

Aminorūgščių poveikis fotosintezės pigmentams vasarinių miežių lapuose imitacinės sausros sąlygomis

Edita Mažuolytė-Miškinė,

Irena Pranckietienė,

Rūta Dromantienė,

Viktoras Pranckietis

Aleksandro Stulginskio universitetas,
Studentų g. 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 2012 m. buvo atliktas vegetacinis lauko eksperimentas, kurio tikslas – įvertinti aminorūgščių poveikį vasarinių miežių lapų fotosintezės pigmentams drėgmės trūkumo sąlygomis. Vasariniai miežiai buvo auginami karbonatingame, giliau glėžiškame išplautžemyje (*Calcari-Endohypogleyic* Luvisol). Auginta paprastojo miežio (*Hordeum vulgare* L.) veislė 'Aurá'. Vasariniai miežiai po priedangomis auginami 35 dienas. Po 35 dienų priedangos ir izoliacinės juostos nuimtos, augalai likusį vegetacijos periodą augo įprastomis, vietai būdingomis sąlygomis. Vasariniai miežiai purškiami 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalais, kai dirvožemio ariamojo sluoksnio drėgnis pasiekė 14,5, 12,4 ir 10,5 %.

Nustatyta, kad aminorūgščių poveikis chlorofilo *a* ir *b* kiekių pokyčiams vasarinių miežių lapuose drėgmės trūkumo sąlygomis priklauso nuo dirvožemio armens drėgnio. Esant dirvožemio armens drėgniui 14,5 ir 12,4 % chlorofilo *a* ir *b* kieki, praėjus 7 dienoms po purškimo, efektyviausiai didino 0,5–2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalai. Kai dirvožemio armens drėgnis buvo 10,5 % – aminorūgščių poveikis po 7 dienų chlorofilo *a* ir *b* kiekiams buvo nereikšmingas. Esminis padidėjimas nustatytas augalus apipurškus vandeniu. Nuėmus priedangas, esmingas chlorofilo *a* kiekis nustatytas vasarinių miežių lapuose, kurie buvo tręšti 1,5 ir 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalais esant 14,5 ir 12,4 % dirvožemio armens drėgniui, o 10,5 – 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalu. Chlorofilo *b* kiekio kitimą, nuėmus priedangas, esmingai veikė 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalais esant 14,5 % dirvožemio armens drėgniui. Kitais atvejais esminis poveikis nenustatytas. Teigiamas aminorūgščių poveikis karotinoidams nustatytas esant 14,5 % dirvožemio drėgniui. Kai dirvožemio drėgnis 12,4 ir 10,5 %, aminorūgštys nekompensavo vasariniams miežiams neigiamo drėgmės trūkumo poveikio.

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

ĮVADAS

Klimato kaita tapo viena svarbiausių žmonijos problemų. Intensyvi žmogaus veikla lėmė sparčius atmosferos pokyčius. Klimato šiltėjimo pasekmės – sausros, gruntinio vandens lygio mažėjimas, ekstremalūs klimatiniai reiškiniai. Klimato pokyčiai Lietuvoje pasireiškia sparčiai didėjančia oro temperatūra ir krituliais žiemą bei nuosaikiau didėjančia temperatūra ir vasarą mažėjančiais krituliais (Rimkus, Bukantis, 2008). Remiantis E. Sto-

nevičiaus, A. Štaro ir G. Valiuškevičius (2008) dirvožemio drėgmės režimo pokyčių XXI a. prognoze pagal skirtingus klimato kaitos scenarijus, ateityje gegužės–rugpjūčio mėn. visoje Lietuvoje numatytas dirvos drėgmės sumažėjimas (vidutiniškai 15,9 %). Didžiausi pokyčiai tikėtini Vakarų Lietuvoje, ypač pajūryje, bei Šiaurės Rytų dalyje.

