

Klimato kaitos veiksnių poveikis valgomojo ridikėlio augimui ir fotosintezės pigmentams

**Jurga Sakalauskaitė, Aušra Brazaitytė, Sandra Sakalauskienė,
Akvilė Urbonavičiūtė, Giedrė Samuolienė, Gintarė Šabajevienė,
Pavelas Duchovskis**

*Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės institutas, Kauno g. 30, LT-54333 Babtai,
Kauno r., el. paštas j.sakalauskaite@lsdi.lt*

Tyrimai atlikti Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės instituto Augalų fiziologijos laboratorijos fitotrono komplekse. Tirtas diferencijuotas ir kompleksinis kintančios temperatūros ir didėjančios koncentracijos anglies dioksido poveikis valgomajam ridikėliui (*Raphanus sativus* L.), veislė – ‘Žara’. Vadovaujantis šiltnamio reiškinių skatinančių dujų emisijų augimo pagrindiniais scenarijais ir klimato kaitos prognostiniais modeliais (IPCC, 2001), fitokameroje buvo sumodeliuotos augalų augimo sąlygos. Tiriant imituotos klimato kaitos poveikį, nustatyta, kad padidinta temperatūra, didesnės koncentracijos anglies dioksidas ar šių veiksnių derinys neturėjo esminio poveikio fotosintezės pigmentų kiekiui ridikėlių lapuose, palyginti su dabartinės aplinkos sąlygomis (350 ppm CO₂, T – 21 °C/14 °C dieną/naktį) augintais augalais. Aukštesnė temperatūra neturėjo esminio poveikio ridikėlių morfologiniams rodikliams. Valgomasis ridikėlis geriausiai augo aukštesnės koncentracijos anglies dioksido aplinkoje: išaugino didesnius šakniavaisius, suformavo didesnį biomasės kiekį, fotosintezės produktyvumas buvo apie du kartus didesnis nei augalų, augintų dabartinio klimato sąlygomis. Kartu padidinus ir aplinkos temperatūrą, ridikėliai išaugino mažiau biomasės, menkesnis buvo jų fotosintezės produktyvumas, tačiau šie rodikliai buvo geresni nei dabartinio klimato sąlygomis augusių augalų.

Reikšminiai žodžiai: valgomasis ridikėlis (*Raphanus sativus* L.), anglies dioksidas (CO₂), temperatūra, fotosintezė, biometriniai rodikliai.

Įvadas. Nuo industrinės revoliucijos pradžios anglies dioksido koncentracija atmosferoje intensyviai didėja. Apie tūkstantį metų iki pramoninės revoliucijos šių dujų koncentracija buvo pastovi – apie 270 μmol mol⁻¹, šiandien ji apie 38 % didesnė, t. y. 372 μmol mol⁻¹, ir prognozuojama, kad iki šio amžiaus vidurio ji pasieks 550 μmol mol⁻¹ ir viršys 700 μmol mol⁻¹ (Prentice ir kt., 2001). Pagal paskutinius prognozuojamus klimato pokyčių modelius, padvigubėjus anglies dioksido koncentracijai aplinkoje, pasaulinė oro temperatūra gali pakilti 1,4–5,8 °C (Hardy, 2003).

Didesnės koncentracijos anglies dioksidas atmosferoje daro tiesioginį ir trumpalaikį poveikį dviem fiziologiniams procesams augaluose. Pirma, jis padidina lapų

fotosintezės intensyvumą dėl didesnės CO₂ koncentracijos tose vietose, kur fermentai fiksuoja CO₂. Antra, yra skatinamas dalinis lapų žiotelių užsidarymas, todėl sumažėja dėl transpiracijos prarandamas vandens kiekis. Didesnės koncentracijos anglies dioksido poveikis ilgesniam laikotarpiui sumažina arba padidina augalo kvėpavimo intensyvumą, pasikeičia augalo cheminė sudėtis, lapų morfologija ir anatomija (Poorter, Pérez-Soba, 2002).

