

## Trąšų poveikis *Hordeum sativum* L. ir *Panicum miliaceum* L. fotosintezės rodiklių pokyčiams esant sausros stresui

Jovita Kunigiškytė, Irena Januškaitienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Šiuo darbu buvo siekta nustatyti trąšų poveikį vasarinio miežio (*Hordeum sativum* L.) ir paprastosios soros (*Panicum miliaceum* L.) fotosintezės rodiklių pokyčiams esant sausros stresui. Buvo paruošti keturi skirtingi tyrimo variantai: augalai auginti tik neutralizuotos durpės substrate, substratą papildant atitinkamai organinėmis, mineralinėmis trąšomis bei naudotos purškiamos lapų trąšos. Praėjus 23 dienoms nuo augalų sudygimo, pusę eksperimento variantų nustoti laistyti, pradėtas sausros poveikis, kuris truko 10 dienų. Eksperimento pabaigoje nešiojamu fotosintezės intensyvumu matavimo įrenginiu išmatuoti fotosintezės rodikliai. C<sub>3</sub> fotosintezės tipui priskiriamas *Hordeum sativum* L. ir C<sub>4</sub> tipui priskiriama *Panicum miliaceum* L. esant skirtingam tręšimui į sausros poveikį reagavo iš esmės skirtingai. Naudojant trąšas sausros streso sąlygomis abi augalų rūšys pasižymėjo intensyvesne fotosinteze nei augalai auginti tik durpėje ( $p < 0,05$ ), išskyrus miežius tręštus mineralinėmis trąšomis ( $p > 0,05$ ), tačiau sausra miežių fotosintezę slopino stipriau nei sorų. Patręšti miežiai esant sausras pasižymėjo didesniu transpiracijos sumažėjimu nei auginti be trąšų, tuo tarpu soros atvirkščiai. Lyginant su kontrole ( $p < 0,05$ ), mažiausi 41 % ir 15,7 % transpiracijos pokyčiai miežiuose ir sorose atitinkamai pastebėti naudojant purškiamas lapų trąšas. Sausra taip pat reikšmingai sumažino viduląstelinį CO<sub>2</sub> kiekį augaluose. Miežiuose augintuose durpėje (be trąšų) viduląstelinis CO<sub>2</sub> kiekis dėl sausros poveikio reikšmingai padidėjo, lyginant su kontroliniais augalais (13,6 %,  $p < 0,05$ ), o sorose – sumažėjo 40,5 %. Netręštų miežių vandens naudojimo efektyvumas dėl sausros poveikio sumažėjo 24,2 %, o sorų padidėjo 61,5 %, lyginant su kontroliniais augalais ( $p < 0,05$ ). Tuo tarpu tręštų miežių ir sorų vandens naudojimo efektyvumas reikšmingai didėjo esant skirtingoms trąšoms nuo 3,8 % iki 43,5 %, ir nuo 16 % iki 23 % atitinkamai.

*Sausra, trąšos, fotosintezė, Hordeum sativum L., Panicum miliaceum L.*

### Įvadas

Sausra yra vienas iš labiausiai augalų produktyvumą ribojančių veiksnių visame pasaulyje ir gali būti sąlygojamas tiek dirvožemio, tiek atmosferos vandens trūkumo, kurį lemia vykstantys klimato pokyčiai. (Ghonnun, 2009). Prognozuojama, kad iki 2050 metų sausra bus rimta problema, apimanti daugiau nei 50 % visų žemės ūkio naudmenų (Vurukonda et al., 2016).