Visi klimato pokyčiai neigiamai veikia agroekosistemą: turi įtakos žaladarių protrūkiui, iš esmės keičia visos agroekosistemos vandens balansą, mažina augalų produktyvumą, blogina produkcijos

kokybę, turi reikšmės ir produkcijos konkurencin-gumui (Tubiello, Ewert, 2002; Poorter, Navas, 2003; IPCC, 2007; Povilaitis, Lazauskas, Kriščiukaitienė, 2009; Sakalauskienė, Brazaitytė, Šabajevienė, La-zauskas, Sakalauskaitė, Urbonavičiūtė, Samuolienė, Duchovskis, 2009). Augaluose yra įvairių apsaugos mechanizmų, padedančių kovoti su aplinkos stre-su (Ragae, Abdel-Aal, Noaman, 2006), tačiau, kai jis ilgai trunka arba yra stiprus bei trumpas, auga-lo gynybinės sistemos nualinamos arba perkrauna-mos, tai sukelia didelius augalo pakitimus arba žūtį (Alexieva, Ivanov, Sergiev, Karanov, 2003; Parida, Dagaonkar, Phalak, Umalkar, Aurangabadkar, 2007).

Dirvožemio drėgmės bei aplinkos temperatūros režimai pirmiausiai keičia augalų mitybos sąlygas, sukelia fotosintezės sistemos stresą, keičia dujų mainus augalų lapuose, sumažina anglies asimilia-ciją, turinčią įtakos augalų ląstelių atsinaujinimui (Singer, Helmy, Karas, Abou-Hadid, 2003; Lopez-Bellido, Shepherd, Barraclough, 2004; Guo, Baum, Grando, Ceccarelli, 2006; Kim, Gitz, Sicher, Baker, Timlin, Reddy, 2007; Janušauskaitė, 2009).

Eksperimentais įrodyta, kad net ir trumpai trunkantis dirvožemio įkaitimas gali pastebimai su-mažinti augalo fotosintetinį aktyvumą, augalų ant-žeminės dalies ir šaknų augimą (Tahir, Nakata, Ya-maguchi, 2005). Kaip augalas reaguos į stresą ir koks bus jo atsakas priklauso nuo stresoriaus stiprumo, trukmės ir periodiškumo (Beck, Fetting, Knake, Hartig, Bhattarai, 2007). Vienas iš natūralių augalo prisitaikymo prie sausros mechanizmų – sumažėju-si audinių dehidratacija ir vandens potencialo palai-kymas audiniuose bei suintensyvėjusi abscizo rūgš-ties sintezė (Vasquez-Robinet, Mane, Ulanov, 2008). Tyrimais nustatyta, kad aminorūgštys, panaudotos augalų tręšimui, skatina augalų kvėpavimo, foto-sintezės, vandens apytakos procesus, didina askor-bo rūgšties koncentraciją, greitina baltymų sintezę, skatina augalo augimą bei derliaus formavimąsi (Alaru, Laur, Jaama, 2003; Meijer, 2003). Nustatyta, kad dėl aminorūgščių poveikio sutrumpėja derliaus brendimo laikas, suaktyvėja chlorofilų funkcija, pa-didėja svarbių aminorūgščių – lizino, treonino ir triptofano bei cukrų kiekis (Azevedo, Lancien, Lea, 2006). Žiemičius kviečius tręšiant per lapus amino-rūgščių trąšomis, šių medžiagų sorbcija nepriklauso nuo chlorofilo funkcijos, todėl augalai jas gali pa-naudoti tiesiogiai ir taip sutaupyti energijos.

Natūralios augalų adaptacijos tyrimams esant įvairiems stresoriams pastaruoju metu skiriamas vis

didesnis dėmesys, tačiau nepakanka tyrimų, kurie analizuotų biogeninių augimo stimuliatorių efekty-vumą sausros metu.