Jau anksčiau nustatyta, kad aukštesnė temperatūra neigiamai veikia augalų augimą ir derlių (Boyer, 1982). Vegetacijos laikotarpio vidutinės temperatūros padidėjimas kiekvienu Celsijaus laipsniu augalų derlių gali sumažinti iki 17 % (Lobell, Asner, 2003). Tačiau yra įrodyta, kad optimali augalo augimo temperatūra didėja kartu su didėjančia anglies dioksido koncentracija aplinkoje. C₃ tipo augalų optimali augimo temperatūra pakyla maždaug 5 °C, kai CO₂ koncentracija aplinkoje padidėja nuo 350 iki 650 ppm (Kirschbaum, 2004).

Aukštesnė temperatūra ir didesnės koncentracijos anglies dioksidas skirtingai veikia augalų augimą, vystymąsi, be to, šis atsakas yra labai sudėtingas. Apibendrinant galima pasakyti, kad, palyginti su įprastomis sąlygomis, didesnės koncentracijos anglies dioksidas stimuliuoja fotosintezę, angliavandenių akumuliaciją, biomasės augimą ir sumažina transpiraciją (Morison, Lawlor, 1999; Long ir kt., 2004). Aukštesnė temperatūra pagreitina augalo organų vystymąsi ir didėjimą, bet jų vystymosi trukmę, todėl galutinė biomasė, ypač vienamečių augalų, gali sumažėti. Ši sumažėjimą iš dalies kompensuoja didesnės koncentracijos anglies dioksido sąlygojamas suintensyvėjęs biomasės kaupimas (Morison, Lawlor, 1999; Fuhrer, 2003).

Teoriniu ir praktiniu požiūriu vienas svarbiausių klausimų, susijusių su CO₂ koncentracijos didėjimu ir klimato kaita, yra toks: ar dabartinis anglies dioksido kiekis ore yra augalų augimą ribojantis veiksnys? Jei taip, tai didėjant CO₂ koncentracijai ore, augalai turėtų augti intensyviau. Jei CO₂ nėra ribojantis veiksnys, tai augalų augimo ir vystymosi pokyčiai labiausiai priklausytų nuo aukštesnės temperatūros.

Anglies dioksidas ir temperatūra yra bene svarbiausi aplinkos kintamieji, kurie gali skirtingai veikti augalų fiziologinius ir fenologinius procesus, todėl svarbu įvertinti tiek diferencijuotą, tiek kompleksinį šių veiksnių poveikį augalų augimui ir derliui (Morison, Lawlor, 1999).

Darbo tikslas – ištirti didėjančios koncentracijos anglies dioksido (CO₂) ir temperatūros diferencijuotą bei kompleksinį poveikį valgomajam ridikėliui ir nustatyti prisitaikymo prie šių veiksnių galimybes.

Tyrimo objektas, metodai ir sąlygos. Tyrimai atlikti Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės instituto Augalų fiziologijos laboratorijos fitotrono komplekse. Siekiant išvengti kitų aplinkos veiksnių poveikio, tyrimai daryti kontroliuojamos ir reguliuojamos aplinkos kameroje. Tyrimui ridikėliai pasėti į 5 l talpos vegetacinius indus su neutralaus rūgštumo durpių substratu (6–6,5 pH) ir 12 dienų po sudygimo auginti šiltnamyje. Sunešti į fitokameras augalai buvo paliekami ten dviem paroms, kad prisitaikytų prie pasikeitusios aplinkos.

