali fotosintetiškai aktyviai spinduliuotei (FAR) bandymo pabaigoje augintų miežių antžeminė žalia masė buvo beveik dvigubai mažesnė nei be UV-B spinduliuotės augusių augalų. Augintų optimalaus FAR intensyvumo sąlygomis miežių antžeminės žalios masės nuostoliai esant tai pačiai UV-B spinduliuotei buvo gerokai mažesni /Juknys ir kt., 2005/. Nustatyta, kad daugelis nepalankių aplinkos veiksnių – suintensyvėjusi UV-B spinduliuotė, padidėjusi priežemio ozono koncentracija ir net mechaniniai augalų pažeidimai – skatina aktyviųjų deguonies formų susidarymą ir sukelia augalų oksidacinį stresą sumažindami žemės ūkio augalų augimą /Apel, Hirt, 2004; Miles et al., 2005/. Prisitaikymo mechanizmai nėra galutinai nustatyti. Yra žinoma, kad vengdami žalingo poveikio augalai suaktyvina įvairias apsaugos sistemas.

Darbo tikslas – įvertinti antropogeninių veiksnių ozono bei ultravioletinių spindulių (UV-B) poveikį baltosios balandos (*Chenopodium album* L.) augimui ir prisitaikymo prie šių veiksnių poveikio galimybes skirtingos temperatūros sąlygomis.

### **Tyrimų sąlygos ir metodai**

Tyrimai vykdyti taikant vegetacinius tyrimų metodus. Tirtas antropogeninių veiksnių ozono ir ultravioletinių spindulių (UV-B) poveikis baltųjų balandų augimui nevienodos temperatūros sąlygomis. Vegetaciniai tyrimai atlikti 2006 m. Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės instituto fitotronų komplekse.

Tyrimų objektas – baltoji balanda (*Chenopodium album* L.), jos adaptacija prie įvairių aplinkos sąlygų.

Baltosios balandos sėtos į 5 l talpos vegetacinius indus, kiekviename inde buvo palikta po 25 augalus. Vegetaciniai tyrimai vykdyti trimis pakartojimais. Augalai auginti artimame neutraliam (pH 6–6,5) durpių substrate. Pasėjus iki sudygimo ir sudygę augalai vieną savaitę buvo auginti šiltnamyje. Kai piktžolės išaugo iki 3–4 lapelių tarpsnio, vegetaciniai indai buvo perkelti į fitokameras (fotoperiodas – 14 val.). Tyrimo pabaigoje nupjauta baltųjų balandų antžeminė dalis, pamatuotas jų ilgis, pasverta bei nustatyta orasausė masė.

Pagal numatytus šiltnamio reiškinių skatinančių dujų emisijos didėjimo scenarijus ir klimato kaitos prognozę IPCC 2001 atšilusiam klimatui imituoti, fitokameroje dieną buvo palaikoma keturiais laipsniais (+25 °C), o naktį – dviem laipsniais aukštesnė (+16 °C) ir dabartinio klimato oro temperatūra – +21/+14 °C. Fotoperiodas – 14 val. Ozono poveikio trukmė – 12 dienų.

Tyrimų schema. Tiriant ozono poveikį, atšilusiam ir dabartiniam klimatui imituoti tirti trys ozono koncentracijos ore variantai:

1. Kontrolinis ( $20 \mu\text{g m}^{-3}$ ).
2.  $40 \mu\text{g m}^{-3}$ .
3.  $80 \mu\text{g m}^{-3}$ .

Tiriant UV-B poveikį esant nevienodiems temperatūros režimams, fitokameroje buvo palaikoma +21/+14 °C bei +25/+16 °C temperatūra, fotoperiodas – 14 val. Poveikio trukmė – 8 dienos.

Tyrimų schema. Tirtos tokios UV-B spinduliuotės dozės:

1. Kontrolinė ( $0 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , augalai UV-B spinduliuote neveikti).
2.  $2 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ .
3.  $4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ .

Tyrimų duomenys statistiškai įvertinti dispersinės analizės metodu naudojant „SigmaStat“ programų paketą. Apskaičiuota vidurkio vidutinė kvadratinė paklaida  $S_{\bar{x}}$  ir skirtumų tarp variantų patikimumo kriterijus P /SPSS Science, 1997/.

### **Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas**

Ankstesnių tyrimų metu nustatyta, kad balandų augimui didėjanti ozono koncentracija ( $120 \mu\text{g m}^{-3}$ ,  $240 \mu\text{g m}^{-3}$ ,  $360 \mu\text{g m}^{-3}$ ) esminės įtakos neturi, tačiau buvo nustatytos baltųjų balandų antžeminės dalies aukščio ir orasausės masės mažėjimo tendencijos /Pilipavičius ir kt., 2006/. Tęsiant tyrimus ir įvertinus mažesnių ozono koncentracijų ( $40$ ,  $80 \mu\text{g m}^{-3}$ ) poveikį baltųjų balandų augimui nustatyta, kad jų aukščiui ozono koncentracija esminės įtakos neturi (1 lentelė). Atlikus tirtų baltųjų balandų orasausės masės analizę, nustatytos tokios pat tendencijos. Analizuojant kompleksinį ozono ir įvairių temperatūros režimų poveikį baltosioms balandoms nustatyta, kad dabartinėmis klimato sąlygoms (+21/+14 °C) ozono koncentracijai padidėjus iki  $40 \mu\text{g m}^{-3}$  baltosios balandos suformavo didesnę žalią ir orasausę masę nei kontroliniuose (ozono koncentracija –  $20 \mu\text{g m}^{-3}$ ) vegetaciniuose induose, nes po kelių dienų ekspozicijos prasidėjo spartus kompensacinis naujų lapų formavimas. Didesnė ( $40 \mu\text{g m}^{-3}$  ir  $80 \mu\text{g m}^{-3}$ ) ozono koncentracija antžeminės dalies žalią masę padidino 25,9 ir 25,4 proc., šaknų orasausę masę – 74,4 ir 68,3 proc., tačiau žalios bei orasausės masės skirtumai nebuvo

**1 lentelė.** Ozono poveikis baltųjų balandų augimui dabartinio (+21/+14 °C) ir prognozuojamo atšilusio (+25/+16 °C) klimato sąlygomis

**Table 1.** The influence of ozone on fat-hen growth at actual (21°C/14°C) and forecasted (25°C/16°C) climate temperatures

Ozono koncentracija <i>Ozone concentration</i>	Antžeminė dalis <i>Above-ground part</i>			Šaknys <i>Roots</i>	Antžeminės dalies ir šaknų orasausės masės santykis <i>Above-ground part and root air- dry mass ratio</i>
	Aukštis cm <i>Height cm</i>	Žalia masė g <i>Green mass g</i>	Orasausė masė g <i>Air-dry mass g</i>	Orasausė masė g <i>Air-dry mass g</i>	
Dabartinio klimato oro temperatūra +21/+14 °C <i>Actual climate temperature 21°C/14°C</i>					
Kontrolinis variantas <i>Control treatment</i>	12,82	24,53	1,99	0,05	39,8
20 µg m <sup>-3</sup>	12,60	30,88	3,47	0,14	24,8
40 µg m <sup>-3</sup>	12,97	30,76	3,35	0,10	33,5
80 µg m <sup>-3</sup>					
±S $\bar{x}$ / ±SE	0,534	3,224	0,392	0,029	–
P	0,958	0,697	0,249	0,399	–
Prognozuojamo atšilusio klimato oro temperatūra +25/+16 °C <i>Forecasted climate temperature 25°C/16°C</i>					
Kontrolinis variantas <i>Control treatment</i>	31,67	65,44	9,40	1,37	6,9
20 µg m <sup>-3</sup>	33,14	69,30	11,97*	1,69	7,1
40 µg m <sup>-3</sup>	31,07	65,00	12,51*	2,06	6,1
80 µg m <sup>-3</sup>					
±S $\bar{x}$ / ±SE	0,769	8,643	0,565	0,128	–
P	0,530	0,808	0,022	0,058	–