Sausros streso sukelti efektai augaluose pasireiškia plačiame diapazone, nuo molekulinio iki morfologinio lygmens ir yra akivaizdūs visose augalo augimo fenologinėse stadijose (Farooq et al, 2009; Hamimi et al., 2016). Tačiau vandens trūkumo poveikis augalams priklauso nuo streso stiprumo laipsnio, taip pat augalo genetikos, kadangi morfologijos, anatomijos, medžiagų apykaitos skirtumai paprastai lemia skirtingą jų atsaką į stresoriaus poveikį (Hamim et al., 2016). Nors augalų augimas kontroliuojamas daugybės fiziologinių, biocheminių ir molekulinų procesų, tačiau fotosintezė yra pagrindinis procesas, kuris iš esmės lemia augalo vystymąsi ir augimą, nes fotosintezės metu pagaminta cheminė energija yra naudojama kitiems metabolizmo procesams (Ashraf, Harris, 2013). Priklausomai nuo anglies asimiliacijos mechanizmo aukštesniuose augaluose ir dumbliuose skiriami C<sub>3</sub> ir C<sub>4</sub> fotosintezės keliai (Sage, Stata, 2015).

Pradiniuose vandens trūkumo etapuose, kai santykinis vandens kiekis viršija 70 % CO<sub>2</sub> asimiliacijos greičio sumažėjimas siejamas su sumažėjusia viduląsteline CO<sub>2</sub> koncentracija, kuri sąlygojama sumažėjusio žiotelių laidumo. Esant tokioms sąlygoms, augalus vėl aprūpinus vandeniu minėtas fotosintezės slopinimas išnyksta ir maksimalus fotosintezės pajėgumas išlieka nepakitęs. Tačiau jeigu sausros poveikis ilgesnis ir santykinis vandens kiekis tampa mažesnis nei 70 % iki streso buvęs fotosintezės pajėgumas paprastai neatstatomas net ir augalus aprūpinus pakankamu vandens kiekiu (Ghannoum, 2009). Sausros stresas slopina fotosintezę dėl apribotos

CO<sub>2</sub> difuzijos į chloroplastus, sumažėjusio adenosino trifosfato (ATP) ir nikotinamido adenino dinukleotido fosfato (NADPH) naudojimo CO<sub>2</sub> asimiliacijai, susilpnėjusio elektronų transporto II fotosistemoje (PSII), taip pat šios sistemos ir šviesą absorbuojančių kompleksų struktūrinių pažeidimų, chlorofilo sintezės, chloroplastų struktūrinių bei funkcinių pokyčių, suintensyvėjusio kvėpavimo (Hura et al., 2007; Nouri et al., 2015), perteklinės šviesos eikvojimo aktyvių deguonies junginių gamybai (Nayyar, Gupta, 2006).

Dirvožemiai yra natūralūs maistinių medžiagų rezervai, tačiau šie rezervai dažniausiai pasireiškia augalams neprieinamomis maistinių medžiagų formomis arba tik labai nedidelė dalis būtinų maisto medžiagų gaunama kasmet biologinio aktyvumo ir cheminių procesų dirvožemyje metu. Todėl trąšos naudojamos siekiant papildyti maistinėmis medžiagomis dirvožemius, taip pat maistiniai elementai padeda palengvinti ir sumažinti įvairių stresorių poveikį (Chen et al., 2006; Waraich et al., 2011). Tyrimais nustatyta, kad maistiniai elementai yra svarbūs daugeliui augaluose esančių junginių, pavyzdžiui, fermentams, aminorūgštims, baltymams (Waraich et al., 2011), taip pat tręšimas teigiamai veikia dirvožemio būklę (padidėja organinės medžiagos kiekis, poringumas, vandens sulaikymo geba, sumažėja tankumas) (Celik et al., 2010).

Todėl šio tyrimo tikslas buvo ištirti trąšų poveikį *Hordeum sativum* L. (C<sub>3</sub>) ir *Panicum miliaceum* L. (C<sub>4</sub>) fotosintezės rodiklių pokyčiams esant sausros stresui.

### Tyrimų metodai

Tiriamieji trąšų poveikį vasariniam miežiui (*Hordeum sativum* L.) ir paprastajai sorai (*Panicum miliaceum* L.) esant sausros stresui tyrimai buvo atlikti VDU Aplinkotyros katedros kontroliuojamos aplinkos fitokameroje.