Atliekant šį bandymą buvo vadovautasi šiltnamio reiškinį skatinančių dujų emisijų augimo pagrindiniais scenarijais ir klimato kaitos prognostiniais modeliais (IPCC, 2001), pagal kuriuos numatoma, kad iki šio amžiaus pabaigos anglies dioksido koncentracija ore turėtų padidėti apie du kartus (apytikriai iki 700 ppm), o oro temperatūra

mūsų platumose – vidutiniškai 4 °C. Pasirinkti tokie poveikio deriniai:

1. Esama temperatūra ir CO₂ kiekis (21 °C dieną, 14 °C naktį, 350 ppm CO₂).
2. Aukštesnė temperatūra ir esamas CO₂ kiekis (25 °C dieną, 16 °C naktį, 350 ppm CO₂).
3. Esama temperatūra ir dvigubai didesnis CO₂ kiekis (21 °C dieną, 14 °C naktį, 700 ppm CO₂).
4. Aukštesnė temperatūra ir dvigubai didesnis CO₂ kiekis (25 °C dieną, 16 °C naktį, 700 ppm CO₂).

Šiais deriniais augalai buvo veikiami 10 dienų. Tyrimo metu buvo palaikomas 16 val. fotoperiodas. Šviesos šaltinis fitokameroje – Son-T-Agro (PHILIPS) lempos.

Biometriniais rodikliais įvertinti išmatuotas kiekvieno varianto atsitiktinai parinktų penkių ridikėlių antžeminės dalies aukštis, asimiliacinis plotas, šakniavaisių skersmuo. Augalų asimiliacinis plotas išmatuotas lapų ploto matuokliu WinDIAS, Delta-T Devices. Sausųjų medžiagų kiekis nustatytas išdžiovinus augalus 105 °C temperatūroje iki nekintamos masės.

Fotosintezės pigmentų (chlorofilų *a*, *b* ir karotinoidų) kiekis žalioje lapų masėje nustatytas 100 % acetono ekstrakto spektrofotometriiniu metodu (Гавриленко, Жигалова, 2003) spektrofotometru „Genesys 6“ („ThermoSpectronic“, JAV).

Grynasis fotosintezės produktyvumas apskaičiuotas pagal formulę:

$$GFP = \frac{M_2 - M_1}{\frac{1}{2}(L_1 + L_2) \times T} \quad \text{čia:}$$

GFP – grynasis fotosintezės produktyvumas, g m⁻² parą⁻¹;

M₂ - M₁ – sausos masės prieaugis per tiriamąjį laikotarpį, g;

L¹, L² – lapų paviršiaus plotas laikotarpio pradžioje ir pabaigoje, m²;

T – laiko trukmė paromis (Šlapakauskas, Duchovskis, 2008).

Statistinei analizei atlikti apskaičiuoti vidurkiai ir standartinės paklaidos, naudojant MS EXCEL statistinę programą. Duomenų patikimumui įvertinti naudota statistinė programa ANOVA (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

Rezultatai. Valgomasis ridikėlis skirtingai reagavo į diferencijuotą temperatūros, anglies dioksido ir šių veiksnių kompleksinį poveikį. Antžeminės dalies augimui esminės įtakos turėjo tik aukštesnė temperatūra, kuri skatino ridikėlių tūstamąjį augimą (1 lentelė).

Ridikėliai, auginti didesnės koncentracijos anglies dioksido ir jo derinio su aukštesne temperatūra aplinkoje, išaugino panašaus aukščio antžeminę dalį, kaip ir įprastinėmis sąlygomis (350 ppm CO₂, T – 21/14 °C dieną/naktį) auginti augalai. Visų poveikių aplinkoje susiformavo panašus ridikėlių asimiliacinis plotas. Nors aukštesnė temperatūra ir skatino ridikėlių antžeminės dalies augimą, tačiau neturėjo esminės įtakos augalų asimiliacinio ploto didėjimui. Didesnės koncentracijos anglies dioksidas ir kompleksinis jo bei aukštesnės temperatūros poveikis iš esmės skatino ridikėlių šakniavaisių augimą. Poveikių pabaigoje šių ridikėlių šakniavaisiai buvo apie du kartus didesni nei dabartinės aplinkos sąlygomis augintų augalų. Aukštesnė

