

Fotosintezės pigmentų dinamika vasariniuose miežiuose imitacinės sausros streso sąlygomis

Edita Mažuolytė-Miškinė,

Irena Pranckietienė,

Rūta Dromantienė,

Viktoras Pranckietis

*Aleksandro Stulginskio universitetas,
Studentų 11
LT-53361 Akademija, Kauno r.
El. paštas: emazuolyte@gmail.com;
irena.pranckietiene@asu.lt;
ruta.dromantiene@asu.lt;
viktoras.pranckietis@asu.lt*

Aleksandro Stulginskio universitete 2013 m. buvo atliktas vegetacinis lauko eksperimentas, kurio tikslas – įvertinti aminorūgščių poveikį vasarinių miežių lapų fotosintezės pigmentams esant skirtingam armens sluoksnio drėgmės režimui. Vasariniai miežiai (paprastojo miežio (*Hordeum vulgare* L.) veislė 'Aura') auginti lengvo priemolio tipingame pasotintame šlynžemyje (*Orthieutric* Gleysol). Po priedangomis vasariniai miežiai auginti 36 dienas, likusį vegetacijos periodą augo įprastinėmis, vietai būdingomis sąlygomis. Augalai purkšti 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 % koncentracijos aminorūgščių bei 1,5 % aminorūgščių su mikroelementais tirpalais, kai dirvožemio ariamojo sluoksnio drėgnis pasiekė 25,1, 23,4 ir 20,4 %.

Nustatyta, kad aminorūgščių efektyvumas fotosintezės pigmentų pokyčiams vasarinių miežių lapuose priklausė nuo dirvožemio armens drėgno. Esant dirvožemio armens drėgniui 25,1 ir 20,4 % – chlorofilo *a* kiekį, praėjus 7 dienoms po purškimo, didino 2,0 % aminorūgščių ir 1,5 % aminorūgščių su mikroelementais tirpalai. Chlorofilo *b* kiekį lapuose po 7 dienų esmingai veikė 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalas esant 25,1 % dirvožemio armens drėgniui, po 28 dienų – 1,5 % aminorūgščių su mikroelementais tirpalas. Teigiamas aminorūgščių poveikis karotinoidams nustatytas po priedangų nuėmimo, kai augalai tręsti esant 23,4 % dirvožemio armens drėgniui.

Raktažodžiai: aminorūgštys, fotosintezės pigmentai, paprastasis miežis (*Hordeum vulgare* L.), drėgmės trūkumas

ĮVADAS

Žemės ūkio augalų derlingumas labiausiai priklauso nuo vegetacijos laikotarpio terminų ir hidrologinių sąlygų, kurias lemia šilumos ir kritulių kiekis, jų pasiskirstymas, pasižymintis didele įvairove (Diršė, Taparauskienė, 2010). Drėgmės režimas turi lemiamą įtaką fotosintezės ir augalo vystymosi procesuose ir tai yra vienas pagrindinių derliaus formavimo veiksnių (Araus et al., 2004; Parida et al., 2007; Dias, Bruggemann, 2010). Vienas iš abiotinių veiksnių, veikiantis augalų augimą ir produktyvumą, yra vandens trūkumas (Qayyum et al., 2012; Zingaretti et al., 2013). Laikinas ar nuolatinis vandens trūkumas riboja augalų augimą, slopina fotosintezę ir derlių, labiau nei bet kuris kitas stresą sukkeliantis veiksnys (Ueda et al., 2003; Flexas et al., 2004;

Xiong et al., 2006; Fazeli et al., 2007; Šlapakauskas, Duchovskis, 2008; Shao et al., 2009; Singh, Reddy, 2011). G. Šabajevienė su kolegomis (2008), tirdama vasarinius miežius, nustatė, kad drėgmės deficitas iš esmės mažina augalų žaliosios masės augimą.

Mokslininkai pastebėjo, kad saulėgražos hibridų, augintų vandens streso sąlygomis, sausa masė sumažėjo (Shamim et al., 2009). Sausra – natūralus meteorologinis reiškinys. Tai Pasaulinės svarbos problema, kurios sprendimas užtikrintų žemės ūkio pasėlių išlikimą ir tvarią maisto produktų gamybą (Abdul et al., 2007; Nakayama et al., 2007). Lietuva pagal fizines geografines sąlygas priklauso perteklinio drėkinimo zonai, t. y. per metus kritulių iškrinta daugiau negu išgaruoja, todėl mūsų šalyje sausros nėra itin dažnas reiškinys. Tačiau įvairaus intensyvumo

ir trukmės sausros Lietuvą aplanko beveik kasmet (Valiukas, 2011). Pasikeitusios aplinkos sąlygos pirmiausiai turi įtakos augalų fotosintezės sistemai.

Fotosintezėje dalyvauja dvi pigmentų grupės – chlorofilai *a*, *b* ir karotinoidai (Anjum et al., 2013). Sausros stresas paprastai mažina bendrą chlorofilų kiekį (Terzi, Kadioglu, 2006; Kiani et al., 2008; Farooq et al., 2009), chlorofilų *a/b* santykį padidina (Ashraf et al., 2001). Mokslininkų atlikti tyrimai rodo, kad chlorofilų (*a+b*) ir karotinoidų santykis buvo linkęs mažėti, kai rozmarinus ir kukurūzus buvo paveikusi sausra (Munne-Bosch, Alegre, 2000; Mohammadkhani, Heidari, 2007).

Moksliniai tyrimai rodo, kad augalai, veikiami biostimuliantais, turėjo stipresnę endogeninę augalų gynybos atsaką į biotinius ir abiotinius streso veiksnius (Paradikovic et al., 2011). Siekiant optimalaus rezultato, biostimuliantus reikia tiksliai ir tinkamomis sąlygomis integruoti į augalų auginimo procesą (Latimer, Whipker, 2012).

Tyrimų tikslas – įvertinti aminorūgščių poveikį vasarinių miežių lapų fotosintezės pigmentams esant skirtingam armens sluoksnio drėgmės režimui.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Ekspertas atliktas 2013 m. lengvo priemolio tipingame pasotintame šlynžemyje (*Orthieutric* Gleysol). Dirvožemio ariamojo sluoksnio pH_{KCl} – 6,4, judriojo fosforo – 40 mg kg⁻¹, judriojo kalio – 59 mg kg⁻¹, mineralinio azoto – 9,3 mg kg⁻¹ dirvožemio. Eksperto laukeliai nuo kritulių uždengti polietilene priedanga, nuo paviršinės drėgmės apsaugoti ir izoliacinėmis juostomis. Dirvožemio ariamojo sluoksnio drėgnio vertė pateikta vidutinė, įvertinus dešimties vietų (taškų) drėgnį. Drėgnis matuotas Delta-T Devices dirvos drėgmės matuokliu HH2.