Tyrimų tikslas – įvertinti aminorūgščių povei-kį vasarinių miežių lapų fotosintezės pigmentams drėgmės trūkumo sąlygomis.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Eksperimentas atliktas 2012 m. karbonatingame, giliau glėjiškame išplautžemyje (*Calcari-Endohypo-gleyic* Luvisol). Granulimetrinė sudėtis – drenuotas vidutinio sunkumo priemolis ant priesmėlio, paklotu ant moreninio molio. Dirvožemio ariamojo sluoksnio pH – 7,0, judriojo fosforo – 107 mg kg⁻¹, judriojo kalio – 140 mg kg⁻¹, mineralinio azo-to – 10,33 mg kg⁻¹ dirvožemio. Eksperimento laukeliai nuo kritulių uždengti polietilene prie-danga, nuo paviršinės drėgmės apsaugoti ir izolia-cinėmis juostomis. Dirvožemio ariamojo sluoksnio drėgnio vertė pateikta vidutinė, įvertinus dešimties vietų (taškų) drėgnį. Drėgnis matuotas Delta-T De-vices dirvos drėgmės matuokliu *HH2*. Vasariniai miežiai po priedangomis auginti 35 dienas, priedan-gos uždengtos vasarinių miežių krūmijimosi tarp-snio pradžioje (BBCH 21). Priedangos ir izoliacinės juostos nuimtos po 35 dienų, augalai tęsė vegetaciją įprastinėmis, vietovei būdingomis sąlygomis.

Eksperimento schema: A veiksnys – skirtingų koncentracijų aminorūgštys, B veiksnys – purškimo aminorūgštimis laikas. Vasariniai miežiai imitacinės sausros (dirvožemio armens drėgnis 14,5–10,5 %) metu buvo: netręšti (kontrolė) ir purkšti vandeniu (200 l ha⁻¹); tręšti 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalais. Šių koncentracijų aminorūgš-čių tirpalais (tirpalo kiekis – 200 l ha⁻¹) vasariniai miežiai purkšti BBCH 21 tarpsnyje, kai dirvožemio ariamojo sluoksnio drėgnis pasiekė 14,5 %; BBCH 26 (drėgnis – 12,4 %) ir BBCH 32 (drėgnis – 10,5 %, t. y. pirmasis augalų blokas (36 laukeliai) purkštas po 5 dienų, antrasis – 10 ir trečiasis – po 16 dienų už-dėjus priedangas. Aminorūgščių, naudotų vasarinių miežių tręšimui, 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), arginino (2,79), treonino (2,2), fenilalanino (3,29), hidroksiprolino (3,49), prolino (10,48).

Prieš vasarinių miežių sėją buvo išbertos kompleksinės NPK 17–17–17 trąšos (N₈₅P₈₅K₈₅),

papildomai augalai patręšti krūmijimosi tarpsniu amonio salietra (N_{20}). Eksperimente auginta prastojo miežio (*Hordeum vulgare* L.) veislė 'Aura'.

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

Aminorūgščių poveikio fotosintezės pigmentų dinamikai vegetacijos metu nustatyti iš kiekvieno varianto laukelio trijų pakartojimų atsitiktinai paimta po šešis augalus kiekvienai analizei. Augalų ėminiai paimti po purškimo praėjus: 7 (BBCH 26), 14 (BBCH 32), 21 (BBCH 39), 28 (BBCH 46) ir 35 (BBCH 53) dienoms, kai vasariniai miežiai purkšti esant 14,5 % dirvožemio armens drėgniui; 7 (BBCH 32), 14 (BBCH 39), 21 (BBCH 46) ir 28 (BBCH 53) dienoms, kai vasariniai miežiai purkšti esant 12,4 % dirvožemio armens drėgniui; 7 (BBCH 39), 14 (BBCH 46) ir 21 (BBCH 53) dienai, kai vasariniai miežiai purkšti esant 10,5 % dirvožemio armens drėgniui. Nuėmus priedangas, po 7 dienų, t. y. praėjus po purškimo 35, 28 ir 21 dienai, įvertinti chlorofilo *a*, *b* ir karotinoidų kiekio pokyčiai vasariniams miežiams augant įprastinėmis sąlygomis (per 7 dienas kritulių iškrito 30,8 mm).