Augalai buvo sėjami į 0,5 l talpos vegetacinius indus po 15 sėklų. Paruošti 4 skirtingi tyrimų variantai: augalai

auginti tik neutralizuotos durpės substrate, substratą sodinimo metu atitinkamai papildant „DCM“ organinėmis, „YaraMila complex“ mineralinėmis trąšomis, pakartotinai šiomis trąšomis tręšta praėjus 19 dienų, bei augalams išleidus du tikruosius lapelius naudotos „Aton AZ“ purškiamos trąšos, kuriomis pakartotinai tręšta praėjus po pirmo purškimo 4 dienoms, ir trečią kartą praėjus dar 8 dienoms. Trąšų normos pagal rekomendacijas perskaičiuotos vegetacinio indo tūriui. Fitokameroje, kurioje auginami augalai buvo palaikoma 70–80 % santykinis oro drėgnumas, 14 val. fotoperiodas ir 21/14 °C dienos/nakties temperatūra. Iš viso buvo 48 eksperimento variantai, skirtingoms trąšoms po 6 pakartojimus bei 6 pakartojimai auginami tik neutralizuotos durpės substrate. Po 23 auginimo dienų 50 % eksperimento tyrimo variantų nustoti laistyti, pradėtas sausros poveikis, kuris truko 10 dienų. Likusi dalis (kontrolė) laistomi reguliariai. Substrato drėgmės kiekis įvertintas eksperimento pabaigoje svėrimo metodu. Nustatyta, kad reguliariai laistytų augalų substrato drėgmė buvo 70–80 %, o esant sausros poveikiui, atitinkamai 50–60 %.

Eksperimento pabaigoje nešiojamu fotosintezės matavimo įrenginiu LI-6400 (LI-COR, JAV) išmatuota fotosintezės intensyvumas ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiracija ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), viduląstelinis  $\text{CO}_2$  kiekis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol oro}^{-1}$ ), vandens naudojimo efektyvumas ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$ ). Rodikliams išmatuoti buvo pasirinkta po tris pilnai išsivysčiusius, vienodo amžiaus (3-io nuo apačios lapo) augalų lapelius, ir iš kiekvieno eksperimento varianto įrenginys 5 minutes kas 3 sekundės fiksavo šių rodiklių vertes. Iš gautų kiekvieno rodiklio duomenų skaičiuotas momentinis fotosintezės rodiklių vidurkis. Rodiklių matavimų metu vidutinė lapo temperatūra buvo apie 23 °C, vidutinis lapo apšviestumas kvantais svyravo 130–150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , oro srauto greitis – 400  $\mu\text{mol s}^{-1}$ , anglies dioksido koncentracija bandinio kameroje buvo 420–430  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ .

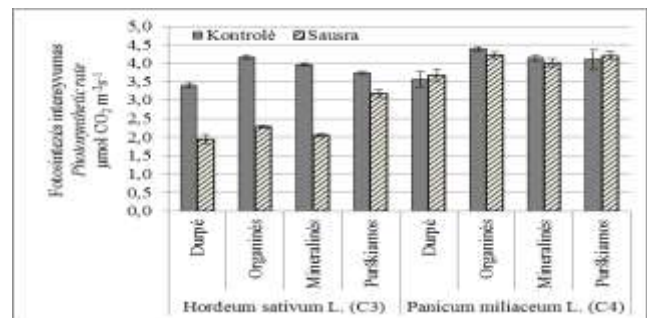
Matematinei duomenų analizei, grafiniam rezultatų pateikimui buvo naudojami „STATISTICA“ ir „EXCEL“ programiniai paketai. Variantų palyginimui skaičiuota Student'o t-kriterijaus  $p$  reikšmė.

