

SAUSROS STRESO IR SALICILO RŪGŠTIES POVEIKIS BAZILIKAMS (*OCIMUM BASILICUM*) IR MĖTOMS (*MENTHA X PIPERITA* IR *MENTHA ROTUNDIFOLIA*)

Viktorija JUŠKIENĖ, Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas, el. paštas:
viktorija.juskiene@vdu.lt

Aušra BLINSTRUBIENĖ, Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas, el. paštas:
ausra.blinstrubiene@vdu.lt

Santrauka

Sausros stresas yra vienas iš pagrindinių augalų auginimą apribojančių veiksnių, vis dažniau pasireiškiantis kintančio klimato sąlygomis. Šiame tyrime buvo nustomas sausras ir salicilo rūgštis, kaip atsparumą saurai didinančio preparato, poveikis šešioms kvapiųjų bazilikų (*Ocimum basilicum*) veislėms 'Palla Compacto', 'Italiano Classico', 'Dark Opal', 'Thai', 'Purple Opal', 'Fina verde', apskritalapės mėtos (*Mentha rotundifolia*) ir pipirmėtės (*Mentha x piperita*). Eksperimento metu tirti augalai buvo purškiami 0,75 mM ir 1,5 mM salicilo rūgštis vandeniniais tirpalais ir jiems sukeltas sausras stresas. Tyrimo metu nustatytas chlorofilo *a*, chlorofilo *b* ir bendro fenolinių junginių kiekis. Nustatyta, kad sausra sumažino chlorofilo pigmentų kiekį, o salicilo rūgštis reikšmingai padidino fotosintezės pigmentų kiekį. Fenolių kiekį sausra ir salicilo rūgštis veikė skirtingai priklausomai nuo augalo rūšies ir veislės. Galima teigti, kad salicilo rūgštis daro teigiamą įtaką augalų atsparumui sausras sąlygomis, žymiai padidina fotosintezės pigmentų kiekį.

Reikšminiai žodžiai: bazilikai, mėtos, sausra, salicilo rūgštis, chlorofilas, fenoliai.

Įvadas

Prognozuojama, kad vis labiau pasireiškiant klimato kaitai, augalininkystė taps sudėtingesnė dėl didėjančio įvairių abiotinių veiksnių sukkelto neigiamo poveikio. Vienas iš šių abiotinių veiksnių – sausra. Ji yra pagrindinis augalų augimą ribojantis veiksnys. Tai kelia didžiulį susirūpinimą, ypač atsižvelgiant į dabartinius globalinio atšilimo scenarijus (Anderson et al., 2020). Sausros stresas padidina tirpių medžiagų koncentraciją dirvožemyje, tai nulemia osmosinį vandens srautą iš augalo ląstelės. Dėl to savo ruožtu padidėja tirpių medžiagų koncentracija augalų ląstelėse, taip sumažėja vandens potencialas ir sutrinka membranose vykstantys procesai, pavyzdžiui, fotosintezė. Laikinas ar nuolatinis sausras stresas slopina ne tik fotosintezės intensyvumą, bet ir maistinių medžiagų pasisavinimą, mažina augalų žaliosios masės augimą ir derlių (Kordi et al., 2013; Mažuolytė-Miškinė et al., 2014; Zulficar et al., 2021). Moksliniai tyrimai rodo, kad augalai turėjo stipresnę endogeninę gynybos atsaką į biotinius ir abiotinius streso veiksnus, kai buvo veikiami biostimuliantais (Mažuolytė-Miškinė et al., 2014), pavyzdžiui, salicilo rūgštimi (Senaratna et al., 2000).

Salicilo rūgštis yra įprastas augalų sintetinas fenolio junginys, veikiantis kaip augalų augimo reguliatorius. Literatūroje yra informacijos apie teigiamą salicilo rūgštis poveikį augalams, patiriantiems abiotinių veiksnių sukeltą stresą. Australų mokslininkai nustatė, kad pomidorų ir pupelių augaluose 0,1 mM ir 0,5 mM salicilo ir acetilsalicilo rūgštys slopina neigiamą karščio sausras bei žemos temperatūros streso įtaką (Senaratna et al., 2000). Įrodyta, kad salicilo rūgštis (sėklų mirkymas prieš sėją, drėkinimas arba purškimas salicilo rūgštis tirpalu) apsaugo įvairias augalų rūšis nuo abiotinio streso veiksnių, nes skatina procesus, susijusius su atsparumo stresui mechanizmais (Horváth et al., 2007).