Laboratorinių analizų metodai. Dirvožemio analizės atliktos naudojant šiuos metodus: dirvožemio pH 1N KCl ištraukoje – potenciometrinis (ISO 10390), judrieji fosforas ir kalis A-L (GOST 26208-84), mineralinis azotas – $N-NO_3+N-NH_4$ – 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). Pigmentų koncentracija (mg l⁻¹) apskaičiuota pagal formules:

$$C_a = 9,784 \cdot D_{662} - 0,99 \cdot D_{644};$$

$$C_b = 21,426 \cdot D_{644} - 4,650 \cdot D_{662};$$

$$C_a + C_b = 5,134 D_{662} + 20,436 D_{644};$$

$$C_{kar.} = 4,695 D_{440,5} - 0,268 (C_a + C_b).$$

C_a – chlorofilo *a* koncentracija; C_b – chlorofilo *b* koncentracija mg l⁻¹; $C_{kar.}$ karotinoidų koncentracija mg l⁻¹; D – eksperimento būdu gauti optinio tan-

čio duomenys esant nurodytiems bangos ilgiams; koeficientai – chlorofilo sugėrimo koeficientai esant tam tikram bangos ilgiui.

Pigmentų kiekis (mg g⁻¹) apskaičiuotas pagal formulę:

$$X = C \cdot V \cdot 100 / n \cdot 1000;$$

C – pigmentų koncentracija mg l⁻¹; V – pigmentų ištraukos tūris (ekstrakto kiekis) ml; n – analizuojamo bandinio masė.

Pigmentų kiekis (mg g⁻¹) apskaičiuotas įvertinus analizuojamos medžiagos drėgnį ir perskaičiuota esant vienodam (75 %) drėgniui.

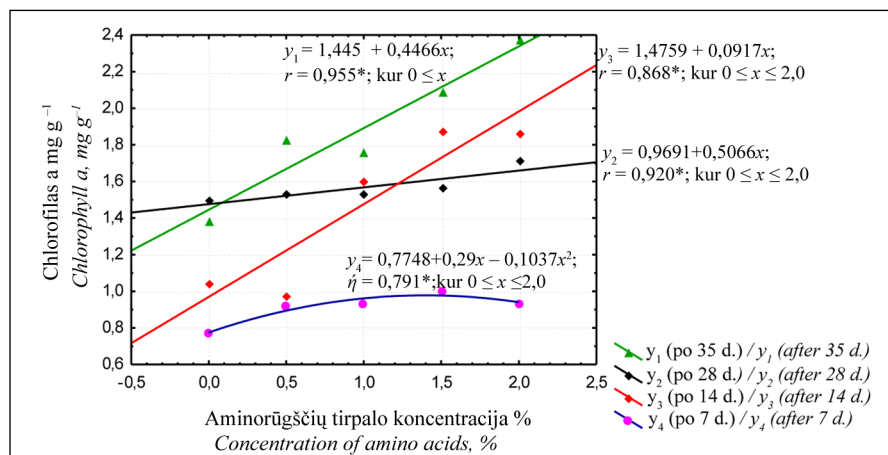
Duomenų statistinė analizė. Tyrimų duomenys įvertinti dispersinės analizės metodu ANOVA, programinis paketas SELEKCIJA (Tarakanovas, Raudonius, 2003). Koreliacija ir regresija nustatyta naudojant kompiuterinę programą STATISTICA 7 (Hill, Levicki, 2005; Čekanavičius, Murauskas, 2006). Bandymų duomenų 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 vienas pagrindinių fiziologinių procesų, lemiančių augalų produktyvumą. Efektyvią fotosintezės veiklą užtikrina optimalus fotosintetinių pigmentų kiekis ir santykis (Scebba, Soldatini, Ranieri, 2003). Siekiant nustatyti aminorūgščių poveikį vasarinių miežių vystymuisi esant drėgmės trūkumui, buvo įvertinti svarbiausi fotosintezės funkcionavimą ir produktyvumą lemiantys rodikliai – fotosintezės pigmentai (chlorofilas *a* ir *b* bei karotinoidai) bei jų pokyčiai vegetacijos metu.