## Rezultatai

1 paveiksle pateikta skirtingų trąšų poveikis miežių ir sorų fotosintezės intensyvumui esant sausros poveikiui. Nustatyta, kad sausra statistiškai reikšmingai sumažino miežių fotosintezės intensyvumą visuose tyrimo variantuose lyginant su kontrole, tačiau trąšos turėjo teigiamą poveikį, kadangi sausros sąlygomis patreštuose miežiuose fotosintezė buvo gerokai intensyvesnė nei netreštuose ( $p < 0,05$ ), išskyrus mineralinių trąšų atveju ( $p > 0,05$ ). Mažiausias fotosintezės intensyvumo slopinimas pastebėtas naudojant purškiamas trąšas lyginant su kontrole (15 %,  $p < 0,05$ ). Sorose sausra nors ir nežymiai, bet reikšmingai fotosintezę slopino tik organinių trąšų atveju lyginant su kontrole (3,8 %,  $p < 0,05$ ). Kaip ir miežiai, patreštos soros esant sausros stresui pasižymėjo intensyvesne fotosinteze nei augintos tik durpėje ( $p < 0,05$ ).

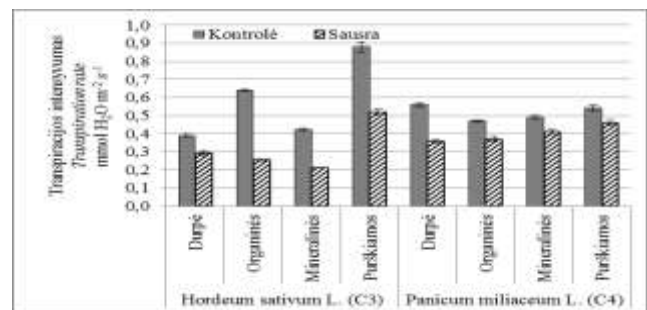
Trąšų poveikis transpiracijos intensyvumo pokyčiams miežiuose ir sorose esant sausros poveikiui pateikta 2 paveiksle. Abiejų rūšių augaluose sausra reikšmingai

slopino transpiracijos intensyvumą visuose tyrimo variantuose lyginant su kontrole ( $p < 0,05$ ). Pastebėta, kad patrešti miežiai esant sausrai pasižymėjo didesniu transpiracijos sumažėjimu nei auginti be trąšų. Tačiau intensyviausia transpiracija vyko naudojant purškiamas trąšas, taip pat šių trąšų atveju transpiracijos pokytis dėl sausros streso buvo 41 % mažesnis lyginant su kontrole. Tuo tarpu esant sausros poveikiui patreštos soros pasižymėjo intensyvesne transpiracija nei netreštos ( $p < 0,05$ ), taip pat transpiracijos pokyčiai buvo gerokai mažesni lyginant su netreštais augalais. Efektyviausios sausros poveikyje buvo taip pat purškiamos lapų trąšos, kadangi tręšiant šiomis trąšomis pastebėtas mažiausias transpiracijos slopinimas lyginant su kontrole (15,7 %).



1 pav. Trąšų poveikis vasarinio miežio (*Hordeum sativum* L.) ir paprastosios soros (*Panicum miliaceum* L.) fotosintezės intensyvumui esant sausros stresui (vidurkis  $\pm$   $PI_{0,05}$ )

Fig. 1. The impact of fertilizers on photosynthetic rate of barley (*Hordeum sativum* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.) under the impact of drought stress (means  $\pm$   $CI_{0,05}$ )



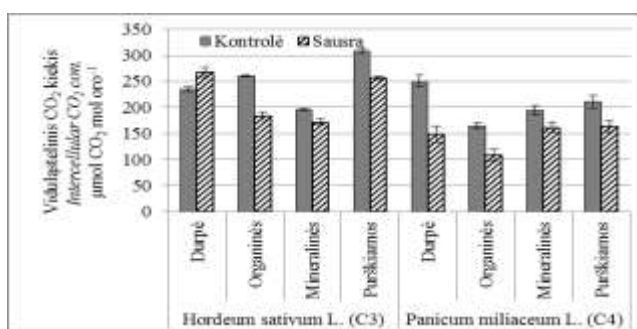
2 pav. Trąšų poveikis vasarinio miežio (*Hordeum sativum* L.) ir paprastosios soros (*Panicum miliaceum* L.) transpiracijos intensyvumui esant sausros stresui (vidurkis  $\pm$   $PI_{0,05}$ )