Eksperto schema: A veiksnys – skirtingų koncentracijų aminorūgštys, B veiksnys – dirvožemio armens drėgnis. Vasariniai miežiai imitacinės sausros (dirvožemio armens drėgnis 25,1–20,4 %) metu buvo: netręšti (kontrolė) ir purkšti vandeniu (200 l ha⁻¹); tręšti 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 % koncentracijos aminorūgščių bei 1,5 % aminorūgščių su mikroelementais (B, Mn, Zn) tirpalais. Šių koncentracijų aminorūgščių tirpalais (tirpalo kiekis – 200 l ha⁻¹) vasariniai miežiai purkšti BBCH 21–23 tarpsniu, kai dirvožemio ariamojo sluoksnio drėgnis

pasiekė 25,1 %; BBCH 26–29 (drėgnis – 23,4 %) ir BBCH 32–35 (drėgnis – 20,4 %), t. y. pirmasis augalų blokas (36 laukeliai) purkštas po 10 dienų, antrasis – 17 ir trečiasis – po 24 dienų uždengus priedangomis. Vasarinių miežių tręšimui naudotų aminorūgščių kokybinė sudėtis %: asparto (7,19), serino (7,09), glutamo (10,78), glicino (26,5), alanino (10,28), valino (2,4), metionino (0,9), izoleucino (2,1), leucino (4,89), tirozino (3,19), histidino (0,4), lizino (25) ir arginino (2,79), treonino (2,2), fenilalanino (3,29), hidroksiprolino (3,49), proli-no (10,48). Mikroelementų kokybinė sudėtis %: B (0,019), Mn (0,046), Zn (0,067).

Prieš vasarinių miežių sėją buvo išbertos kompleksinės NPK 17–17–17 trąšos (N₈₅P₈₅K₈₅), papildomai augalai patręšti krūmijimosi tarpsniu amonio salietra (N₂₀). Eksperte auginta paprastojo miežio (*Hordeum vulgare* L.) veislė 'Aurá'.

Apskaitomojo laukelio plotas – 0,25 m². Eksperte atliktas šešiais pakartojimais. Laukeliai išdėstyti atsitiktine tvarka.

Aminorūgščių poveikio fotosintezės pigmentų pokyčiams nustatyti iš kiekvieno varianto laukelio trijų pakartojimų kiekvienai analizei atsitiktinai paimta po šešis augalus. Augalų ėminiai paimti po purškimo praėjus: 7, 14, 21, 28 dienoms, kai vasariniai miežiai purkšti esant 25,1 % dirvožemio armens drėgniui; 7, 14, 21 ir 28 dienoms, kai vasariniai miežiai purkšti esant 23,4 % dirvožemio armens drėgniui; 7, 14 ir 21 dienai, kai vasariniai miežiai purkšti esant 20,4 % dirvožemio armens drėgniui. Nuėmus priedangas, po 7 dienų, įvertinti chlorofilo *a*, *b* ir karotinoidų kiekio pokyčiai vasari-niams miežiams augant įprastinėmis sąlygomis.

Laboratorinių analizių metodai. Dirvožemio analizės atliktos naudojant šiuos metodus: dirvožemio pH 1N KCl ištraukoje – potenciometriniu (ISO 10390), judrieji fosforas ir kalis A-L (GOST 26208-84), mineralinis azotas – N-NO₃+N-NH₄ – kolorimetriniu, 1N KCl ištraukoje (ISO/TS 14256-1: 2003).

Augalų analizės. Chlorofilo *a*, *b* ir karotinoidų kiekiai lapuose – spektrofotometru (96,3 % etilo alkoholio ištraukoje prie tokių bangos ilgių: chlorofilas *a* – 662 nm; chlorofilas *b* – 644 nm, karotinoidai – 440,5 nm) D. Wettstein metodu (Gavrilenko, Zhigalova, 2003).

Duomenų statistinė analizė. Tyrimų duomenys įvertinti dispersinės analizės metodu ANOVA, programinis paketas SELEKCIJA (Tarakanovas,

Raudonius, 2003). Bandymų duomenų statistinis patikimumas įvertintas mažiausia esminio skirtumo riba (R_{05}). Darbe naudoti simboliai: * ir ** žymėjimai reiškia: statistiškai patikima esant atitinkamai 95 ir 99 % tikimybės lygiui; R_{05} – patikimo skirtumo riba esant 95 % tikimybės lygiui.

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Fotosintezė yra pagrindinis fiziologinis procesas, pagal kurios eigą galima spręsti apie augalo vystymąsi ar jo reakciją į pasikeitusias aplinkos sąlygas. Pasikeitus aplinkos sąlygoms pirmiausiai augale keičiasi fotosintezės pigmentų kiekis, augalų fotosintezės intensyvumas, augalų vystymasis ir derlingumas (Anjum et al., 2013).

Chlorofilas a. Imituotos sausros sąlygomis, kai dirvožemio armens drėgnis siekė 25,1 %, po tręšimo praėjus 7 dienoms, teigiamą esminį poveikį vasarinių miežių lapuose chlorofilo *a* kiekiui turėjo 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalas. Šios koncentracijos aminorūgščių tirpalas chlorofilo *a* kiekį lapuose padidino 0,29 mg g⁻¹, palyginti su kontroliniais nepurkštais vandeniu augalais, ir 0,25 mg g⁻¹, palyginti su kontroliniais augalais, purkštais vandeniu (1 lentelė). Kitais atvejais esminis aminorūgščių poveikis šio rodiklio pokyčiams

nenustatytas. Praėjus 21 dienai po tręšimo, teigiamas esminis (0,47–0,58 mg g⁻¹) poveikis chlorofilo *a* kiekiui vasarinių miežių lapuose nustatytas naudojant 0,5–2,0 % koncentracijų aminorūgščių tirpalus bei aminorūgščių su mikroelementais tirpalą, palyginti su kontroliniais nepurkštais vandeniu augalais, o po 28 dienų esminis poveikis chlorofilo *a* kiekiui lapuose išliko naudojant 1,5 % koncentracijos aminorūgščių tirpalą ar šios koncentracijos aminorūgščių tirpalą su mikroelementais. Palyginus su vandeniu purkštais augalais, esminio teigiamo aminorūgščių poveikio šiuo laikotarpiu nenustatyta.

Esant 23,4 % dirvožemio armens drėgniui ir po tręšimo praėjus 7 dienoms, vasarinių miežių lapuose chlorofilo *a* kiekiui teigiamo aminorūgščių poveikio nenustatyta, o daugiausia chlorofilo *a* susintetinta augaluose, kurie buvo apipurkšti vandeniu (2 lentelė). Praėjus 14 dienų po tręšimo, didžiausiu esminiu poveikiu išsiskyrė 1,5 % koncentracijos aminorūgščių tirpalai, palyginti su kontroliniais augalais (atitinkamai 0,48 ir 0,32 mg g⁻¹). Aminorūgščių tirpalas su mikroelementais bei 0,5 ir 1,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalai taip pat esminiai (0,22–0,48 mg g⁻¹) didino chlorofilo *a* kiekį, palyginti su vandeniu nepurkštais augalais. Po tręšimo praėjus 21 dienai, daugiausia (1,66 mg g⁻¹) chlorofilo *a* buvo vandeniu purkštų augalų lapuose.

1 lentelė. Aminorūgščių poveikis chlorofilo *a* kiekiui dinamikai vasarinių miežių lapuose (vasariniai miežiai purkšti esant 25,1 % armens drėgniui)

Table 1. Effect of amino acids on the dynamics of the amount of chlorophyll *a* in summer barley leaves (summer barley sprayed at quagmire moisture of 25.1%)

Aminorūgščių koncentracija % Rate of amino acids, %	Chlorofilo <i>a</i> kiekis mg g ⁻¹ Amount of chlorophyll <i>a</i> , mg g ⁻¹			
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days	po 21 dienos in 21 days	po 28 dienų in 28 days
Kontrolė (nepurkšta vandeniu) Control (not sprayed with water)	2,22	2,05	1,05	1,15
Kontrolė (purkšta vandeniu) Control (sprayed with water)	2,26	2,26	1,54	1,22
Aminorūgštys 0,5 % / Amino acids, 0.5%	2,26	2,03	1,62	1,11
Aminorūgštys 1,0 % / Amino acids, 1.0%	2,23	2,06	1,59	1,13
Aminorūgštys 1,5 % / Amino acids, 1.5%	2,33	2,10	1,52	1,23
Aminorūgštys 2,0 % / Amino acids, 2.0%	2,51*	2,16	1,61	1,15
Aminorūgštys 1,5 % + mikroelementai B, Mn, Zn Amino acids, 1.5% with microelements B, Mn, Zn	2,27	2,18	1,63	1,23
R_{05}/LSD_{05}	0,105	0,157	0,149	0,047

* – esminiai pokyčiai, palyginti su kontroliniais vandeniu purkštais augalais.