Vasarinius miežius tręšiant aminorūgštimis, kai dirvožemio armens drėgnis 14,5 %, esminis poveikis chlorofilo *a* kiekiui nustatytas panaudojus 0,5–2,0 % koncentracijų tirpalus (1 pav.). Tyrimų duomenimis, po tręšimo aminorūgštimis praėjus 7 dienoms, augalų lapuose susikaupė iš esmės (0,15–0,23 mg g⁻¹) daugiau chlorofilo *a*, palyginti su kontroliniais augalais, tačiau su vandeniu apipurkštais augalais – skirtumai nebuvo esminiai. Analizuojant chlorofilo *a* kiekio dinamiką vegetacijos metu nustatyta, kad praėjus 14 dienų po tręšimo liekamasis



1 pav. Chlorofilo *a* kiekio (y , mg g^{-1}) vasarinių miežių lapuose priklausomumas nuo aminorūgščių koncentracijų tirpale (x , %) (augalai purkšti esant 14,5 % dirvožemio armens drėgniui)

Fig. 1. Dependence of the amount of chlorophyll *a* (y , mg g^{-1}) in leaves of summer barley on contents of amino acids in the solution (x , %) (plants were sprayed when moisture of soil quagmire was 14.5%)

* statistiškai patikima esant 95 % tikimybės lygiui.

ir esminis teigiamas aminorūgščių poveikis išliko naudojant 1,0, 1,5 ir 2,0 %, po 21 dienos – 1,5 ir 2 %, o po 28 dienų – 2,0 % koncentracijų tirpalus.

Tarpusavyje palyginus skirtingų koncentracijų aminorūgščių poveikį, nustatyta, kad esminiu teigiamu poveikiu išsiskyrė 1,5 ir 2,0 % koncentracijų tirpalai, o vasariniams miežiams sudarius įprastines sąlygas – esminis teigiamas aminorūgščių poveikis išliko nuo 2,0 % koncentracijos tirpalo. Apibendrinę šiuos rodiklius, galime teigti, kad vasariniai miežiai drėgmės trūkumo sąlygomis tręšti aminorūgštimis sintetino didesnę chlorofilo *a* kiekį, t. y. lengviau adaptavosi prie pakitusių sąlygų. Analizuojant kitų tyrėjų (Dromantienė, 2011) atliktus eksperimentus taip pat nustatyta, kad didžiausias aminorūgščių efektyvumas žieminių kviečių lapuose chlorofilo *a* kiekiui nustatytas trūkstam drėgmei.

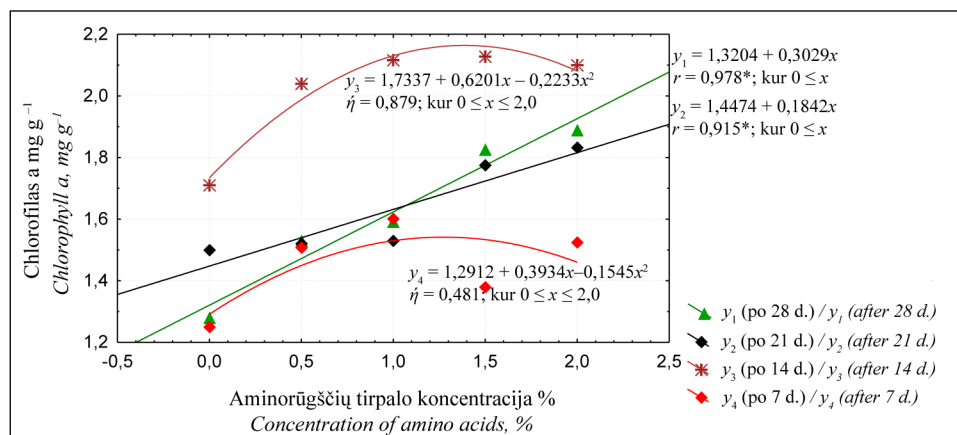
Chlorofilo *a* kiekis vasarinių miežių lapuose 35 dieną (7 dienos po priedangų nuėmimo) suteikė informacijos apie regeneracijos galimybes patyrus drėgmės trūkumo stresą. Analizuojant duomenis nustatyta, kad esminiai didesni chlorofilo *a* kiekiai buvo vasarinių miežių, apipurkštų 1,5 (atitinkamai 0,70 ir 0,99 mg g^{-1}) ir 2,0 % (0,13 ir 0,42 mg g^{-1}) koncentracijos aminorūgščių tirpalais, palyginti su kontrole ir vandeniu purkštais augalais.