Fig. 2. The impact of fertilizers on transpiration rate of barley (*Hordeum sativum* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.) under the impact of drought stress (means  $\pm$   $CI_{0,05}$ )

3 paveiksle pateikta trąšų poveikis viduląstelinio  $\text{CO}_2$  kiekiui miežiuose ir sorose esant sausros stresui. Gauti rezultatai rodo, kad tręštuose miežiuose sausra reikšmingai sumažino viduląstelinį  $\text{CO}_2$  kiekį, o augintuose tik durpėje viduląstelinis  $\text{CO}_2$  kiekis reikšmingai padidėjo lyginant su kontrole (13,6 %,  $p < 0,05$ ). Efektyviausios esant sausros poveikiui buvo mineralinės trąšos, kadangi tręšiant šiomis trąšomis nustatytas mažiausias viduląstelinio  $\text{CO}_2$  kiekio sumažėjimas lyginant su kontrole (14,1 %,  $p < 0,05$ ). Tuo tarpu sorose viduląstelinis  $\text{CO}_2$  kiekis sausros poveikyje visuose tyrimo variantuose buvo reikšmingai mažesnis lyginant su kontrole ( $p < 0,05$ ). Tačiau priešingai nei miežiuose, vertinant trąšų efektyvumą sausros sąlygomis

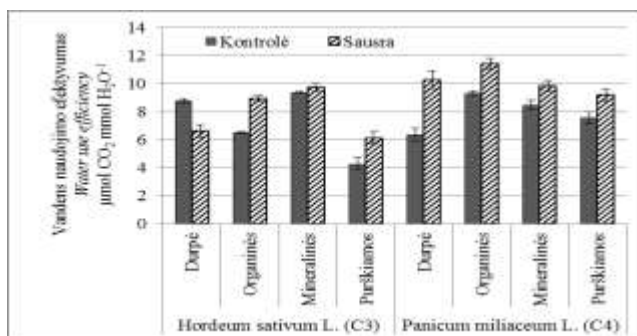
netręstose sorose viduląstelinio CO<sub>2</sub> kiekis sumažėjo stipriausiai (40,5 %), kuomet tręštų augalų viduląstelinis CO<sub>2</sub> kiekis sumažėjo daugiausiai iki 29,3 %. Mažiausi nuostoliai pastebėti mineralinių trąšų atveju lyginant su kontrole (12,3 %,  $p < 0,05$ ).

Trąšų poveikis vandens naudojimo efektyvumui (VNE) miežiuose ir sorose sausras streso sąlygomis pateikta 4 paveiksle. Nustatyta, kad patręštuose miežiuose esant sausras vandens naudojimo efektyvumas padidėjo nuo 3,8 % iki 43,5 %, o be trąšų, atitinkamai, 24,2 % sumažėjo lyginant su kontrole ( $p < 0,05$ ). Labiausiai VNE sausras poveikyje išaugo naudojant purškiamas lapų trąšas (43,5 %). Patręstose sorose esant sausras VNE taip pat padidėjo 16–23 % lyginant su kontrole ( $p < 0,05$ ). Tačiau be trąšų augintos soros pasižymėjo dar didesniu VNE esant sausras lyginant su kontrole (61,5 %,  $p < 0,05$ ).