temperatūra, kaip jau buvo minėta, skatino ridikėlių antžeminės dalies augimą į aukštį, tačiau šakniavaisiai išliko tokie patys, kaip ir įprastinėmis sąlygomis augintų augalų. Dvigubai didesnės koncentracijos nei dabartinis aplinkos anglies dioksidas (700 ppm) skatino ridikėlių sausųjų medžiagų kaupimąsi. Sausa biomasė iš esmės buvo kaupiama ridikėlių šakniavaisiuose, o lapuose jos buvo sukaupta beveik tiek pat, kiek ir dabartinėmis sąlygomis augintų augalų lapuose. Aukštesnė temperatūra neturėjo esminio poveikio valgomojo ridikėlio sausos biomasės kaupimuisi. Kompleksinis didesnės koncentracijos anglies dioksido ir aukštesnės temperatūros poveikis paskatino sausųjų medžiagų kaupimąsi ridikėlių šakniavaisiuose, tačiau jis buvo ne toks intensyvus, kaip tik didesnės koncentracijos anglies dioksidu veiktų ridikėlių šakniavaisiuose.

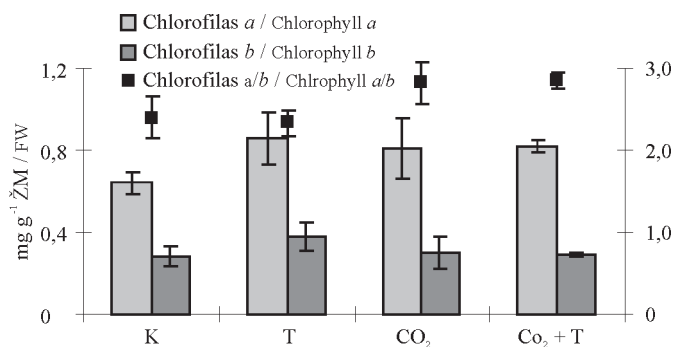
Apskaičiavus fotosintezės produktyvumą, gauta, kad ridikėliai, auginti įprastinėmis aplinkos sąlygomis, per parą susintetino vidutiniškai 0,31 mg cm⁻² sausųjų medžiagų (1 lentelė). Tokį patį kiekį sintetino ir aukštesne temperatūra veikti ridikėliai. Didesnės koncentracijos anglies dioksidu veiktų ridikėlių fotosintezės produktyvumas buvo apie du kartus intensyvesnis nei dabartinėmis sąlygomis augintų augalų. Suminis didėjančios koncentracijos anglies dioksido ir temperatūros poveikis taip pat didino ridikėlių fotosintezės produktyvumą, tačiau šis padidėjimas buvo mažesnis nei tik didesnės koncentracijos anglies dioksidu veiktų ridikėlių.

1 lentelė. Valgomojo ridikėlio augimo rodikliai ir fotosintezės produktyvumas esant skirtingiems temperatūros (T) ir anglies dioksido (CO₂) deriniams. K – dabartinės aplinkos sąlygos (350 ppm CO₂, T – 21/14 °C dieną/naktį); T – 350 ppm CO₂, T – 25/16 °C dieną/naktį; CO₂ – 700 ppm CO₂, T – 21/14 °C dieną/naktį; CO₂ + T – 700 ppm CO₂, T – 25/16 °C dieną/naktį.

Table 1. Radish growth parameters and photosynthetic productivity under different temperature (T) and carbon dioxide (CO₂) combinations. K – reference (350 ppm CO₂, T – 21/14 °C day/night); T – 350 ppm CO₂, T – 25/16 °C day/night; CO₂ – 700 ppm CO₂, T – 21/14 °C day/night; CO₂ + T – 700 ppm CO₂, T – 25/16 °C day/night.