Tyrimo tikslas – nustatyti sausras ir salicilo rūgštis poveikį bazilikams ir mėtomis.

Tiksliui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti sausras ir salicilo rūgštis poveikį fotosintezės pigmentų kiekiui;
2. Įvertinti sausras ir salicilo rūgštis poveikį fenolinių junginių kiekiui.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektas: kvapieji bazilikai (*Ocimum basilicum*) 'Palla Compacto', 'Italiano Classico', 'Dark Opal', 'Thai', 'Purple Opal', 'Fina verde', apskritalapės mėtos (*Mentha rotundifolia*) ir pipirmėtės (*Mentha x piperita*). Augalai auginti vazonuose neutralizuotų durpių pagrindu paruoštame substrate pastovioje 20°C temperatūroje ir esant 16/8 dienos / nakties režimui. Esant 6 tikriesiems lapeliams, augalai nupurkšti 0,75 mM ir 1,5 mM salicilo rūgštis tirpalu. Po 72

valandų nuo salicilo rūgšties panaudojimo tiriamiesiems augalams sukeltas sausros stresas, kuris išliko iki eksperimento pabaigos.

Chlorofilo a ir b kiekio nustatymas. Švieži lapai (0,2g) susmulkinti grūstuvėlėje, užpilta 10 ml 96 % etilo alkoholiu ir filtruota. Gauta perfiltruoto ekstrakto optinis tankis matuotas spektrofotometru esant 662 nm bangos ilgiui ir 644 nm bangos ilgiui. Chlorofilų koncentracija apskaičiuota pagal formules:

$$\text{Ch.a.} = (9,784(A_{662}) - 0,99(A_{644}));$$

$$\text{Ch.b.} = (21,426(A_{644}) - 4,650(A_{662}));$$

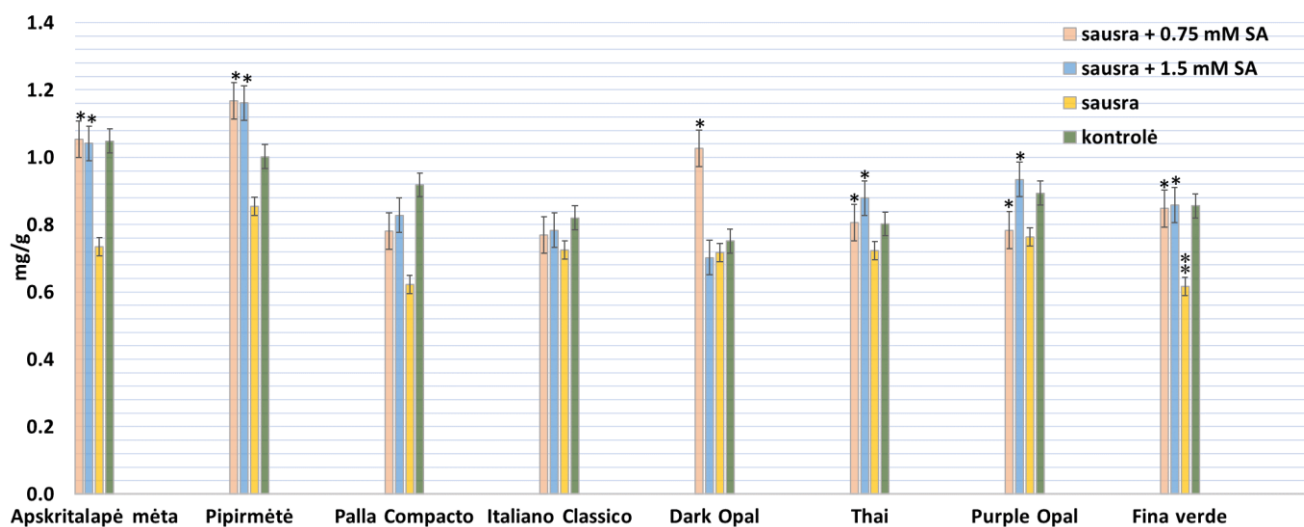
$$\text{Ch.a.} + \text{Ch.b.} = (5,134(A_{662}) + 20,436(A_{644})).$$