* – Essential changes compared to control plants sprayed with water.

2 lentelė. Aminorūgščių poveikis chlorofilo *a* kiekio dinamikai vasarinių miežių lapuose (vasariniai miežiai purkšti esant 23,4 % armens drėgniui)

Table 2. Effect of amino acids on the dynamics of the amount of chlorophyll *a* in summer barley leaves (summer barley sprayed at quagmire moisture of 23.4%)

Aminorūgščių koncentracija % Rate of amino acids, %	Chlorofilo <i>a</i> kiekis mg g ⁻¹ Amount of chlorophyll <i>a</i> , mg g ⁻¹		
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days	po 21 dienos in 21 days
Kontrolė (nepurkšta vandeniui) / Control (not sprayed with water)	2,05	1,50	1,40
Kontrolė (purkšta vandeniui) / Control (sprayed with water)	2,32	1,89	1,66
Aminorūgštys 0,5 % / Amino acids, 0.5%	2,12	1,95	1,57
Aminorūgštys 1,0 % / Amino acids, 1.0%	2,02	1,97	1,57
Aminorūgštys 1,5 % / Amino acids, 1.5%	2,05	1,98*	1,47
Aminorūgštys 2,0 % / Amino acids, 2.0%	2,08	1,43	1,44
Aminorūgštys 1,5 % + mikroelementai B, Mn, Zn Amino acids, 1.5% with microelements B, Mn, Zn	2,00	1,72	1,36
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,106	0,090	0,174

* – esminiai pokyčiai, palyginti su kontroliniais vandeniui purkštais augalais.

* – Essential changes compared to control plants sprayed with water.

Vasarinius miežius tręšiant aminorūgščių trąšomis (armens drėgnis 20,4 %) ir išanalizavus chlorofilo *a* kiekį vasarinių miežių lapuose po 7 dienų, gauta, kad visų 0,5–2,0 % aminorūgščių koncentracijų tirpalai bei 1,5 % aminorūgščių su mikroelementais tirpalas esminiai (0,27–0,50 mg g⁻¹) didino chlorofilo *a* kiekį, palyginti su vandeniui nepurkštais augalais (3 lentelė). Lyginant su kontroliniais augalais, purkštais vandeniui, esminiu poveikiu išsiskyrė

tik 1,5 % koncentracijos tirpalas su mikroelementais. Vėlesniu vegetacijos laikotarpiui (po 14 d.) esminis (0,17–0,23 mg g⁻¹) chlorofilo *a* padidėjimas, palyginti su vandeniui nepurkštais augalais, išliko naudojant 0,5, 1,0 % ir 1,5 % koncentracijos aminorūgščių su mikroelementais tirpalus. Lyginant su vandeniui purkštais augalais, aminorūgščių trąšų poveikio vasarinių miežių lapų chlorofilo *a* kiekiui nebuvo nustatyta.

3 lentelė. Aminorūgščių poveikis chlorofilo *a* kiekio dinamikai vasarinių miežių lapuose (vasariniai miežiai purkšti esant 20,4 % armens drėgniui)

Table 3. Effect of amino acids on the dynamics of the amount of chlorophyll *a* in summer barley leaves (summer barley sprayed at quagmire moisture of 20.4%)

Aminorūgščių koncentracija % Rate of amino acids, %	Chlorofilo <i>a</i> kiekis mg g ⁻¹ Amount of chlorophyll <i>a</i> , mg g ⁻¹	
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days
Kontrolė (nepurkšta vandeniui) / Control (not sprayed with water)	1,50	1,40
Kontrolė (purkšta vandeniui) / Control (sprayed with water)	1,84	1,51
Aminorūgštys 0,5 % / Amino acids, 0.5%	1,86	1,57
Aminorūgštys 1,0 % / Amino acids, 1.0%	1,86	1,63
Aminorūgštys 1,5 % / Amino acids, 1.5%	1,86	1,54
Aminorūgštys 2,0 % / Amino acids, 2.0%	1,77	1,45
Aminorūgštys 1,5 % + mikroelementai B, Mn, Zn Amino acids, 1.5% with microelements B, Mn, Zn	2,00*	1,59
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,068	0,139

* – esminiai pokyčiai, palyginti su kontroliniais vandeniui purkštais augalais.

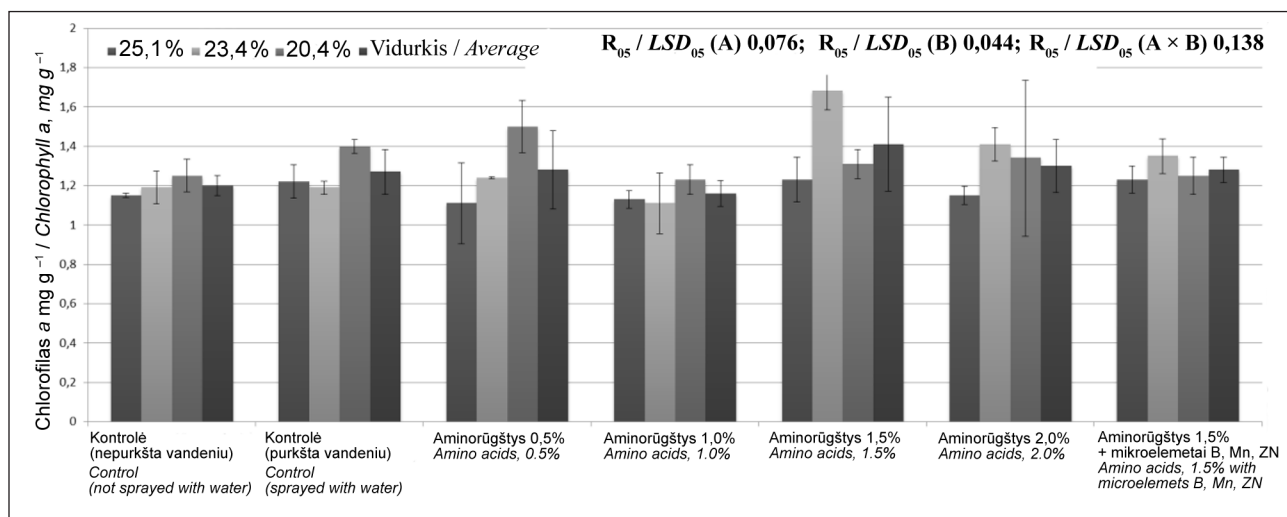
* – Essential changes compared to control plants sprayed with water.