3 pav. Trąšų poveikis vasarinio miežio (*Hordeum sativum* L.) ir paprastosios soros (*Panicum miliaceum* L.) viduląstelinio CO<sub>2</sub> kiekiui esant sausras stresui (vidurkis ± PI<sub>0,05</sub>)

Fig. 3. The impact of fertilizers on intercellular CO<sub>2</sub> concentration of barley (*Hordeum sativum* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.) under the impact of drought stress (means ± CI<sub>0,05</sub>)



4 pav. Trąšų poveikis vasarinio miežio (*Hordeum sativum* L.) ir paprastosios soros (*Panicum miliaceum* L.) vandens naudojimo efektyvumui esant sausras stresui (vidurkis ± PI<sub>0,05</sub>)

Fig. 4. The impact of fertilizers on water use efficiency of barley (*Hordeum sativum* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.) under the impact of drought stress (means ± CI<sub>0,05</sub>)

## Aptarimas

Vandens trūkumo sukeltas stresas laikomas labiausiai augalų produktyvumą apribojančiu abiotiniu veiksnium, o fotosintezė yra viena iš svarbiausių fotocheminių reakcijų augaluose, kurios metu absorbuota saulės šviesos energija yra paverčiama į biologinę energiją. Fotosintezės efektyvumas augaluose lemia galutinę produkciją (Farooq et al., 2009; Nouri et al., 2015). Augalai evoliucijos eigoje išvystė įvairius prisitaikymo mechanizmus, leidžiančius išgyventi esant nepalankioms sąlygoms. Tačiau maistinių

medžiagų kiekis atlieka svarbų vaidmenį augalų prisitaikyme prie streso, maistiniai elementai naudojami antioksidantų sintezei, gerina šaknų sistemos augimą, kuri palengvina vandens pasisavinimą iš gilesnių sluoksnių bei didesnio paviršiaus ploto, taip pat prisideda prie efektyvesnio žiotelių reguliavimo ir kt. (Waraich et al., 2011).

Sausra priskiriama grupei stresorių, kurie turi poveikį dujų mainų charakteristikoms ir tokiu būdu daro įtaką bendram fotosintezės pajėgumui (Ashraf, Harris, 2013). Pirmasis atsakas į vandens trūkumą yra žiotelių uždarymas, kuris sumažina vandens netekimą dėl transpiracijos ir tuo pačiu apriboja CO<sub>2</sub> difuziją, todėl sumažėja viduląstelinė CO<sub>2</sub> koncentracija (Ghannoum, 2009; Farooq et al., 2009). Tačiau teigiama, kad tarpląstelinė CO<sub>2</sub> koncentracija sumažėja tik pradinėse vandens trūkumo streso fazėse. Vėlesniuose sausras streso etapuose dažnai pastebima, kad tarpląstelinė CO<sub>2</sub> koncentracija padidėja, kadangi sumažėja CO<sub>2</sub> asimiliacijos greitis (Ghannoum, 2009). Šio tyrimo metu pastebėta, kad dehidratacija reikšmingai slopino transpiraciją, mažino viduląstelinį CO<sub>2</sub> kiekį, taip pat slopino fotosintezę, tačiau naudojant trąšas dažniausiai nustatyti mažesni minėtų rodiklių pokyčiai. Taip pat soros, kurios priskiriamos C<sub>4</sub> fotosintezės tipui daugelio rodiklių atžvilgiu buvo atsparesnės nei miežiai, priklausantys C<sub>3</sub> tipo augalams. C<sub>4</sub> augalų atsparesni sausras lyginant su C<sub>3</sub> dėl to, kad šie augalai pasižymi anglies koncentravimo mechanizmu, leidžiančiu sukcentruoti apie 12–20 kartų daugiau CO<sub>2</sub> ir tokiu būdu apriboti fotokvėpavimą dėl žiotelių uždarymo (Ashraf, Harris, 2013). Taip pat tyrimo metu nustatyta, kad sausras poveikyje padidėjo vandens naudojimo efektyvumas, tačiau soros pasižymėjo aukštesnėmis šio rodiklio vertėmis nei miežiai. Vandens naudojimo efektyvumo padidėjimas esant sausras siejamas su žiotelių užsivėrimo sukeltu transpiracijos slopinimu. C<sub>4</sub> augalai pasižymi didesniu vandens naudojimo efektyvumu lyginant su C<sub>3</sub> augalais dėl to, kad juose esantis anglies koncentravimo mechanizmas neapriboja fotosintezės dėl CO<sub>2</sub> difuzijos. Tai sudaro sąlygas maksimaliai fotosintezei vykti esant mažesniai žiotelių laidumui nei C<sub>3</sub> rūšyse (Ripley et al., 2007; Farooq et al., 2009).