\* – 95 proc.,  $P < 0,05$

\* – significant differences from the control treatment (20 µg m<sup>-3</sup>) at  $P < 0.05$

esminiai ( $P > 0,05$ ). Kitaip nei masė, baltųjų balandų aukštį didino (2 proc.) tik didžiausia tirta ozono koncentracija 80 µg m<sup>-3</sup> (1 lentelė). Vertinant ozono poveikį žemės ūkio augalams nustatyta, kad 80 µg m<sup>-3</sup> ozono koncentracija sėjamųjų žirnių orasausę masę sumažino 24 proc., o lapų plotas, paveikus 80, 160 ir 240 µg m<sup>-3</sup> koncentracijų ozonu, jau po pirmos poveikio dienos buvo mažesnis nei be ozono koncentracijos augusių augalų. Ilgėjant poveikio trukmei, ozonas augalų augimą veikė toksiškai /Juozaitytė ir kt., 2006/. Esant aukštesnei (+25/+16 °C) oro temperatūrai, baltosios balandos didesnę orasausę masę suformavo esant 40 µg m<sup>-3</sup> (27 proc.) ir 80 µg m<sup>-3</sup> (33 proc.) ozono koncentracijai. Ozono koncentracijai padidėjus iki 40 µg m<sup>-3</sup>, atšilusio klimato sąlygomis baltųjų balandų antžeminės dalies augimas suintensyvėjo, tačiau gauti skirtumai buvo neesminiai ( $P > 0,05$ ) (1 lentelė). Atšilusio klimato sąlygomis (+25/+16 °C) baltosios balandos didžiausią žaliųjų medžiagų ir orasausę masę suformavo esant didžiausiai iš tirtų ozono koncentracijai (80 µg m<sup>-3</sup>), o sparčiausias augimas ir žalios masės akumuliacija nustatyta esant 40 µg m<sup>-3</sup> ozono koncentracijai. Remiantis šiais duomenimis, galima teigti, kad didėjanti ozono koncentracija skatina baltųjų balandų žalios ir orasausės masės akumuliaciją (1 lentelė). Tai rodo, kad evoliucijos metu

balandos pakankamai gerai prisitaikė prie ozono dujų koncentracijos didėjimo ir aplinkos temperatūros svyravimų. Analizuojant baltųjų balandų antžeminės dalies bei šaknų orasausės masės santykį, gauti identiški antžeminės dalies bei šaknų orasausės masės pokyčių kintant ozono koncentracijai duomenys. Tačiau prognozuojamo atšilusio klimato oro temperatūros sąlygomis gautas mažesnis nei dabartinio klimato temperatūros sąlygomis baltųjų balandų antžeminės dalies bei šaknų orasausės masės santykis rodo, kad aukštesnės temperatūros sąlygomis baltųjų balandų šaknų augimas suintensyvėjo 3,5–5,8 karto (1 lentelė).