Poveikis Treatment	Antžeminės dalies aukštis Overground part height, cm	Asimiliacinis plotas Leaf assimila- ting area, cm ²	Šakniavaisio skersmuo Rhizocarp diameter, cm	Sausos biomasės pasiskirstymas Dry biomass accumulation, mg		Fotosintezės produktyvumas, mg cm ⁻² parą ⁻¹ Photosynthetic productivity (mg cm ⁻² day ⁻¹)
				lapuose leaves	šaknia- vaisyje rhizocarp	
K (kontrolė control)	18,2	117,9	0,8	259,6	50,6	0,31
T	20,9	107,1	1,0	263,6	56,8	0,34
CO ₂	16,3	118,0	1,7	321,2	261,4	0,64
CO ₂ + T	17,9	112,8	1,7	307,2	182,4	0,49
R ₀₅ / LSD ₀₅	2,4	32,4	0,5	70,6	102,8	0,10

Aukštesnė temperatūra, didesnės koncentracijos anglies dioksidas ir suminis šių veiksnių poveikis didino chlorofilo *a* kiekį ridikėlių lapuose (1 pav.). Juose buvo kaupiama iki 35 % daugiau chlorofilo *a*, palyginti su dabartinės aplinkos sąlygomis augintais augalais.

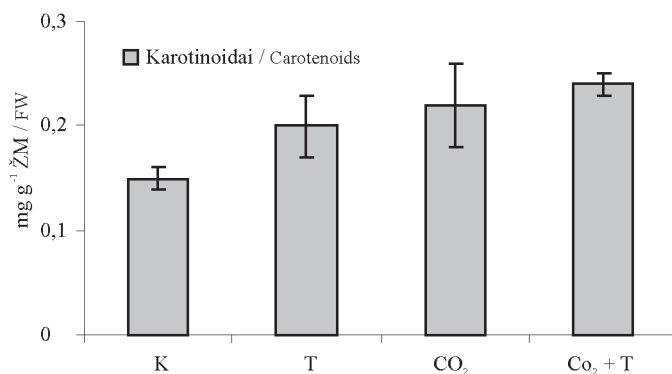


1 pav. Chlorofilų *a*, *b* kiekis ir jų santykis valgomojo ridikėlio lapuose esant skirtingiems temperatūros (T) ir anglies dioksido (CO₂) deriniams (vidurkis ± Sx, n = 3). K – dabartinės aplinkos sąlygos (350 ppm CO₂, T – 21/14 °C dieną/naktį); T – 350 ppm CO₂, T – 25/16 °C dieną/naktį; CO₂ – 700 ppm CO₂, T – 21/14 °C dieną/naktį; CO₂ + T – 700 ppm CO₂, T – 25/16 °C dieną/naktį; ŽM – žalia masė.

Fig. 1. Chlorophyll *a*, *b* content and their ratio in radish leaves under different temperature (T) and carbon dioxide (CO₂) combinations (mean ± SE, n = 3). K – reference (350 ppm CO₂, T – 21/14 °C day/night); T – 350 ppm CO₂, T – 25/16 °C day/night; CO₂ – 700 ppm CO₂, T – 21/14 °C day/night; CO₂ + T – 700 ppm CO₂, T – 25/16 °C day/night. FW – fresh weight.

Chlorofilo *b* kiekį ridikėlių lapuose labiausiai didino aukštesnė temperatūra: juose buvo kaupiama iki 36 % daugiau chlorofilo *b* nei dabartinės aplinkos sąlygomis augintuose augaluose (1 pav.). Diferencijuotas didesnės koncentracijos anglies dioksido ir kompleksinis jo poveikis su aukštesne temperatūra neturėjo įtakos chlorofilo *b* kiekiui ridikėlių lapuose. Chlorofilo *a* ir *b* santykis visų ridikėlių lapuose buvo panašus (1 pav.).

Diferencijuotas didesnės koncentracijos anglies dioksido ir temperatūros poveikis skatino kaupti daugiau karotinoidų ridikėlių lapuose nei dabartinės aplinkos sąlygomis augintuose augaluose (2 pav.). Kompleksinis šių veiksnių poveikis dar šiek tiek padidino šio fotosintezė pigmento kiekį ridikėlių lapuose.