Bendras fenolių kiekio nustatymas. Bendram fenolio junginių kiekiui nustatyti naudotas Folin-Ciocalteu metodas (Skrypnik et al., 2019). 0,3 g sausos augalo masės užpilta 10 ml 96 % etilo alkoholiu, valandą maišyta magnetinėje maišyklėje ir filtruota. Mėgintuvėlis su 100 µl filtruoto augalų ekstrakto ir 300 µl 0,2 M Folin-Ciocalteu reagento inkubuotas 10 minučių kambario temperatūroje tamsoje. Po to, į mėgintuvėlį įpiltas 6 ml 6,75 % Na₂CO₃ tirpalas. Reakcijos mišinio absorbcija išmatuota po 30 min inkubavimo (kambario temperatūroje, tamsoje) esant 765 nm bangos ilgiui. Bendras fenolių junginių kiekis įvertintas naudojant kalibravimo kreivę su standartiniais galo rūgšties tirpalais. Rezultatai pateikti galo rūgšties ekvivalento (GAE) mg vienam gramui sausos masės.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Fotosintezė yra pagrindinis fiziologinis procesas, nulemiantis augalo vystymąsi ar jo reakciją į pasikeitusias aplinkos sąlygas, kuomet augale keičiasi fotosintezės pigmentų kiekis, augalų fotosintezės intensyvumas, augalų vystymasis ir derlingumas (Anjum et al., 2013).

Atliktame tyrime nustatytas fotosintezės pigmentų *chlorofilo a* (1 pav.) ir *chlorofilo b* (2 pav.) kiekis (mg/g žaliosios masės). Sausros sukeltas stresas statistiškai reikšmingai sumažino *chlorofilo a* ir *chlorofilo b* kieki 'Fina verde' veislės bazilikuose, o 'Palla Compacto' veislės bazilikuose statistiškai reikšmingas buvo tik *chlorofilo b* sumažėjimas lyginant su kontrolinio varianto augalais, kurie nebuvo veikiami sausra ar salicilo rūgštimi. 0,75 mM salicilo rūgšties panaudojimas statistiškai reikšmingai, lyginant tik su sausros poveikiu, padidino *chlorofilo a* ir *chlorofilo b* kieki apskritalapėse mėtose, pipirmėtėse, 'Dark Opal', 'Thai' ir 'Fina verde' veislių bazilikuose. 1,5 mM salicilo rūgšties preparatas reikšmingos įtakos turėjo apskritalapių mėtų ir 'Thai' veislės bazilikų abiejų tirtų chlorofilo pigmentų kieki padidėjimui, o pipirmėtėse ir 'Fina verde' veislės bazilikuose padidino tik *chlorofilo a* kiekį. 'Purple Opal' veislės bazilikuose abi naudotos salicilo rūgšties koncentracijos reikšmingai padidino tik *chlorofilo a* kiekį.

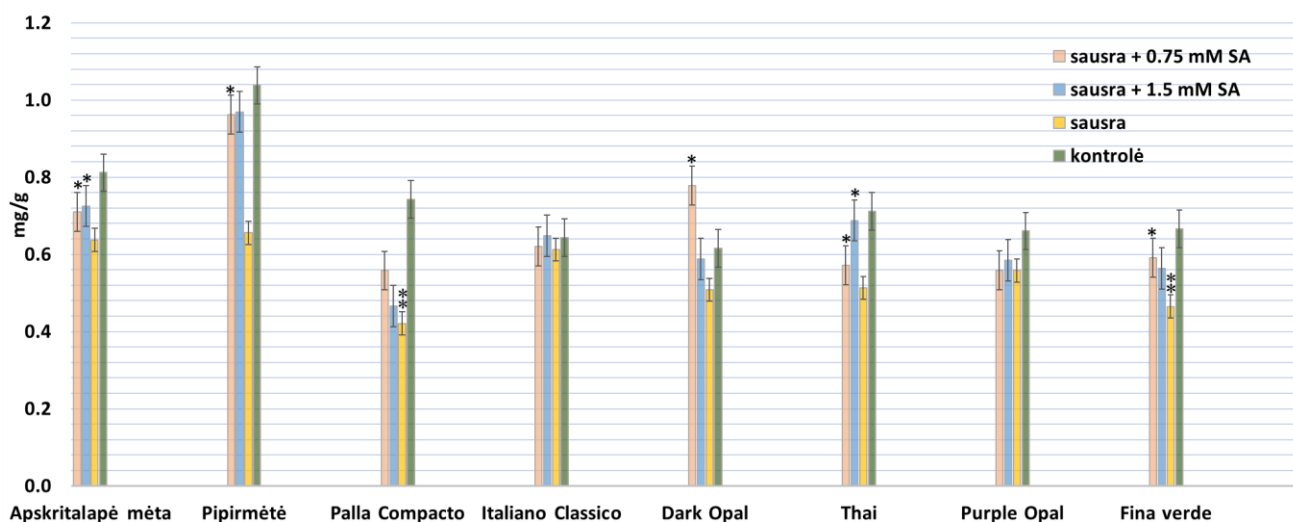


* - p<0,05 lyginant su tik sausros poveikiu; ** - p<0,05, lyginant su kontrole.