Praėjus 7 dienoms po imitacinės sausros, nustatyta, kad vasariniai miežiai, tręšti aminorūgščių trąšomis esant 25,1 % dirvožemio armens drėgmeniui, sukauptė neesminiai didesnę chlorofilo *a* kiekį lapuose, palyginti su vandeniu nepurkštais augalais (1 pav.). Kai dirvožemio armens drėgnis buvo 23,4 %, augalų lapuose chlorofilo *a* buvo sukaupta esminiai (0,16–0,49 mg g⁻¹) daugiau naudojant 1,5 ir 2,0 % bei 1,5 % koncentracijos aminorūgščių su mikroelementais tirpalus, palyginti tiek su vandeniu purkštais, tiek nepurkštais vasariniams miežiams. Vasarinių miežių lapuose (armens drėgnis 20,4 %) didžiausias (1,50 mg g⁻¹) chlorofilo *a* kiekis ir esminis (0,10 mg g⁻¹) jo padidėjimas, palyginti su vandeniu purkštais augalais, nustatytas augalų lapuose, tręštuose 0,5 % aminorūgščių koncentracijos tirpalu. A. Pečkytė (2009) nustatė, kad didžiausią chlorofilo *a* kiekį sąlykiniai miežiai lapuose sukauptė plaukėjimo metu. Tai lėmė kompleksinių ir azoto–kalio trąšų fone išpurkštos lapų trąšos *Delfan* ir *Atom*, sudėtyje turinčios aminorūgščių.

Įvertinus duomenis galima teigti, kad tipingame pasotintame šlynžemyje, esant dirvožemio armens drėgmeniui 25,1 %, aminorūgščių 0,5–1,5 % koncentracijos tirpalų poveikis buvo tapatus vandens poveikiui, išskyrus 2,0 % koncentracijos tirpalą. Siekiant padidinti chlorofilo *a* kiekį, kai drėgnis 23,4 %, tikslinga naudoti 1,5 % koncentracijos tirpalą, o kai dirvožemio armens drėgnis 20,4 – 0,5 % koncentracijos tirpalą. Nustatyta tendencija, kad kuo ilgiau tęsiasi drėgmės trūkumas, tuo efektyvesni mažesnės koncentracijos aminorūgščių tirpalai.

Chlorofilas b. Įvertinus chlorofilo *b* pokyčius vasarinių miežių lapuose, nustatyta, kad aminorūgščių, panaudotos esant 25,1 % dirvožemio armens drėgmeniui, lemiamos reikšmės chlorofilo *b* kiekiui neturėjo. Esminis aminorūgščių trąšų poveikis vasarinių miežių lapų chlorofilo *b* sintezei nenustatytas ir po purškimo praėjus 7, 14 ir 21 dienai (4 lentelė). Po purškimo praėjus 28 dienoms, teigiamas ir esminis (0,04 mg g⁻¹) chlorofilo *b* kiekio pokytis gautas augalus tręšiant 1,5 % aminorūgščių su mikroelementais koncentracijos tirpalu, kai lyginama su kontroliniais augalais. Įvertinus kitus atliktus tyrimus, pastebėta, kad aminorūgščių trąšos didesnę poveikį turėjo chlorofilo *a* sintezei žieminių kviečių lapuose, o ryškus ir dėsningo chlorofilo *b* kiekio kitimo žieminių kviečių lapuose nebuvo (Pranckietienė ir kt., 2009).

Vasarinius miežius tręšiant aminorūgštimis, kai dirvožemio armens drėgnis 23,4 %, esminis teigiamas (0,04–0,05 mg g⁻¹) aminorūgščių poveikis chlorofilo *b* kiekiui nustatytas po 7 dienų, panaudojus 0,5 ir 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalus, palyginti tik su vandeniu nepurkštais augalais (5 lentelė). Po tręšimo praėjus 14 dienų, vasarinių miežių lapuose nustatyti esminiai chlorofilo *b* kiekio pokyčiai tręšiant 0,5–1,5 % aminorūgščių koncentracijos tirpalais. Praėjus 21 dienai po tręšimo, išliko teigiamas 0,5 ir 1,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalų poveikis, palyginti su vandeniu nepurkštais augalais, tačiau visais atvejais šie chlorofilo *b* kiekiai buvo nors ir neesminiai, bet mažesni, palyginti su vandeniu purkštais augalais.



1 pav. Aminorūgščių poveikis chlorofilo *a* kiekiui vasarinių miežių lapuose (7 diena nuėmus priedangas)

Fig. 1. Effect of amino acids on the amount of chlorophyll *a* in summer barley leaves (7 days after cover removal)

4 lentelė. Aminorūgščių poveikis chlorofilo *b* kiekio dinamikai vasarinių miežių lapuose (vasariniai miežiai purkšti esant 25,1 % armens drėgniui)

Table 4. Effect of amino acids on the dynamics of the amount of chlorophyll *b* in summer barley leaves (summer barley sprayed at quagmire moisture of 25.1%)

Aminorūgščių koncentracija % Rate of amino acids, %	Chlorofilo <i>b</i> kiekis mg g ⁻¹ Amount of chlorophyll <i>b</i> , mg g ⁻¹			
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days	po 21 dienos in 21 days	po 28 dienų in 28 days
Kontrolė (nepurkšta vandeniui) Control (not sprayed with water)	0,68	0,59	0,46	0,41
Kontrolė (purkšta vandeniui) Control (sprayed with water)	0,59	0,66	0,48	0,40
Aminorūgštys 0,5 % / Amino acids, 0.5%	0,56	0,57	0,48	0,34
Aminorūgštys 1,0 % / Amino acids, 1.0%	0,57	0,60	0,46	0,34
Aminorūgštys 1,5 % / Amino acids, 1.5%	0,58	0,60	0,44	0,31
Aminorūgštys 2,0 % / Amino acids, 2.0%	0,64*	0,61	0,47	0,43
Aminorūgštys 1,5 % + mikroelementai B, Mn, Zn Amino acids, 1.5% with microelements B, Mn, Zn	0,64	0,63	0,47	0,45*
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,037	0,045	0,029	0,037

* – esminiai pokyčiai, palyginti su kontroliniais vandeniui purkštais augalais.

* – Essential changes compared to control plants sprayed with water.

R. Dromantienė (2011), analizuodama chlorofilo *b* kiekio kitimą žieminių kviečių lapuose, nustatė, kad aminorūgštys skatino chlorofilo *b* sintezę ir padėjo išlaikyti jo stabilumą esant nepalankioms meteorologinėms sąlygoms.

Teigiamas aminorūgščių poveikis chlorofilo *b* kiekiui po tręšimo praėjus 7 dienoms nustatytas naudojant 1,5 % koncentracijos aminorūgščių tirpalą (6 lentelė), kai dirvožemio armens drėgnis tręšimo metu buvo 20,4 % (duomenys palyginti

5 lentelė. Aminorūgščių poveikis chlorofilo *b* kiekio dinamikai vasarinių miežių lapuose (vasariniai miežiai purkšti esant 23,4 % armens drėgniui)

Table 5. Effect of amino acids on the dynamics of the amount of chlorophyll *b* in summer barley leaves (summer barley sprayed at quagmire moisture of 23.4%)

Aminorūgščių koncentracija % Rate of amino acids, %	Chlorofilo <i>b</i> kiekis mg g ⁻¹ Amount of chlorophyll <i>b</i> , mg g ⁻¹		
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days	po 21 dienos in 21 days
Kontrolė (nepurkšta vandeniui) Control (not sprayed with water)	0,59	0,46	0,41
Kontrolė (purkšta vandeniui) / Control (sprayed with water)	0,68	0,57	0,48
Aminorūgštys 0,5 % / Amino acids, 0.5%	0,64	0,63*	0,46
Aminorūgštys 1,0 % / Amino acids, 1.0%	0,60	0,62*	0,45
Aminorūgštys 1,5 % / Amino acids, 1.5%	0,61	0,62*	0,43
Aminorūgštys 2,0 % / Amino acids, 2.0%	0,63	0,43	0,41
Aminorūgštys 1,5 % + mikroelementai B, Mn, Zn Amino acids, 1.5% with microelements B, Mn, Zn	0,59	0,52	0,38
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,043	0,045	0,044

* – esminiai pokyčiai, palyginti su kontroliniais vandeniui purkštais augalais.