Fotosintezės rodiklių atveju efektyviausios buvo purškiamos lapų trąšos. Tai galima paaiškinti tuo, jog sausras sukeltas transpiracijos slopinimas apriboja maistinių medžiagų pasisavinimą šaknimis, sutrikdo medžiagų transportavimą augaluose. Purškiamų lapų trąšų efektyvumas pasireiškia tuo, kad maistinės medžiagos nukreipiamos tiesiogiai į lapus ir greičiau absorbuojamos (Hu et al., 2008).

## Išvados

1. Abiem tirtoms augalų rūšims trąšos turėjo teigiamą poveikį esant sausras stresui, kadangi patręšti augalai pasižymėjo intensyvesne fotosinteze lyginant su netręštais ( $p < 0,05$ ). Miežių fotosintezė buvo jautresnė sausras nei sorų.

2. Abiejų tirtų rūšių augaluose sausra reikšmingai slopino transpiracijos intensyvumą lyginant su kontrole ( $p < 0,05$ ). Tačiau patręštų miežių transpiracijos pokyčiai buvo didesni esant sausras nei augintų be trąšų, o sorose –

priešingai. Efektyviausios buvo purškiamos lapų trąšos, kuomet nustatyti mažiausi transpiracijos pokyčiai esant sausras lyginant su kontrole (41 % miežiuose ir 15,7 % sorose).

4. Patręšti miežiai pasižymėjo reikšmingai didesniu vandens naudojimo efektyvumu sausros poveikyje nei netręšti, o didžiausias VNE nustatytas dėl mineralinių trąšų poveikio. Tuo tarpu sausra veiktų sorų VNE visuose tręšimo variantuose reikšmingai didėjo ( $p < 0,05$ ), lyginant su kontrole.

5. Remiantis gautais rezultatais, galima teigti, kad tirtos trąšos darė teigiamą įtaką dėl sausros poveikio sumažėjusiems fotosintezės rodikliams, be to tirtos trąšos galėtų pagerinti augalų augimą sausros sąlygomis.

#### Literatūra

- ASHRAF M., HARRIS P.J.C. Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica*, 2013, 51 (2), p. 163–190.
- CELIK I. GUANAL H., BUDAK M., AKPINAR C. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. *Geoderma*, 2010, Vol. 160, Iss. 2, p. 236–243.
- CHEN J. The combined of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *Food and Fertilizer Technology Center*, 2006, 174, p. 1–11.
- FAROOQ M., WAHID A., KOBAYASHI N., FUJITA D., BASRA S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable Agriculture*, 2009, 29, p. 185–212.
- GHANNOUM O. C<sub>4</sub> photosynthesis and water stress. *Annals of Botany*, 2009, 103(4), p. 635–644.
- HAMIM H., BANIN S., DORLY D. 2016. Comparison of physiological and anatomical changes of C<sub>3</sub> (*Oryza sativa* L.) and C<sub>4</sub> (*Echinochloa crusgalli* L.) leaves in response to drought stress. *Earth and Environmental Science*, 2016, 31, doi:10.1088/1755-1315/31/1/012040.
- HU Y., BURUCS Z., SCHMIDHALTER U. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. *Soil Science and Plants Nutrition*, 2008, Vol. 54, Iss. 1, p. 133–141.
- HURA T., HURA K., GRZESIAK M. RZEPKA A. Effect of long-term drought stress on leaf gas exchange and fluorescence parameters in C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2007, 29(2), p. 103–113.
- NAYYAR H., GUPTA D. Differential sensitivity of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. *Environmental and Experimental Botany*, 2006, Vol. 58, Iss. 1–3, p. 106–113.
- NOURI M.Z., MOUMENI A., KOMATSU S. Abiotic Stresses: Insight into Gene Regulation and protein Expression in Photosynthetic Pathways of Plants. *International Journal of Molecular Science*, 2015, 16(9), p. 20392–20416.
- SAGE R.F., STATA M. Photosynthetic diversity meets biodiversity: The C<sub>4</sub> plant example. *Journal of Plant Physiology*, 2015, Vol. 172, p. 104–119.
- VURUKONDA P.K.S.S., VARDHARAJULA S., SHRIVASTAVA M., SKZ A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiology Research*, 2016, Vol. 184, p. 13–24.
- WARAICH E.A., AHMAD R., SAIFULLAH, ASHRAF M.Y., EHSANULLAH. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. *Australian Journal of Crop Science*, 2011, 5(6), p. 764–777.