Ankstesnių tyrimų metu nustatyta, kad nedidelės UV-B dozės ( $1-3 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) netgi skatino baltųjų balandų augimą, nors intensyvinant UV-B spinduliuotę baltųjų balandų antžeminės dalies aukštis sistemingai mažėjo, o mažiausią antžeminės dalies ir šaknų biomą sukaupe esant  $9 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  UV-B spinduliuotei augusios baltosios balandos /Pilipavičius ir kt., 2006/. Tęsiant tyrimus ir įvertinus  $2-4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  UV-B dozės ir temperatūros ( $+21/+14 \text{ }^\circ\text{C}$ ) režimo, kuris prilyginamas dabatinei vidutinei oro temperatūrai, kompleksinį poveikį nustatyta, kad didėjanti UV-B spinduliuotės dozė lėtino baltųjų balandų augimą – jų aukštis iš esmės sumažėjo, palyginti su kontroliniais augalais (2 lentelė). Nustatytas visų tirtų UV-B spinduliuotės dozių neigiamas poveikis antžeminės dalies bei šaknų žalios ir orasausės masės augimui. Tai itin būdinga antžeminės dalies žaliai masei, kuri, esant  $4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  UV-B dozei, sumažėjo daugiau nei 5 kartus, palyginti su kontroliniais augalais. Analogiški duomenys gauti ir vertinant antžeminės dalies aukštį. Paveikus didesnėmis ( $4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) UV-B spinduliuotės dozėmis, baltosios balandos užaugo žemesnės (2 lentelė). Atitinkami rezultatai gauti ir analizuojant UV-B spinduliuotės įtaką sėjamųjų pipirnių augalams. Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės instituto fitotronų komplekse atlikus tyrimus nustatyta, kad mažos ( $1 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) UV-B spinduliuotės dozės pipirnių augimą paskatino 30 proc., o žalią masę padidino 4 proc., palyginti su UV-B spinduliuotės nepaveiktais augalais. Spinduliuotės kiekį padidinus iki  $3 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , pipirnių žalios masės kiekis sumažėjo 23 proc. /Švegždienė ir kt., 2006/. Oro temperatūrą dieną padidinus  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ , o naktį –  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $+25/+16 \text{ }^\circ\text{C}$ , prognozinė atšilusio klimato oro temperatūra), baltųjų balandų atsparumas UV-B poveikiui iš esmės sumažėjo. Baltosios balandos orasausės masės sukaupe 47 proc. mažiau jas paveikus  $2 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  UV-B spindulių doze ir apie 3,5 karto mažiau UV-B dozę dvigubai padidinus ( $4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ), palyginti su kontroliniuose vegetaciniuose induose augusiomis baltosiomis balandomis. Intensyvėjanti UV-B spinduliuotė stabdė ir baltųjų balandų antžeminės dalies augimą (2 lentelė). Didžiausia tirta UV-B spinduliuotės dozė ( $4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ), palyginti su kontroliniais augalais, antžeminės dalies aukštį sumažino beveik perpus – 43 proc. Analogiški ir baltųjų balandų šaknų žalios bei orasausės masės duomenys (2 lentelė). Gauti esminiai skirtumai atskleidė, kad baltosios balandos UV-B spinduliuotei yra labai jautrios esant ir žemesnei, ir aukštesnei temperatūrai. Vertinant baltųjų balandų antžeminės dalies ir šaknų orasausės masės santykį nustatyta, kad didėjant UV-B spinduliuotės dozei santykinis baltųjų balandų šaknų ir antžeminės dalies augimas išliko tolygus. Tačiau didėjanti UV-B spinduliuotės dozė mažino baltųjų balandų antžeminės dalies ir šaknų žalios masės santykį iki 2,1 karto dabartinio klimato oro temperatūros sąlygomis ir iki 1,4 karto prognozuojamo atšilusio klimato oro temperatūros sąlygomis (2 lentelė). Tai galėjo būti transpiracijos proceso, kaip augalo apsaulinimo mechanizmo, suintensyvėjimo pasekmė.