Koreliacinė regresinė analizė parodė, kad chlorofilo *a* kiekio priklausomybę nuo aminorūgščių

tirpalų koncentracijų 7 dieną po vasarinių miežių tręšimo geriausiai aprašė kvadratinė lygtis, o 14, 28 ir 35 dienomis – tiesinės lygtys. Nustatyti stiprūs ir labai stiprūs koreliaciniai ryšiai statistiškai patikimi esant 95 % tikimybės lygiui tarp minėtų rodiklių (1 pav.).

Vasarinius miežius apipurškus vandeniu esant 14,5 % dirvožemio armens drėgmei, nustatytas esminis chlorofilo *a* kiekio padidėjimas 21 dieną, palyginti su kontroliniais augalais. Nors po 28 dienų, apipurškus augalus vandeniu, esminis teigiamas vandens poveikis chlorofilo *a* kiekiui nenustatytas, tačiau šie vasariniai miežiai, augdami įprastinėmis aplinkos sąlygomis, (t. y. 35 dieną po purškimo) sintetino iš esmės (0,57 mg g^{-1}) didesnę chlorofilo *a* kiekį (4 pav.).

Vasarinius miežius aminorūgštimis tręšiant esant 12,4 % dirvožemio armens drėgmei, chlorofilo *a* kiekį lapuose (po tręšimo praėjus 7 ir 14 dienų) iš esmės didino 0,5–2,0 % koncentracijų aminorūgščių tirpalai (atitinkamai – 0,26–0,35 mg g^{-1} ir 0,28–0,37 mg g^{-1}) (2 pav.). Po 7 dienų didžiausias (1,60 mg g^{-1}) chlorofilo *a* kiekis nustatytas vasarinių miežių lapuose, kurie buvo tręšti 1,0 % aminorūgščių koncentracijos tirpalu, šio laukelio augalai sukauptė esminiai didesnę chlorofilo *a* kiekį, palyginti su kitais, tręštais aminorūgštimis, augalais. Vėlesniu vegetacijos laikotarpiu esminiu liekamuoju poveikiu



2 pav. Chlorofilo *a* kiekio (y , mg g⁻¹) vasarinių miežių lapuose priklausomumas nuo aminorūgščių koncentracijų tirpale (x , %) (augalai purškšti esant 12,4 % dirvožemio armens drėgniui)

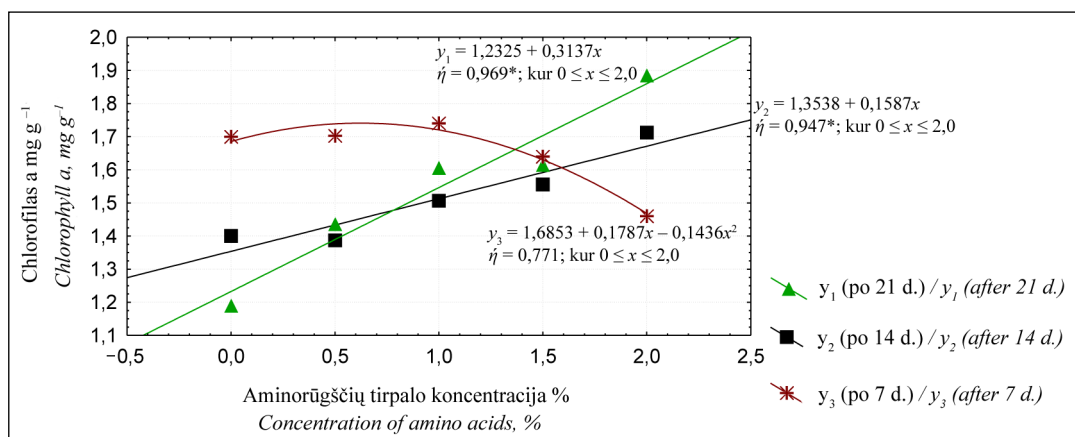
Fig. 2. Dependence of the amount of chlorophyll *a* (y , mg g⁻¹) in leaves of summer barley on contents of amino acids in the solution (x , %) (plants were sprayed when moisture of soil quagmire was 12.4%)