* – Essential changes compared to control plants sprayed with water.

6 lentelė. Aminorūgščių poveikis chlorofilo *b* kiekio dinamikai vasarinių miežių lapuose (vasariniai miežiai purkšti esant 20,4 % armens drėgniui)Table 6. Effect of amino acids on the dynamics of the amount of chlorophyll *b* in summer barley leaves (summer barley sprayed at quagmire moisture of 20.4%)

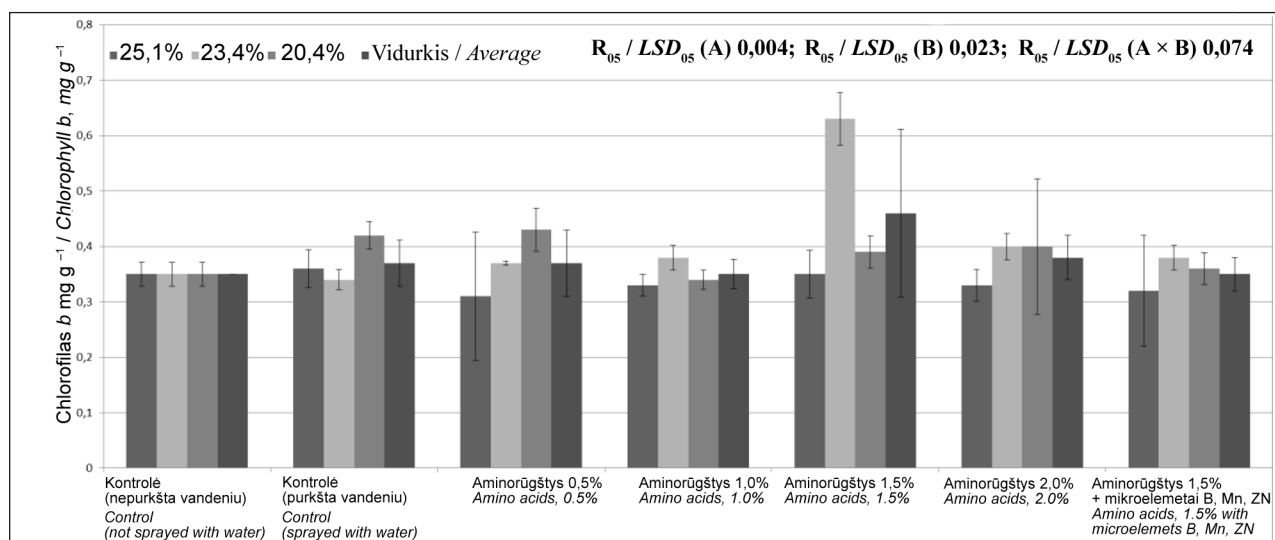
Aminorūgščių koncentracija % Rate of amino acids, %	Chlorofilo <i>b</i> kiekis mg g ⁻¹ Amount of chlorophyll <i>b</i> , mg g ⁻¹	
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days
Kontrolė (nepurkšta vandeniu) / Control (not sprayed with water)	0,46	0,41
Kontrolė (purkšta vandeniu) / Control (sprayed with water)	0,58	0,43
Aminorūgštys 0,5 % / Amino acids, 0.5%	0,60	0,45
Aminorūgštys 1,0 % / Amino acids, 1.0%	0,54	0,47
Aminorūgštys 1,5 % / Amino acids, 1.5%	0,59	0,47
Aminorūgštys 2,0 % / Amino acids, 2.0%	0,55	0,43
Aminorūgštys 1,5 % + mikroelementai B, Mn, Zn Amino acids, 1.5% with microelements B, Mn, Zn	0,63*	0,48
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,038	0,049

* – esminiai pokyčiai, palyginti su kontroliniais vandeniu purkštais augalais.

* – Essential changes compared to control plants sprayed with water.

su vandeniu purkštais augalais). Lyginant gautus duomenis su vandeniu nepurkštais augalais esminis teigiamas (0,08–0,17 mg g⁻¹) aminorūgščių poveikis nustatytas nuo visų eksperimente naudotų aminorūgščių koncentracijų. Teigiamas 1,0, 1,5 % aminorūgščių ir 1,5 % aminorūgščių su mikroelementais koncentracijų tirpalų poveikis išliko ir praėjus 14 dienų po purškimo, palyginti su pirmosios kontrolės augalais, tačiau neesminiai, palyginti su vandeniu purkštais augalais.

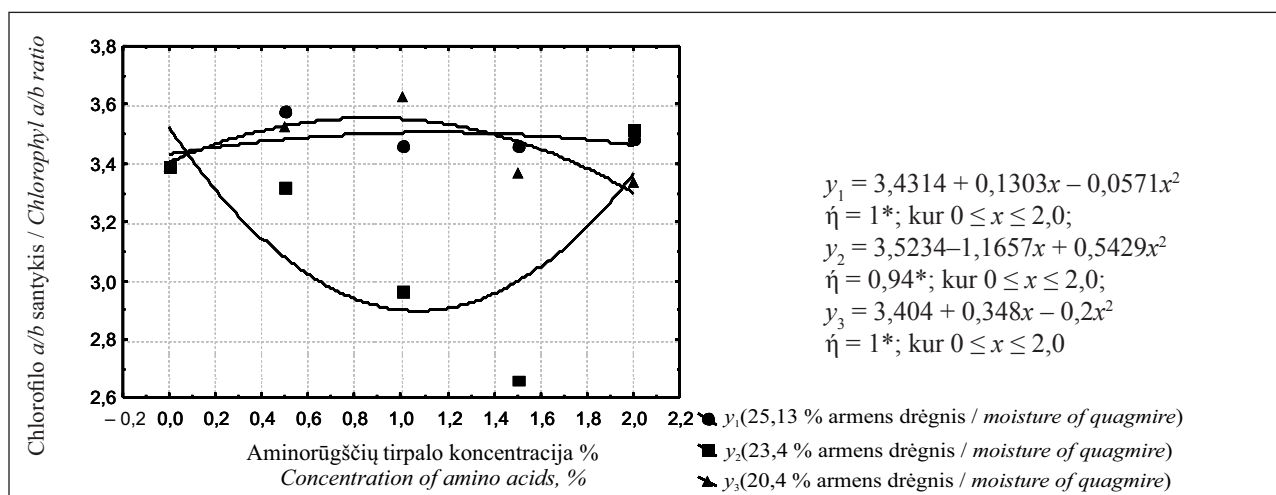
Analizuojant chlorofilo *b* kiekį vasarinių miežių lapuose po priedangų nuėmimo praėjus 7 dienoms esminio teigiamo aminorūgščių poveikio chlorofilo *b* kiekiui nenustatyta, kai augalai buvo tręšti esant 25,1 % ir 20,4 % dirvožemio armens drėgniui. Augalus tręšiant, kai dirvožemio armens drėgnis 23,4 %, teigiamas esminis (0,28 mg g⁻¹) chlorofilo *b* padidėjimas nustatytas panaudojus 1,5 % aminorūgščių su mikroelementais koncentracijos tirpalą (2 pav.). Duomenys palyginti su vandeniu purkštais augalais.