2 pav. Karotinoidų kiekis valgomojo ridikėlio lapuose esant skirtingiems temperatūros (T) ir anglies dioksido (CO₂) deriniams (vidurkis ± Sx, n = 3).

K – dabartinės aplinkos sąlygos (350 ppm CO₂, T – 21/14 °C diena/naktį);
 T – 350 ppm CO₂, T – 25/16 °C diena/naktį; CO₂ – 700 ppm CO₂,
 T – 21/14 °C diena/naktį; CO₂ + T – 700 ppm CO₂, T – 25/16 °C diena/naktį;
 ŻM – žalia masė.

Fig. 2. Carotenoid content in radish leaves under different temperature (T) and carbon dioxide (CO₂) combinations (mean ± SE, n = 3). K – reference (350 ppm CO₂, T – 21/14 °C day/night); T – 350 ppm CO₂, T – 25/16 °C day/night; CO₂ – 700 ppm CO₂, T – 21/14 °C day/night; CO₂ + T – 700 ppm CO₂, T – 25/16 °C day/night. FW – fresh weight.

Aptarimas. Vadovaujantis šiltnamio reiškinių skatinančių dujų emisijos augimo pagrindiniais scenarijais ir klimato kaitos prognostiniais modeliais (IPCC, 2001), pagal kuriuos numatoma, kad labiausiai tikėtinas klimato pasikeitimo iki šio amžiaus pabaigos variantas toks: anglies dioksido koncentracija ore turėtų padidėti apie du kartus (apytikriai iki 700 ppm), o oro temperatūra mūsų platumose pakilti vidutiniškai 4 °C, buvo sumodeliuotos ridikėlių augimo sąlygos. Imituotas klimato kaitos poveikis leido preliminariai įvertinti ne tik bendrą galimą klimato kaitos poveikį valgomajam ridikėliui, bet ir nustatyti, kuris iš jų – anglies dioksido ar temperatūros – gali būti didesnis. Iš gautų rezultatų galima daryti visadą, kad valgomasis ridikėlis geriausiai augo didesnės koncentracijos anglies dioksido aplinkoje arba jam veikiant kartu su aukštesne temperatūra. Veikiant didesnės koncentracijos anglies dioksidui, ridikėliai išaugino didesnius šakniavaisius, suformavo didesnę biomasės kiekį. Dvigubai didesnės koncentracijos anglies dioksidas (700 ppm) iki 50 % padidino ridikėlių bendros sausos biomasės kiekį. Fotosintezės metu susintetinti asimiliatai buvo intensyviai transportuojami į ridikėlių šakniavaisius, o ne naudojami antžeminei daliai auginti. Literatūroje nurodoma, kad didesnių koncentracijų anglies dioksidas atmosferoje padidina sausos masės kaupimąsi augaluose (Baxter ir kt., 1994; Ishizaki ir kt., 2003). Usuda (2006) nustatė, kad didesnės koncentracijos anglies dioksidas (~ 750 μmol mol⁻¹) ridikėlių sausųjų medžiagų kaupimąsi padidino daugiau nei 27 %, palyginti su augalais, augusiais ~ 400 μmol mol⁻¹ koncentracijos anglies dioksido aplinkoje. Ridikėlių, paveiktų dvigubai didesnės koncen-

tracijos anglies dioksido, fotosintezės produktyvumas buvo apie du kartus didesnis nei dabartinio klimato sąlygomis augintų augalų. Mokslininkų tyrimai parodė, kad anglies dioksido koncentracijos padvigubėjimas stimuliuoja daugelio C₃ tipo augalų fotosintezę. Didesnės koncentracijos anglies dioksidas skatina lapų žiotelių dalinį užsidarymą, sumažėja transpiracija, vandens eikvojimas ir fotokvėpavimas, todėl didėja augalų produktyvumas (Poorter ir kt., 1997; Morison, Lawlor, 1999; Fuhrer, 2003; Long ir kt., 2004).