Jovita Kunigiškytė, Irena Januškaitienė

#### The impact of fertilizers on the changes of photosynthesis parameters of *Hordeum sativum* L. and *Panicum miliaceum* L. under drought stress

##### Summary

The aim of this work was to investigate the impact of fertilizers on the changes of photosynthetic parameters of *Hordeum sativum* L. and *Panicum miliaceum* L. under the impact of drought stress. There were prepared four different plant cultivation variants: plants were grown only in neutralized peat substrate, in substrate supplemented with organic or mineral fertilizer, as well as by using spray fertilizer on the leaves. After 23 days of cultivation, half of the treatment variants were stopped to water and drought impact was started which lasted 10 days. At the end of the experiment, photosynthetic parameters were measured using a portable photosynthesis measuring device. To C<sub>3</sub> photosynthesis type ascribable *Hordeum sativum* L. and to C<sub>4</sub> type ascribable *Panicum miliaceum* L. responded significantly differently to the impact of drought. Under drought conditions the photosynthesis of both fertilized plant species was more intensive than plants cultivated only in peat ( $p < 0,05$ ), with an exception of barley fertilized with mineral fertilizer ( $p > 0,05$ ). And drought inhibited photosynthesis of barley stronger than of millet. During the drought, fertilized barley had higher transpiration decrease than the ones cultivated without any fertilizer. However, millets showed the opposite results. Compared to control ( $p < 0,05$ ), the lowest 41 % and 15,7 % transpiration changes in barley and millet respectively were observed by using spray fertilizer. Drought also significantly reduced intercellular concentration of CO<sub>2</sub> in plants leaves. In barley cultivated in peat (no fertilizer) the intercellular CO<sub>2</sub> concentration under drought stress increased by 13,6 % significantly ( $p < 0,05$ ) compared to control, while in millet it decreased by 40,5 % ( $p < 0,05$ ). In barley cultivated without fertilizers the water use efficiency under drought stress decreased by 24,2 % and in millet increased by 61,5 %, compared to control ( $p < 0,05$ ). While in fertilized barley and millet the water use efficiency under drought stress increased both significantly under different fertilization from 3,8 % to 43,5 %, and from 16 % to 23 % respectively.

*Drought, fertilizers, photosynthesis, Hordeum sativum* L., *Panicum miliaceum* L.

Gauta 2017 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2017 m. balandžio mėn.

**Jovita KUNIGIŠKYTĖ.** Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros katedros magistrantė. Adresas: Vileikos g. 8-125, LT-44404 Kaunas. Tel./Fax. (8 37) 327 904, el. paštas: [jovitaa00@gmail.com](mailto:jovitaa00@gmail.com)

**Jovita KUNIGIŠKYTĖ.** Vytautas Magnus University, Faculty of Natural sciences, Department of Environmental sciences, master degree student. Address: Vileikos str. 8-125, LT-44404 Kaunas. Tel./Fax. (8 37) 327 904, e-mail: [jovitaa00@gmail.com](mailto:jovitaa00@gmail.com)

**Irena JANUŠKAITIENĖ.** 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](mailto:I.Januskaitiene@gmf.vdu.lt)

**Irena JANUŠKAITIENĖ.** 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](mailto:I.Januskaitiene@gmf.vdu.lt)