**2 lentelė.** Ultravioletinės UV-B spinduliuotės įtaka baltųjų balandų augimui dabartinio (+21/+14 °C) ir prognozuojamo atšilusio (+25/+16 °C) klimato sąlygomis

**Table 2.** The influence of UV-B radiation on fat-hen growth at actual (21°C/14°C) and forecasted (25°C/16°C) climate temperatures

UV-B dozės UV-B radiation	Antžeminė dalis Above-ground part			Šaknys Roots		Antžeminės dalies ir šaknų santykis Above-ground part and root ratio	
	Aukštis cm Height cm	Žalia masė g Green mass g	Orasausė masė g Air-dry mass g	Žalia masė g Green mass g	Orasausė masė g Air-dry mass g	Žalia masė Green mass	Orasausė masė Air-dry mass
Dabartinio klimato oro temperatūra +21/+14 °C Actual climate temperature 21°C/14°C							
Kontrolinis variantas Control treatment	7,10	28,27	1,89	2,35	0,25	12,0	7,6
0 kJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>							
2 kJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	5,53**	11,63**	1,01*	1,12*	0,13*	10,4	7,8
4 kJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	6,31**	5,02**	0,53**	0,88*	0,09*	5,7	5,9
±S $\bar{x}$ / ±SE	0,110	3,518	0,212	0,281	0,028	–	–
P	0,001	0,001	0,002	0,040	0,013	–	–
Prognozuojamo atšilusio klimato oro temperatūra +25/+16 °C Forecasted climate temperature 25°C/16°C							
Kontrolinis variantas Control treatment	21,36	68,89	6,05	2,92	0,54	23,6	11,2
0 kJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>							
2 kJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	14,47**	34,73**	3,22**	1,89	0,28**	18,4	11,5
4 kJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	12,22**	15,38**	1,63**	0,94*	0,16**	16,4	10,2
±S $\bar{x}$ / ±SE	0,415	7,88	0,652	0,332	0,060	–	–
P	0,001	0,001	0,001	0,017	0,002	–	–

\* – 95 proc.,  $P < 0,05$  ir \*\* – 99 proc.,  $P < 0,01$

\* – significant differences from the control treatment (0 kJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) at  $P < 0.05$  and \*\* – at  $P < 0.01$

## Išvados

1. Baltųjų balandų augimą stimuliuojo iki 40 µg m<sup>-3</sup> ir 80 µg m<sup>-3</sup> didėjanti ozono koncentracija kompleksiskai veikiant dabartinio +21/+14 °C ir prognozuojamo atšilusio +25/+16 °C klimato oro temperatūrai. Nustatyta, kad baltosios balandos yra visiškai prisitaikiusios prie dabartinio bei prognozuojamo atšilusio klimato oro temperatūrų ir ozono dujų koncentracijos svyravimų iki 80 µg m<sup>-3</sup> ozono koncentracijos aplinkoje.

2. Didėjanti UV-B spinduliuotė stabdė baltųjų balandų antžeminės dalies augimą, o  $4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  UV-B spinduliuotės dozė baltųjų balandų antžeminės dalies aukštį sumažino 43 proc. Nustatytas tirtų  $2\text{--}4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  UV-B dozių neigiamas poveikis baltųjų balandų antžeminės dalies ir šaknų žalios bei orasausės masės akumuliacijai ir prognozuojamo atšilusio ( $+25/+16 \text{ }^\circ\text{C}$ ) bei dabartinio ( $+21/+14 \text{ }^\circ\text{C}$ ) klimato oro temperatūros režimo sąlygomis.

3. Kintant ozono koncentracijai, prognozuojamo atšilusio klimato temperatūros sąlygomis gauti mažesni nei dabartinio klimato oro temperatūros sąlygomis baltųjų balandų antžeminės dalies ir šaknų orasausės masės santykiai rodo, kad aukštesnės oro temperatūros sąlygomis baltųjų balandų šaknų augimas suintensyvėjo 3,5–5,8 karto.

4. Didėjant UV-B spinduliuotės dozei, santykinis baltųjų balandų antžeminės dalies ir šaknų orasausės masės augimas išliko tolygus. Intensyvėjanti UV-B spinduliuotė mažino baltųjų balandų antžeminės dalies ir šaknų žalios masės santykį iki 2,1 karto dabartinio klimato oro temperatūros sąlygomis ir iki 1,4 karto prognozuojamo atšilusio klimato oro temperatūros sąlygomis.