1 pav. Sausros ir salicilo rūgšties poveikis *chlorofilo a* kiekiui (mg/g).

Fig. 1. Effects of drought and salicylic acid on *chlorophyll a* content (mg/g)

Sausros streso sukeliama neigiama poveikį fotosintezės pigmentams įvairiuose augaluose yra pastebėję ir daugiau mokslininkų (Poormohammad Kiani et al., 2008; Terzi and Kadioglu, 2006). Imami ir kt. (2011), nustatė, kad salicilo rūgšties panaudojimas padidino chlorofilo pigmentų kiekį avinžirniuose po šalčio sukkelto streso. Be to, Khan su bendraautoriais (2003) nustatė, kad salicilo rūgštis padidino fotosintezės greitį kukurūzuose ir sojos pupelėse. Remiantis Schütz ir Fangmeier (2001) teorija, chlorofilo sumažėjimas dėl streso yra susijęs su intensyvesne reaktyviojo deguonies gamyba ląstelėse. Šie laisvieji deguonies radikalai sukelia peroksidaciją, dezintegraciją ir sumažina chlorofilo kiekį augaluose stresinėmis sąlygomis. Naudojant salicilo rūgštį reaktyvūs deguonies išstumiamas iš ląstelių, dėl to chlorofilo pigmentų kiekis augaluose padidėja.

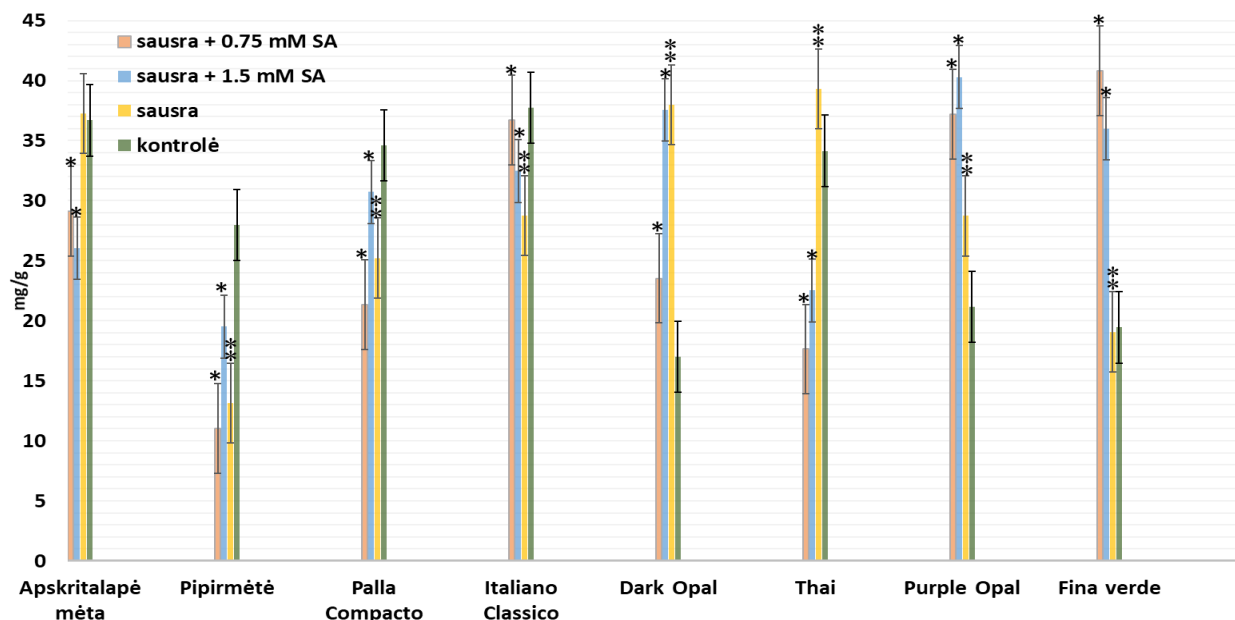


* - $p < 0,05$ lyginant su tik sausros poveikiu; * - $p < 0,05$, lyginant su kontrole.