2 pav. Aminorūgščių poveikis chlorofilo *b* kiekiui vasarinių miežių lapuose (7 diena nuėmus priedangas)Fig. 2. Effect of amino acids on the amount of chlorophyll *b* in summer barley leaves (7 days after cover removal)

Vasarinių miežių pasėlyje po imitacinės sausros nuėmus priedangas buvo įvertintas labai svarbus fotosintezės rodiklis – chlorofilo *a* ir *b* santykis, kuris miglinių augalų lapuose turėtų būti ne mažesnis kaip 3:1 (Šlapakauskas, Duchovskis, 2008). Nustatyta, kad po imitacinės sausros praėjus 7 dienoms (3 pav.), vasarinių miežių lapuose chlorofilo *a* ir *b* santykis svyravo tarp 2,66–3,58 (artimas optimaliam), tai patvirtina ir kitų mokslininkų tyrimai (Asakavičiūtė et al., 2006; Balčiūnas ir kt., 2008). Atlikus koreliacinę regresinę analizę tarp aminorūgščių koncentracijų ir chlorofilo *a* ir *b* santykio, esant skirtingiems armens drėgmės režimams, gautos labai stiprios

priklausomybės (3 pav.), tačiau vasarinių miežių lapų chlorofilo *a* ir *b* santykis, praėjus savaitei po sausros, išliko optimalus ir nenaudojant aminorūgščių trąšų.

Karotinoidai. Nustatyta tendencija, kad esant imituotos sausros sąlygoms karotinoidų kiekis vasarinių miežių lapuose palaipsniui mažėjo. Šių tyrimų duomenimis, aminorūgštys, panaudotos esant 25,1 % dirvožemio armens drėgmeniui, mažai keitė karotinoidų kiekį vasarinių miežių lapuose, palyginti su vandeniu purkštais augalais. Esminis poveikis nustatytas tik po 7 dienų naudojant 2,0 ir 1,5 % koncentracijos aminorūgščių tirpalą su mikroelementais (7 lentelė).



3 pav. Aminorūgščių poveikis chlorofilo *a/b* santykiui vasarinių miežių lapuose (7 diena nuėmus priedangas)
Fig. 3. Effect of amino acids on the chlorophyll *a/b* ratio in summer barley leaves (7 days after cover removal)

7 lentelė. Aminorūgščių poveikis karotinoidų kiekiui dinamikai vasarinių miežių lapuose (vasariniai miežiai purkšti esant 25,1 % armens drėgmeniui)

Table 7. Effect of amino acids on the dynamics of the amount of carotenoids in summer barley leaves (summer barley sprayed at quagmire moisture of 25.1%)

Aminorūgščių koncentracija % Rate of amino acids, %	Karotinoidų kiekis mg g^{-1} Amount of carotenoids, mg g^{-1}			
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days	po 21 dienos in 21 days	po 28 dienų in 28 days
Kontrolė (nepurkšta vandeniu) Control (not sprayed with water)	1,08	0,91	0,67	0,61
Kontrolė (purkšta vandeniu) Control (sprayed with water)	0,97	1,00	0,65	0,60
Aminorūgštys 0,5 % / Amino acids, 0.5%	0,75	0,81	0,63	0,51
Aminorūgštys 1,0 % / Amino acids, 1.0%	0,97	0,86	0,66	0,55
Aminorūgštys 1,5 % / Amino acids, 1.5%	0,93	0,94	0,66	0,51
Aminorūgštys 2,0 % / Amino acids, 2.0%	1,07*	0,94	0,70	0,65

7 lentelė (tęsinys)
Table 7 (continued)

Aminorūgščių koncentracija % Rate of amino acids, %	Karotinoidų kiekis mg g ⁻¹ Amount of carotenoids, mg g ⁻¹			
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days	po 21 dienos in 21 days	po 28 dienų in 28 days
Aminorūgštys 1,5 % + mikroelementai B, Mn, Zn Amino acids, 1.5% with microelements B, Mn, Zn	1,03*	0,77	0,71	0,67
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,027	0,067	0,056	0,074

* – esminiai pokyčiai, palyginti su kontroliniais vandeniu purkštais augalais.

* – Essential changes compared to control plants sprayed with water.

Esant 23,4 % dirvožemio armens drėgniui karotinoidų kiekis vasarinių miežių lapuose didėjant sausros dienų skaičiui taip pat tendencingai mažėjo. Vertinant naudotų priemonių poveikį po 14 d. nustatytas esminis 0,5–1,5 % koncentracijų aminorūgščių tirpalų poveikis karotinoidų sintezei (8 lentelė), kai lyginama su purkštais vandeniu augalais. Kai augalai buvo nepurkšti vandeniu, esminį poveikį turėjo 0,5, 1,0, 1,5 % koncentracijų aminorūgščių tirpalai bei 1,5 % aminorūgščių tirpalas su mikroelementais. Teigiama ir esminė įtaka karotinoidų stabilumui išlaikyti liko ir po 21 dienos naudojant 0,5 ir 1,0 % koncentracijų aminorūgščių tirpalus.

Panaši karotinoidų kitimo tendencija išliko ir esant 20,4 % dirvožemio drėgniui. Aminorūgštys

esminio poveikio neturėjo karotinoidų kiekiui vasarinių miežių lapuose, kai augalai buvo patręšti esant 20,4 % dirvožemio armens drėgniui ir buvo apipurkšti vandeniu (9 lentelė). Lyginant su augalais, nepurkštais vandeniu, nustatytas esminis karotinoidų kiekio padidėjimas vasarinių miežių lapuose naudojant visų koncentracijų aminorūgščių tirpalus.

Gauti duomenys po priedangų nuėmimo rodo, kad trąšos, panaudotos vasarinių miežių krūmijimosi tarpsnio pradžioje ir bambėjimo tarpsniu, esminės įtakos karotinoidų kiekiui neturėjo, kai dirvožemio armens drėgnis buvo atitinkamai 25,1 ir 20,4 % (4 pav.).

Šios trąšos efektyvesnės, kai augalai tręšiami esant 23,4 % dirvožemio armens drėgniui.

8 lentelė. Aminorūgščių poveikis karotinoidų kiekiui dinamikai vasarinių miežių lapuose (vasariniai miežiai purkšti esant 23,4 % armens drėgniui)

Table 8. Effect of amino acids on the dynamics of the amount of carotenoids in summer barley leaves (summer barley sprayed at quagmire moisture of 23.4%)

Aminorūgščių koncentracija % Rate of amino acids, %	Karotinoidų kiekis mg g ⁻¹ Amount of carotenoids, mg g ⁻¹		
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days	po 21 dienos in 21 days
Kontrolė (nepurkšta vandeniu) / Control (not sprayed with water)	0,91	0,67	0,61
Kontrolė (purkšta vandeniu) / Control (sprayed with water)	0,90	0,75	0,67
Aminorūgštys 0,5 % / Amino acids, 0.5%	0,91	0,80*	0,67
Aminorūgštys 1,0 % / Amino acids, 1.0%	0,86	0,82*	0,67
Aminorūgštys 1,5 % / Amino acids, 1.5%	0,85	0,80*	0,64
Aminorūgštys 2,0 % / Amino acids, 2.0%	0,86	0,63	0,63
Aminorūgštys 1,5 % + mikroelementai B, Mn, Zn Amino acids, 1.5% with microelements B, Mn, Zn	0,82	0,72	0,58
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,064	0,037	0,033

* – esminiai pokyčiai, palyginti su kontroliniais vandeniu purkštais augalais.

* – Essential changes compared to control plants sprayed with water.