### Padėka

Tiriamąjį darbą – projekto „Antropogeninių klimato ir aplinkos pokyčių kompleksinis poveikis miškų ir agroekosistemų augmenijai“ APLIKOM dalį – rėmė Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondas.

Gauta 2008-10-20

Pasirašyta spaudai 2008-11-10

### LITERATŪRA

1. Agrawal M., Krizek D. T., Agrawal S. B. et al. Influence of inverse day/night temperature on ozone sensitivity and selected morphological and physiological responses of cucumber // *Journal American Society for Horticultural Science*. – 1993, vol. 118, p. 649–654

2. Ambasht N. K., Agrawal M. Influence of supplemental UV-B radiation on photosynthetic characteristics on rice plants // *Photosynthetica*. – 1997, vol. 34, p. 401–408

3. Antanaitis Š., Švedas A. Miežių derliaus ir kokybės ryšys su dirvožemio savybėmis ir tręšimu // *Žemdirbystė / Zemdirbyste-Agriculture*. – 2000, t. 72, p. 19–33

4. Apel K., Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction // *Annual Review of Plant Biology*. – 2004, vol. 55, p. 373–399

5. Bindi M., Hacour A., Vandermeiren K. et al. Chlorophyll concentration of potatoes grown under elevated carbon dioxide and ozone concentration // *European Journal of Agronomy*. – 2002, vol. 17, iss. 4, p. 319–335

6. Brazaitytė A., Juknys R., Sakalauskaitė J. ir kt. Žemės ūkio augalų fotosintezės pigmentų sistemos tolerancija ozono ir UV-B spinduliuotės sukeltam stresui // *Sodininkystė ir daržininkystė: mokslo darbai / LSDI, LŽŪU*. – 2006, t. 25, Nr. 2, p. 14–24

7. Brosche M., Strid A. Molecular events following perception of ultraviolet-B radiation by plants // *Physiologia Plantarum*. – 2003, vol. 117, p. 1–10

8. Bukantis A., Rimkus E. Lietuvos agroklimatinių resursų dinamika ir prognozės // *Geografija*. – 1996, t. 32, p. 22–27

9. Brünshon-Harti S., Fangmeier A., Jöger H.J. Influence of ozone and ethylenediurea (EDU) on growth and yield of (*Phaseolus vulgaris* L.) in open top filed chambers // *Environmental Pollution*. – 1995, vol. 90, p. 89–94