* statistiškai patikima esant 95 % tikimybės lygiui.

pasižymėjo didesnės koncentracijos aminorūgščių tirpalai, t. y. 1,5 ir 2,0 %. Nustatyta, kad didžiausias (1,72 ir 2,49 mg g⁻¹) chlorofilo *a* kiekis ir esminis jo kiekio padidėjimas po 7 (0,12–0,34 mg g⁻¹) ir 14 dienų (0,36–0,45 mg g⁻¹) buvo vandeniui purkštų augalų lapuose, palyginti su aminorūgštimis tręštais augalais. Remiantis duomenimis, gautais 21 ir 28 dieną po purškimo vandeniui, galima teigti, kad teigiamas vandens poveikis išliko 14 dienų, vėliau vandens poveikis chlorofilo *a* kiekio pokyčiams nenustatytas (4 pav.).

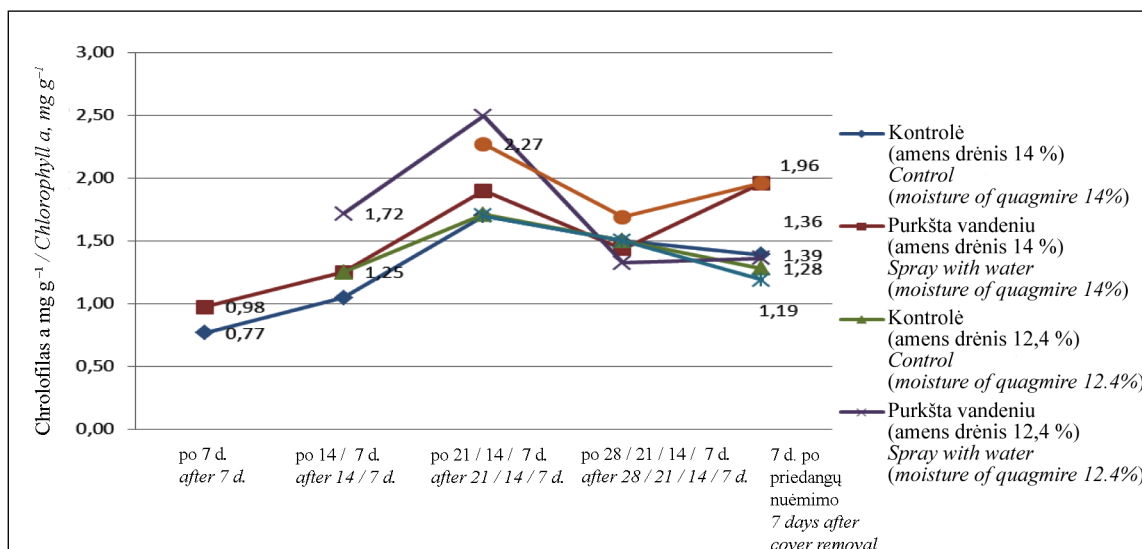
Chlorofilo *a* kiekio lapuose duomenų analizė po purškimo praėjus 28 dienoms (7 dienos nuėmus priešdangas) parodė, kad kai dirvožemio armens sluoksnio drėgnis 12,4 %, o drėgmės trūkumas iki purškimo tęsiasi 10 dienų, vasarinius miežius tikslingiausia tręšti 1,5 arba 2,0 % koncentracijų aminorūgščių tirpalais.

Kai dirvožemio armens sluoksnio drėgnis 12,4 %, chlorofilo *a* kiekio priklausomybę nuo aminorūgščių koncentracijų, po tręšimo praėjus 7 dienoms, statistiškai patikimai aprašė kvadratinė lygtis, po 14, 21 ir 28 dienų – tiesinės lygtys (3 pav.).