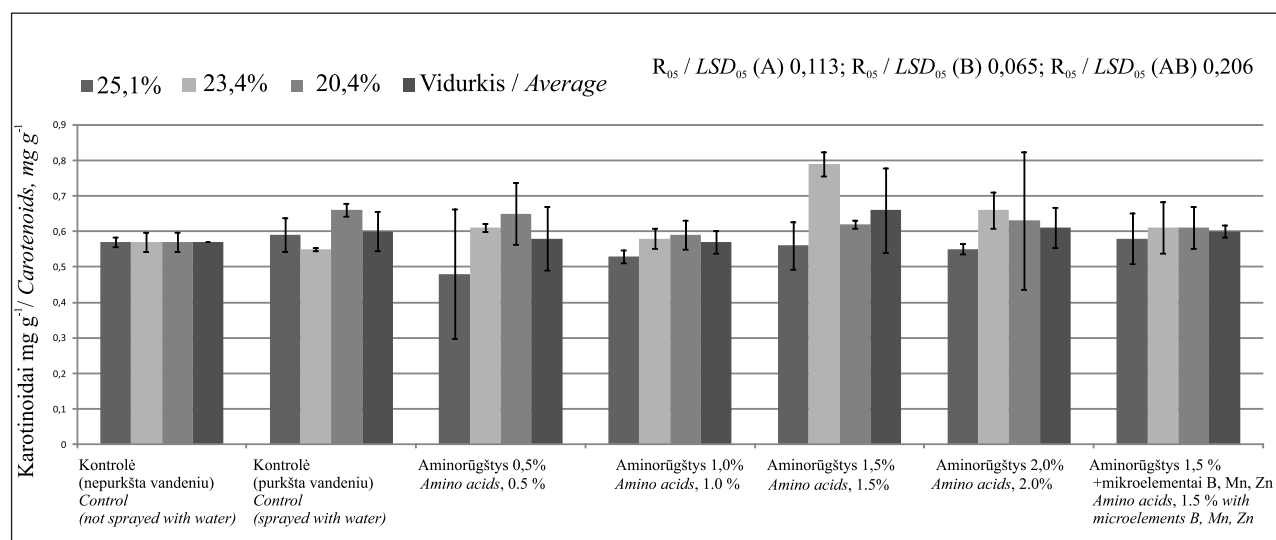
9 lentelė. Aminorūgščių poveikis karotinoidų kiekio dinamikai vasarinių miežių lapuose (vasariniai miežiai purkšti esant 20,4 % armens drėgniui)

Table 9. Effect of amino acids on the dynamics of the amount of carotenoids in summer barley leaves (summer barley sprayed at quagmire moisture of 20.4%)

Aminorūgščių koncentracija % Rate of amino acids, %	Karotinoidų kiekis mg g ⁻¹ Amount of carotenoids, mg g ⁻¹	
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days
Kontrolė (nepurkšta vandeniu) / Control (not sprayed with water)	0,67	0,61
Kontrolė (purkšta vandeniu) / Control (sprayed with water)	0,76	0,63
Aminorūgštys 0,5 % / Amino acids, 0.5%	0,77	0,65
Aminorūgštys 1,0 % / Amino acids, 1.0%	0,75	0,68
Aminorūgštys 1,5 % / Amino acids, 1.5%	0,80	0,63
Aminorūgštys 2,0 % / Amino acids, 2.0%	0,78	0,61
Aminorūgštys 1,5 % + mikroelementai B, Mn, Zn Amino acids, 1.5% with microelements B, Mn, Zn	0,83	0,66
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,075	0,075

* – esminiai pokyčiai, palyginti su kontroliniais vandeniu purkštais augalais.

* – Essential changes compared to control plants sprayed with water.



4 pav. Aminorūgščių poveikis karotinoidų kiekiui vasarinių miežių lapuose (7 diena nuėmus priedangas)

Fig. 4. Effect of amino acids on the amount of carotenoids in summer barley leaves (7 days after cover removal)

Karotinoidų kiekį iš esmės didino 0,5–2,0 % aminorūgščių ir 1,5 % aminorūgščių su mikroelementais koncentracijų tirpalai.

IŠVADOS

1. Remiantis vienerių metų duomenimis ir vertinant fotosintezės pigmentų pokyčius vasarinių miežių lapuose pastebėta tendencija, kad esant mažesniai dirvožemio armens drėgniui aminorūgščių trąšos

buvo efektyvesnės. Pažymėtina, kad teigiamas poveikis vasarinių miežių fotosintezės pigmentų kiekiui buvo purškiant augalus vandeniu.

2. Imituotos sausros sąlygomis didžiausią poveikį chlorofilo *a* sintezei vasarinių miežių lapuose turėjo 1,5 % koncentracijos aminorūgščių tirpalas ir 1,5 % aminorūgščių tirpalas su mikroelementais. Chlorofilo *b* sintezei efektyviausi buvo 0,5, 2,0 % aminorūgščių tirpalai ir 1,5 % aminorūgščių tirpalas su mikroelementais.

3. Augalus po imituotos sausros perkėlus į įprastines augimo sąlygas ir praėjus 7 dienų laikotarpiui, nustatyta, kad vasarinių miežių lapų chlorofilo *a* ir *b* santykis buvo artimas optimaliam, o įvertinus aminorūgščių poveikį fotosintezės pigmentų kiekiui vasarinių miežių lapuose nustatyta tendencija, kad kuo ilgiau tęsiasi drėgmės trūkumas, tuo efektyvesni mažesnės koncentracijos aminorūgščių tirpalai.