10. Calatayud A., Barreno E. Response to ozone in two lettuce varieties on chlorophyll fluorescence, photosynthetic pigments and lipid peroxidation // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2004, vol. 42, iss. 6, p. 549–555
11. Correia C. M., Torres-Pereira M. S., Torres-Pereira J. M. Growth, photosynthesis and UV-B absorbing compounds of Portuguese *barbela wheat* exposed to UV-B radiation // *Environmental Pollution*. – 1999, vol. 104, p. 383–388
12. Della Torre G., Ferranti F., Lupattelli M. et al. Effects of ozone on morpho-anatomy and physiology of *Hedera helix* // *Chemosphere*. – 1998, vol. 36, p. 651–656
13. Dėdelienė K., Brazaitytė A., Stankevičiūtė S. Vasarinių miežių adaptacija prie diferencijuoto ir kompleksinio UV-B ir ozono poveikio // *Sodininkystė ir daržininkystė: mokslo darbai / LSDI, LŽŪU*. – 2006, t. 25, Nr. 2, p. 107–117
14. Emberlin J., Detandt M., Gehrig R. et al. Responses in the start of *Betula* (birch) pollen seasons to recent changes in spring temperatures across Europe // *International Journal of Biometeorology*. – 2002, vol. 46, p. 159–170
15. Farage P. K., Long S. P., Lechner E. G., Baker N. R. The sequence of changes within the photosynthetic apparatus of wheat following short-term exposure to ozone // *Plant Physiology*. – 1991, vol. 95, p. 529–535
16. Forcella F., Benech A. R. L., Sanchez R., Ghersa C. M. Modeling seedling emergence // *Field Crops Research*. – 2000, vol. 67, No. 2, p. 123–139
17. Forcella F., Durgan B. R., Buhler D. D. Management of Weed Seedbanks // *Proceedings of the Second International Weed Control Congress*. – Flakkebjerg, Denmark, 1996, vol. 1, p. 21–26
18. Fumagalli I., Gimeno B. S., Velissariou D. et al. Evidence of ozone-induced adverse effects on crops in the Mediterranean region // *Atmospheric Environment*. – 2001, vol. 35, p. 2583–2587
19. Hakala K., Jauhiainen L., Koskela T. et al. Sensitivity of crops to increased ultraviolet radiation in Northern growing conditions // *Agronomy and Crop Science*. – 2002, vol. 188, p. 8–12
20. Hardy J. T. *Climate change: causes, effects and solutions*. – England, 2003. – 247 p.
21. Heath R. L. The modification of photosynthetic capacity induced by ozone exposure // *Photosynthesis and the Environment*. – Netherlands, 1996, p. 409–433
22. Helsen J. P. F. G., Ric de Vos C. H., Mass F. M. et al. Response of selected antioxidants and pigments in tissues of *Rosa hybrida* and *Fuchsia hybrida* to supplemental UV-A exposure // *Physiologia Plantarum*. – 2003, vol. 117, p. 171–178
23. Hollosy F. Effects of ultraviolet radiation on plant cell // *Micron*. – 2002, vol. 33, p. 179–197
24. Huttunen S., Manninen S., Timonen U. Ozone effects on forest vegetation in Europe // *Effects of air pollution on forest health and biodiversity in forests of the Carpathian Mountains*. – Amsterdam, Berlin, Oxford, Tokyo, Washington, 2002, p. 43–49
25. Jonavičienė R. Ultravioletinės saulės spinduliuotės matavimai Lietuvos hidrometeorologijos tarnyboje // *Meteorologija ir hidrologija Lietuvoje: raida ir perspektyvos*. – Vilnius, 2005, p. 48–49
26. Juknys R., Dėdelienė K., Martinavičienė J. ir kt. Vasarinių miežių (*Hordeum sativum* L.) jautrumo ultravioletinei (UV-B) spinduliuotei tyrimai // *Sodininkystė ir daržininkystė: mokslo darbai / LSDI, LŽŪU*. – 2005, t. 24, Nr. 2, p. 97–102
27. Juozaitytė R., Ramaškevičienė A., Sliesaravičius A. ir kt. Sėjamojo žirnio (*Pisum sativum* L.) fiziologinė ir biocheminė reakcija į ozono sukeltą stresą // *Sodininkystė ir daržininkystė: mokslo darbai / LSDI, LŽŪU*. – 2006, t. 25, Nr. 2, p. 53–59