2 pav. Sausros ir salicilo rūgšties poveikis *chlorofilo b* kiekiui (mg/g).

Fig. 2. Effects of drought and salicylic acid on *chlorophyll b* content (mg/g)

Fenoliniai junginiai – didžiausia natūralių antioksidantų grupė. Fenoliai augaluose gaminami kaip antriniai metabolitai ir jų dydis svyruoja nuo paprastų, mažos molekulinės masės (aromatinų žiedų) iki didelės molekulinės masės kompleksinių junginių. Atliekant tyrimą, nustatytas dviprasmiškas sausros poveikis. Pipirmėtėse, 'Palla Compacto', 'Italiano Classico', 'Fina verde' bazilikų veislėse buvo pastebėtas reikšmingas sausros poveikis sumažinant bendrą fenolinių junginių kiekį lyginant su kontrole. 'Dark Opal', 'Thai' ir 'Purple Opal' bazilikų veislėse atvirkščias rezultatas – sausros stresas reikšmingai padidino fenolinių junginių kiekį. Panaudotos 0,75 mM ir 1,5 mM salicilo rūgšties koncentracijos statistiškai reikšmingai dar labiau padidino fenolinių junginių kiekį 'Italiano Classico', 'Purple Opal' ir 'Fina verde' veislių bazilikuose. Pipirmėtėse ir 'Palla Compacto' veislės bazilikuose reikšmingą fenolių kiekio padidėjimą sukėlė tik 1,5 mM salicilo rūgšties tirpalo panaudojimas. Apskrintalapėse mėtose, 'Dark Opal' ir 'Thai' veislių bazilikuose, lyginant su sausros streso sąlygose augusiais augalais, matomas reikšmingas fenolinių junginių kiekio sumažėjimas, kurį sukėlė salicilo rūgštis.



* - $p < 0,05$ lyginant su tik sausros poveikiu; * - $p < 0,05$, lyginant su kontrole.

3 pav. Sausros ir salicilo rūgšties poveikis bendram fenolinių junginių kiekiui (mg/g).

Fig. 3. Effects of drought and salicylic acid on total phenolic compound content (mg/g)

Literatūroje aptikta taip pat skirtingų rezultatų, rodančių, kad dėl sausros streso fenolinių junginių koncentracija gali arba padidėti, arba sumažėti priklausomai nuo augalų rūšies (Gharibi et al., 2019; Sharma et al., 2019; Zulfiqar et al., 2000). Zulfiqar su bendraautoriais (2000) tyrė salicilo rūgšties ir trehalozės poveikį kvapiesiems bazilikams sausros

streso sąlygomis. Mokslininkų nustatė, kad sausros stresas turėjo didžiausią įtaką fenolinių junginių kiekio padidėjimui bazilikuose. Salicilo rūgšties ir sausros streso kombinacija turėjo daugiau įtakos fenolių kiekio padidėjimui nei tik salicilo rūgšties panaudojimas. Egipto tyrėjai taip pat nustatė, kad vien tik sausros poveikis reikšmingai padidino fenolių kiekį vaistinio čiobrelio augaluose (Khalil et al., 2018).

Išvados

1. Sausros stresas sumažino *chlorofilo a ir b* kiekį, o fenolių kiekį padidino 'Dark Opal', 'Thai' ir 'Purple Opal' veislių bazilikuose ir sumažino pipirmėtėse, 'Palla Compacto', 'Italiano Classico', 'Fina verde' veislių bazilikuose
2. Salicilo rūgšties panaudojimas reikšmingai padidino *chlorofilo a ir b* kiekį tirtuose augaluose, o fenolių kiekį padidino pipirmėtėse, 'Italiano Classico', 'Purple Opal', 'Fina verde', 'Palla Compacto' veislių bazilikuose ir sumažino apskritalapėse mėtose, 'Dark Opal' ir 'Thai' veislių bazilikuose.