Kai fitokameroje, be didesnės anglies dioksido koncentracijos, buvo padidinta ir aplinkos temperatūra (dieną +4 °C, naktį +2 °C), ridikėliai išaugino mažesnę biomasės kiekį, fotosintezės produktyvumas buvo ne toks intensyvus, palyginti su didesnės koncentracijos anglies dioksido aplinkoje augintais augalais. Sausos biomasės buvo sukaupta mažiau, bet iki 37 % daugiau, palyginti su įprastinės aplinkos sąlygomis augintais ridikėliais. Galima teigti, kad, pakilus aplinkos temperatūrai, dalis fotosintezės metu susintetintų medžiagų buvo sunaudojama intensyvesniam augalų kvėpavimui. Dėl padidėjusio augalų kvėpavimo ir fotosintezės santykio taip pat galėjo sumažėti ridikėlių fotosintezės produktyvumas. Kiti autoriai teigia, kad aukštesnė temperatūra paspartina augalų organų vystymosi ir didėjimo intensyvumą, tačiau sutrumpina biomasės kaupimo laikotarpį, ypač vienamečių augalų, o didesnės koncentracijos anglies dioksidas iš dalies kompensuoja aukštos temperatūros sąlygojamą poveikį augalo biomasės kaupimuisi (Bowes, 1996; Morison, Lawlor, 1999).

Sumodeliuotomis klimato kaitos sąlygomis, kai buvo padidinta temperatūra, anglies dioksido koncentracija ar derinant abu šiuos veiksnius, ridikėlių lapuose nenustatyta esminio fotosintezės pigmentų kiekio padidėjimo ar sumažėjimo, palyginti su dabartinės aplinkos sąlygomis augintais augalais. Nors ir nežymiai padidėjęs chlorofilų *a*, *b* ir karotinoidų kiekis ridikėlių lapuose galėjo sąlygoti intensyvesnę fotosintezės darbą, dėl to ridikėliai intensyviau augo, sukauptė daugiau biomasės, didesnis buvo fotosintezės produktyvumas.

Atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad aukštesnė temperatūra neturėjo esminio poveikio ridikėlių morfologiniams ir fiziologiniams rodikliams, o dvigubai didesnės koncentracijos anglies dioksidas sąlygojo intensyvesnę ridikėlių augimą, fotosintezės produktyvumą. Aukštesnė temperatūra šiek tiek sumažino didesnės koncentracijos anglies dioksido poveikį ridikėlių fiziologiniams ir morfologiniams procesams.

Išvados. Tiriant imituotos klimato kaitos poveikį, nustatyta, kad aukštesnė temperatūra neturi esminio poveikio ridikėlių morfologiniams ir fiziologiniams rodikliams, o dvigubai didesnės koncentracijos anglies dioksidas (700 ppm) sąlygoja intensyvesnę ridikėlių augimą, fotosintezės produktyvumą. Didėjant anglies dioksido kiekiui ir kylant aplinkos temperatūrai, dėl besikeičiančio kvėpavimo ir fotosintezės procesų santykio sumažėja didesnės koncentracijos anglies dioksido sąlygojamas poveikis ridikėlių fiziologiniams ir morfologiniams procesams.

Padėka. Už tyrimams atlikti suteiktą finansinę paramą dėkojame Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijų fondui.