28. Krizek T. D. Influence of PAR und UV-A in determining plant sensitivity and photomorphogenic responses to UV-B radiation // *Photochemistry and Photobiology*. – 2004, vol. 79, p. 307–315
29. Miles G. P., Samuel M. A., Zhang Y., Ellis B. E. RNA interference-based (RNAi) suppression of ATMPK6, an *Arabidopsis* mitogen-activated protein kinase, results in hypersensitivity to ozone and misregulation of ATMPK3 // *Environmental Pollution*. – 2005, vol. 138, iss. 2, p. 230–237
30. Nasser L. E. A. Effects of UV-B radiation on some physiological and biochemical aspects in two cultivars of barley (*Hordeum vulgare* L.) // *Egyptian Journal of Biology*. – 2001, vol. 3, p. 97–105
31. Pilipavičius V., Romaneckienė R., Ramaškevičienė A., Sliesaravičius A. Effect of UV-B radiation, ozone concentration and their combinations on *Chenopodium album* L. early growth adaptivity // *Žemdirbystė / Zemdirbyste-Agriculture*. – 2006, t. 93, Nr. 3, p. 99–107
32. Saitanis C. J., Riga-Karandinos A. N., Karandinos M. G. Effects of ozone on chlorophyll and quantum yield of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) // *Chemosphere*. – 2001, vol. 42, No. 8, p. 945–953
33. Smith J. L., Burritt D. J., Bannister P. Shoot dry weight, chlorophyll and UV-B – absorbing compounds as indicators of a plant sensitivity to UV-B radiation // *Annals of Botany*. – 2000, vol. 86, p. 1057–1063
34. SPSS Science // SigmaStat® statistical software version 2.0. / User's manual. – USA, 1997
35. Švegždienė D., Raklevičienė D., Koryznienė D. Ultravioleto-B spinduliuotės poveikis sėjamosios pipirinės lapų genezei // *Sodininkystė ir daržininkystė: mokslo darbai / LSDI, LŽŪU*. – 2006, t. 25, Nr. 2, p. 191–198
36. Tevini M. Physiological changes plants related to UV-B – radiation: an overview // *Stratospheric ozone depletion and UV-B radiation in the biosphere*. – Berlin, 1994, p. 37–55
37. Valkama E., Kivimaenpaa M., Hartikainen H., Wulf A. The combined effects of enhanced UV-B radiation and selenium on growth, chlorophyll fluorescence and ultrastructure in strawberry (*Fragaria ananasa*) and barley (*Hordeum vulgare*) treated in the field // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2003, vol. 120, p. 267–278
38. Wei G., Zheng Y., Slusser J. R., Heisler G. M. Impact of enhanced ultraviolet – B radiation on growth and leaf photosynthetic reaction of soybean (*Glicine max*) // *Physiologia Plantarum*. – 2003, vol. 52, p. 353–362

## THE INFLUENCE OF OZONE AND UV-B RADIATION ON FAT-HEN GROWTH IN DIFFERENT TEMPERATURE CONDITIONS

R. Romaneckienė, V. Pilipavičius, K. Romaneckas

### Summary

Research was carried out in 2006 at the phytotron complex of the Lithuanian Institute of Horticulture. The aim of the experiment was to ascertain the adaptivity of fat-hen (*Chenopodium album* L.) at different ozone concentrations and doses of UV-B radiation at temperature regimes of warmer 25°C/16°C and actual 21°C/14°C climate. The experimental evidence suggests that the 2–4 kJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> UV-B dose exerted a negative effect on green and air-dry mass accumulation in fat-hen canopy and roots. The 4 kJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> UV-B dose resulted in a decrease in fat-hen canopy green mass by 82.2% (more than 5 times) compared with the control plants. The evaluation of canopy height showed similar results. In the forecasted warmer 25°C/16°C climate conditions the 2 kJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> UV-B dose influenced fat-hen air-dry mass reduction by 47% and in the 4 kJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> UV-B dose conditions the accumulation of air-dry mass decreased by nearly 3.5 times and the height decreased by 43 % compared with the control pots. The test of ozone concentration showed opposite results. In the actual climate conditions, an increase of the ozone concentration to 40 and 80 µg m<sup>-3</sup> increased the accumulation of fat-hen canopy green mass by 27 and 25.4%, accordingly. At higher temperature (25°C/16°C), the rising ozone concentration to 40 and 80 µg m<sup>-3</sup> increased the accumulation of fat-hen air-dry mass by 27 and 33%, accordingly. The significant differences showed that fat-hen was very sensitive to UV-B radiation both at lower and higher temperatures.

Key words: fat-hen, UV-B radiation, ozone concentration, adaptivity.