Gauta 2014 05 31
Priimta 2014 06 26

LITERATŪRA

- Abdel-Mawly S. E. 2004. Growth, yield, uptake and water use efficiency of carrot (*Daucus carota* L.) plants as influenced by irrigation level and nitrogen fertilization rate. *Asian University Bulletin of Environmental Research*. Vol. 7(1). P. 111–122.
- Abdul Jaleel C., Manivannan P., Sanka B., Kishorekumar A., Gopi R., Somasun-daram R., Panneerselvam R. 2007. Water deficit stress mitigation by sodium chloride in *Catharanthus roseus*: effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. *Colloid Surface*. Vol. 60. P. 110–116.
- Anjum S. A., Xue E. L., Wang L., Saleem M. F., Huang Ch. 2013. Exogenous benzoic acid (BZA) treatment can induce drought tolerance in soybean plants by improving gas-exchange and chlorophyll contents. *Australian Journal of Crop Science*. Vol. 7(5). P. 555–560.
- Araus J. L., Slafer G. A., Reynolds M. P., Royo C. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for. *Annals of Botany*. Vol. 89. P. 925–940.
- Ashraf M., Ashfaq A., McNeilly T. 2001. Growth and photosynthetic characteristics in pearl millet under water stress and different potassium supply. *Photosynthetica*. Vol. 39(3). P. 389–394.
- Asakavičiūtė R., Jacquard C., Clement C. 2006. Study of chlorophyll a and b in etiolated and androgenic plants of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. Vol. 2(1). P. 10–15.
- Balčiūnas M., Jankauskienė Z., Brazaitytė A., Duchovskis P. 2008. Lapų indekso ir fotosintezės pigmentų dinamika įvairaus tankumo pluoštinių linų pasėlyje. *Žemdirbystė: mokslo darbai*. T. 95 (4). P. 97–109.
- Dias C. M., Bruggemann W. 2010. Limitations of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* under drought stress: gas exchange, chlorophyll fluorescence and Calvin cycle enzymes. *Photosynthetica*. Vol. 48(1). P. 96–102.
- Dirsė A., Taparauskienė L. 2010. Drėgmingumo kaita augalų vegetacijos metu ir jo vertinimo metodų palyginimas. *Žemės ūkio mokslai*. T. 17. Nr. 1–2. P. 9–17.
- Dromantienė R. 2011. *Aminorūgščių panaudojimas žeminių kviečių biologinio potencialo didinimui*: daktaro disertacija. Akademija. 116 p.
- Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S. M. A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 29(1). P. 185–212.
- Fazeli F., Ghorbanli M., Niknam V. 2007. Effect of drought on biomass, protein content, lipid peroxidation and antioxidant enzymes in two sesame cultivars. *Biologia Plantarum*. Vol. 51(1). P. 98–103.
- Flexas J., Bota J., Cifre J., Escalona J. M., Galmes J., Gulias J., Lefi E., Martinez-Canellas S. F., Moreno M. T., Ribas-Carbo M., Riera D., Sampol B., Medrano H. 2004. Understanding down-regulation of photosynthesis under water stress: future prospects and searching for physiological tools for irrigation management. *Annals of Applied Biology*. Vol. 144. P. 273–283.
- Gavrilenko V. F., Zhigalova T. V. 2003. *Bolshay praktikum po fotosintezu*. Moskva. 256 s.
- Kiani S. P., 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 Journal*. Vol. 175(4). P. 565–573.
- Latimer J., Whipker B. 2012. *Selecting and Using Plant Growth Regulators on Floricultural Crops*. Virginia Cooperative Extension [cited 2013-11-05]. Available from: <<http://pubs.ext.vt>>
- Mohammadkhani N., Heidari R. 2007. Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in two maize cultivars. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. Vol. 10(22). P. 4022–4028.
- Munne-Bosh S., Alegre L. 2000. Changes in carotenoids, tocopherols and diterpenes during drought and recovery, and the biological significance of chlorophyll loss in *Rosmarinus officinalis* plants. *Planta*. Vol. 210(6). P. 925–931.
- Nakayama N., Saneoka H., Moghaieb R. E. A., Gnasiri S., Fujita P. K. 2007. Response of growth, photosynthetic gas exchange, translocation of ¹³C-labelled photosynthate and N accumulation in two Soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars to drought stress. *International Journal of Agriculture and Biology*. Vol. 9(5). P. 669–674.
- Paradikovic N., Vinkovic T., Vinkovic Vrcek I., Zuntar I., Bojic M., Medic M. 2011. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Science of Food and Agriculture*. Vol. 91. P. 2146–2152.

21. Parida K. A., Dagaonkar S. V., Phalak S. M., Umalkar V. G., Aurangabadkar P. L. 2007. Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to shortterm drought stress followed by recovery. *Plant Biotechnology*. Vol. 1. P. 37–48.
22. Pečkaitė A. 2009. *Salyklinių miežių agrobiologinio potencialo bei derliaus kokybės priklausomumas nuo mineralinių ir lapų trąšų*: daktaro disertacija. Akademija. 139 p.
23. Pranckietienė I., Šidlauskas G., Dromantienė R., Pranckietis V., Tripolskaja L. 2009. Aminorūgščių poveikis žemiųjų kviečių vystymuisi organogenezės I–III tarpsniais. *Zemdirbyste–Agriculture*. T. 97(1). P. 97–110.
24. Qayyum A., Ahmad S., Liagat S., Malik W., Noor E., Saud H. M., Hanif M. 2012. Screening for drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) hybrids at an early seedling stage. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. 7(24). P. 3594–3604.
25. Shamim A., Rashid A., Muhammad Y. A., Ashraf M., Waraich E. A. 2009. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. *Pakistan Journal of Botany*. Vol. 41(2). P. 647–654.
26. Shao H.-B., Chu L.-Y., Jaleel A., Manivannan P., Panneerselvam R., Shao M.-A. 2009. Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants – biotechnologically and sustainably improving agriculture and the environment in arid regions of the globe. *Critical Reviews in Biotechnology*. Vol. 29(2). P. 131–151.
27. Singh S. K., Reddy K. R. 2011. Regulation of photosynthesis, fluorescence, stomatal conductance and water-use efficiency of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) under drought. *Journal of Photochemistry and Photobiology Biology*. Vol. 105. P. 40–50.
28. Šabajevienė G., Sakalauskiene S., Lazauskas S., Duchovskis P., Urbonavičiūtė A., Samuolienė G., Glinskaitė R., Sakalauskaitė J., Brazaitytė A., Povilaitis V. 2008. Aplinkos temperatūros ir substrato drėgmės poveikis vasarinių miežių fiziologiniams rodikliams. *Zemdirbyste–Agriculture*. T. 95(4). P. 71–80.
29. Šlapakauskas V. A., Duchovskis P. 2008. *Augalų produktyvumas*. Kaunas. 253 p.
30. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPILT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. Akademija. 57 p.
31. Terzi R., Kadioglu A. 2006. Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system in *Ctenanthe setosa* L. *Acta Biologica Cracoviensia Botanica*. Vol. 48. P. 89–96.
32. Ueda A., Kanechi M., Uno Y., Inagaki N. 2003. Photosynthetic limitations of a halophyte sea aster (*Aster tripolium* L.) under water stress and NaCl stress. *Journal of Plant Response*. Vol. 116. P. 63–68.
33. Valiukas D. 2011. Sausringi laikotarpiai Vilniuje 1891–2010 m. *Geografija*. Vol. 47(1). P. 9–18.
34. Xiong L., Wang G. R., Mao G., Kochan M. J. 2006. Identification of drought tolerance determinants by genetic analysis of root response to drought stress and abscisic acid. *Plant Physiology*. Vol. 142. P. 1065–1074.
35. Zingaretti S. M., Cascaes Inacio M., Pereira L. de M., Paz T. A., Franca S. de C. 2013. Water Stress and Agriculture. In: S. Akinci (ed.). *Agricultural and Biological Sciences* [cited 2014-02-28]. Available from: <http://dx.doi.org>

**Edita Mažuolytė-Miškinė, Irena Pranckietienė,
Rūta Dromantienė, Viktoras Pranckietis**

DYNAMICS OF INDEXES OF PHOTOSYNTHESIS IN SUMMER BARLEY UNDER THE CONDITIONS OF SIMULATION DROUGHT

S u m m a r y

In 2013 a vegetation field experiment was carried out at Aleksandras Stulginskis University with the aim to assess the effect of amino acids on the photosynthetic pigments of summer barley leaves under the conditions of simulation drought. Summer barley was cultivated in *Orthieutric* Gleysol. A breed of barley (*Hordeum vulgare* L.) called 'Aura' was cultivated during the experiment. Summer barley was cultivated under cover for 36 days after which the cover and insulation stripes were removed leaving plants to grow under natural conditions typical for the location for the remaining period of vegetation. Plants were sprayed with solutions of amino acids of 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% rates as well as solutions of amino acids with microelements at a rate of 1.5% when the soil moisture in the arable layer reached 25.1, 23.4 and 20.4%.

It was determined that efficiency of amino acids for the change in photosynthetic pigmentation in summer barley leaves depended on the moisture of quagmire. With the quagmire moisture of 25.1 and 20.4%, the chlorophyll *a* rate in 7 days after spraying was increased by spraying plants with solutions of amino acids at 2.0% rate and amino acids and microelements at 1.5% rate. The amount of chlorophyll *b* in summer barley leaves in 7 days after spraying was essentially affected by a 2.0% solution of amino acids while with the quagmire moisture of 25.1% the essential effect was seen after 28 days after spraying plants with 1.5% rate of amino acids and microelements. The positive effect of amino acids on carotenoids was determined after cover removal when plants were fertilized at the quagmire moisture of 23.4%.

Key words: amino acids, photosynthetic pigments, common barley (*Hordeum vulgare* L.), low moisture