*Gauta 2009 11 11
Parengta spausdinti 2009 12 01*

Literatūra

1. Baxter R., Ashenden T. W., Sparks T. H., Farrar J. F. 1994. Effects of elevated carbon dioxide on three montane species. I. Growth and dry matter partitioning. *Journal of Experimental Botany*, 45: 305–315.
2. Boyer J. S. 1982. Plant productivity and environment. *Science*, 218: 443–448.
3. Bowes G. 1996. Photosynthetic responses to changing atmospheric carbon dioxide concentration. In: N. R. Baker (ed.), *Photosynthesis and Environment*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 387–407.
4. Fuhrer J. 2003. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 97: 1–20.
5. Hardy J. T. 2003. *Climate Change: Causes, Effects and Solutions*. John Wiley & Sons, England.
6. IPCC. 2001. A report of working group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.icpp.ch>
7. Ishizaki S., Hikosaka K., Hirose T. 2003. Increase in leaf mass per area benefits plant growth at elevated CO₂ concentration. *Annals of Botany*, 91(7): 905–914.
8. Kirschbaum M. U. F. 2004. Direct and indirect climate change effects on photosynthesis and transpiration. *Plant Biology*, 6: 242–253.
9. Lobell D. B., Asner G. P. 2003. Climate and management contributions to recent trends in US agricultural yields. *Science*, 299(5 609): 1 032.
10. Long S. P., Ainsworth E. A., Rogers A., Ort D. R. 2004. Rising atmospheric carbon dioxide: plants FACE the future. *Annual Review of Plant Biology*, 55: 591–628.
11. Morison J. I. L., Lawlor D. W. 1999. Interactions between increasing CO₂ concentration and temperature on plant growth. *Plant, Cell and Environment*, 22: 659–682.
12. Poorter H., Pérez-Soba M. 2002. Plant growth at elevated CO₂. The earth system: biological and ecological dimensions of global environmental change. *Encyclopaedia of Global Environmental Change*, 489–496.
13. Poorter H., van Berkel Y., Baxter B., Bel M., Den Hertog J., Dijkstra P., Gifford R. M., Griffin K. L., Roumet C., Wong S. C. 1997. The effect of elevated CO₂ on the chemical composition and construction costs of leaves of 27 C₃ species. *Plant, Cell and Environment*, 20: 472–482.
14. Prentice I., Farquhar G., Fasham M., Goulden M., Heinmann M. 2001. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. In: J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J., van der Linden et al. (eds.), *Climate Change 2001: The Scientific basis. Contribution of Working group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 183–238.
15. Šlapkauskas V., Duchovskis P. 2008. Augalų produktyvumas. *Akademija, Kauno r.*

16. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė, taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. Akademija, Kėdainių r.
17. Usuda H. 2006. Effects of elevated CO₂ on the capacity for photosynthesis of a single leaf and a whole plant, and on growth in a radish. *Plant and Cell Physiology*, 47(2): 262–269.
18. Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В. 2003. Большой практикум по фотосинтезу. Академия, Москва.

SODININKYSTĖ IR DARŽININKYSTĖ. SCIENTIFIC ARTICLES. 2009. 28(4).

Impact of climate change factors on radish growth and photosynthetic pigments

**J. Sakalauskaitė, A. Brazaitytė, S. Sakalauskienė, A. Urbonavičiūtė,
G. Samuolienė, G. Šabajevienė, P. Duchovskis**

Summary

Research was carried out in growth chambers of controlled environment at Laboratory of Plant Physiology, Lithuanian Institute of Horticulture. There was investigated differential and integrated impact of rising temperature and elevated carbon dioxide on radish plants (*Raphanus sativus* L.), cv. 'Žara'. This investigation followed the main predicted climate change model (IPCC, 2001), which predicts that atmospheric CO₂ concentration is projected to double (700 ppm) by the middle to late 21st century and air temperature is likely to increase meanly by 4 °C in our latitude. Imitating the climate change conditions, it was determined that increased temperature, elevated carbon dioxide and integrated their impact had no essential impact on photosynthetic pigment content in radish leaves as compared to plants grown under present environment conditions (350 ppm CO₂, T – 21 °C/14 °C day/night). Higher temperature had no essential effect on radish morphological indices. Double concentration of carbon dioxide (700 ppm) determines the more intense radish rhizocarp growth, accumulation of biomass and induced photosynthetic productivity as compared to plants grown under present environment conditions. Integrated increase in CO₂ concentration and temperature reduces the positive effect of sole CO₂ on radish physiological and morphological processes due to the alterations in the ratio of respiration and photosynthesis.

Key words: radish (*Raphanus sativus* L.), carbon dioxide (CO₂), temperature, photosynthesis, morphological indices.