Literatūra

1. Anderson, R., Bayer, P. E., Edwards, D. 2020. Climate change and the need for agricultural adaptation. *Current Opinion in Plant Biology*, Vol. 56, 197–202.
2. Anjum, S. A., Xue, L., Wang, L., Farrukh, M., Huang, C. 2013. Exogenous benzoic acid (BZA) treatment can induce drought tolerance in soybean plants by improving gas-exchange and chlorophyll contents 6.
3. Gharibi, S., Sayed Tabatabaei, B. E., Saeidi, G., Talebi, M., Matkowski, A. 2019. The effect of drought stress on polyphenolic compounds and expression of flavonoid biosynthesis related genes in *Achillea pachycephala* Rech.f. *Phytochemistry*, Vol. 162, p. 90–98.
4. Horváth, E., Szalai, G., Janda, T. 2007. Induction of Abiotic Stress Tolerance by Salicylic Acid Signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, Vol. 26, p. 290–300.
5. Imami, S., Jamshidi, S., Shahrokhi, S., 2011. Salicylic Acid Foliar and Soil Application Effect on Chickpea Resistance to Chilling Stress 5.
6. Khalil, N., Fekry, M., Bishr, M., El-Zalabani, S., Salama, O. 2018. Foliar spraying of salicylic acid induced accumulation of phenolics, increased radical scavenging activity and modified the composition of the essential oil of water stressed *Thymus vulgaris* L. *Plant Physiology and Biochemistry*, Vol. 123, p. 65–74.
7. Khan, W., Prithiviraj, B., Smith, D. L., 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*, Vol. 160, p. 485–492.
8. Kordi, S., Saidi, M., Ghanbari, F. 2013. Induction of Drought Tolerance in Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) by Salicylic Acid. *International Journal of Agriculture and Food*, Vol. 2.
9. Mažuolytė-Miškinė, E., Pranckietienė, I., Dromantienė, R., Pranckietis, V. 2014. Fotosintezės pigmentų dinamika vasariniuose miežiuose imitacinės sausros streso sąlygomis. *Žemės ūkio mokslai*, nr. 21. <https://doi.org/10.6001/zemesukiomokslai.v21i3.2966>
10. Poormohammad Kiani, S., Maury, P., Sarrafi, A., Grieu, P. 2008. QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. *Plant Science*, Vol. 175, p. 565–573. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.06.002>
11. Schütz, M., Fangmeier, A. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO₂ and water limitation. *Environmental Pollution*, Vol. 114, p. 187–194.
12. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., Dixon, K., 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants 6.
13. Sharma, A., Shahzad, B., Rehman, A., Bhardwaj, R., Landi, M., Zheng, B. 2019. Response of Phenylpropanoid Pathway and the Role of Polyphenols in Plants under Abiotic Stress. *Molecules*, Vol. 24, p. 2452.
14. Skrypnik, L., Novikova, A., Tokupova, E. 2019. Improvement of Phenolic Compounds, Essential Oil Content and Antioxidant Properties of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) Depending on Type and Concentration of Selenium Application. *Plants*, Vol. 8, ID 458.
15. Terzi, R., Kadioglu, A. 2006. Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system in *ctenanthe setosa* 8.
16. Zulfiqar, F., Chen, J., Finnegan, P. M., Younis, A., Nafees, M., Zorrig, W., Hamed, K. B., 2021. Application of Trehalose and Salicylic Acid Mitigates Drought Stress in Sweet Basil and Improves Plant Growth. *Plants*, Vol. 10, ID1078.

EFFECTS OF DROUGHT STRESS AND SALICYLIC ACID ON BASILS (*OCIMUM BASILICUM*) AND MINT (*MENTHA X PIPERITA* AND *MENTHA ROTUNDIFOLIA*)

Summary

Drought stress is one of the main constraints on crop production, increasingly occurring in a changing climate. In this study, the effects of drought and salicylic acid as a drought-increasing agent on six varieties of basil (*Ocimum basilicum*) 'Palla Compacto', 'Italiano Classico', 'Dark Opal', 'Thai', 'Purple Opal', 'Fina verde', mint (*Mentha rotundifolia*) and peppermint (*Mentha x piperita*). During the experiment, 0.75 mM and 1.5 mM salicylic acid were sprayed with

aqueous solutions and subjected to drought stress. *Chlorophyll a*, *chlorophyll b* and total phenolic compounds were determined in the study. The results obtained show that drought reduced the amount of chlorophyll pigments, and the salicylic acid used significantly increased the amount of photosynthetic pigments. Phenol levels were affected differently by drought and salicylic acid depending on plant type and variety. It can be argued that the use of salicylic acid has a positive effect on the resistance of plants to drought stress, in particular through an increase in the amount of photosynthetic pigments.

Keywords: Basil, mint, drought, salicylic acid, chlorophyll, phenols.