3 pav. Chlorofilo *a* kiekio (y , mg g⁻¹) vasarinių miežių lapuose priklausomumas nuo aminorūgščių koncentracijų tirpale (x , %) (augalai purškšti esant 10,5 % dirvožemio armens drėgniui)

Fig. 3. Dependence of the amount of chlorophyll *a* (y , mg g⁻¹) in leaves of summer barley on contents of amino acids in the solution (x , %) (plants were sprayed when moisture of soil quagmire was 10.5%)



4 pav. Chlorofilo *a* kiekio dinamika vasarinių miežių lapuose (purškiant vandeniu imitacinės sausros sąlygomis)

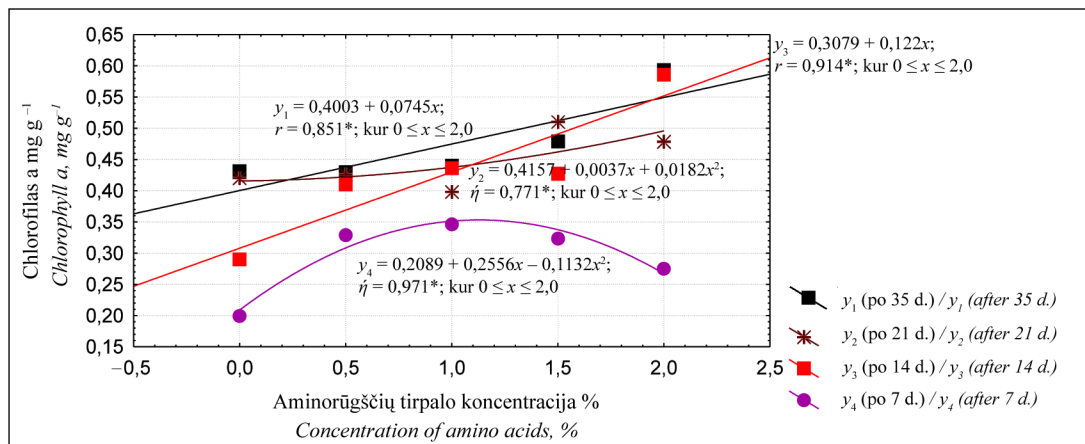
Fig. 4. Dynamics of chlorophyll *a* content in leaves of summer barley in conditions of imitative drought under the effect of water

Dirvožemio armens drėgnumui pasiekus 10,5 %, aminorūgščių poveikis chlorofilo *a* kiekiui po 7 dienų buvo nereikšmingas. Šiuo atveju esmingas chlorofilo *a* kiekio padidėjimas (0,57–0,81 mg g⁻¹), palyginti tiek su kontrole, tiek su aminorūgštimis tręštais augalais, nustatytas vasarinius miežius apipurškus vandeniu (4 pav.). Po purškimo praėjus 14 dienų, išliko stiprus vandens poveikis chlorofilo *a* kiekiui vasarinių miežių lapuose (4 pav.), o esminis teigiamas aminorūgščių poveikis nustatytas panaudojus ir 2,0 % aminorūgščių tirpalą (3 pav.). Chlorofilo *a* kiekio lapuose duomenų analizė 21 dieną (7 dienos po priedangų nuėmimo) parodė, kad vasarinius miežius tikslingiausia tręšti 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalu, analogiški duomenys gauti purškiant vandeniu. Koreliacinė regresinė analizė tarp chlorofilo *a* kiekio ir aminorūgščių tirpalų koncentracijų 7 dieną po vasarinių miežių apipurškimo geriausiai aprašė kvadratinę lygtį, o 14 ir 21 dienomis – tiesinės lygtys. Nustatytas stiprus ir labai stiprus koreliacinis ryšys tarp minėtų rodiklių.

Remiantis statistine duomenų analize ($x_{\text{ekstr.}}$) nustatyta, kad chlorofilo *a* kiekį, po purškimo praėjus 7 dienoms, efektyviausiai didino 1,3 % (dirvožemio armens drėgnis 14 %), 1,2 % (dirvožemio armens drėgnis 12,4 %) ir 0,6 % (dirvožemio armens drėgnis 10,5 %) koncentracijos aminorūgščių tirpalai.

Stabilumu pasižymintio fotosintezės pigmento chlorofilo *b* (D. A. Kopsell, D. E. Kopsell, Lefsrud, Curran-Celentano, Dukach, 2004) kiekio kitimo tendencijos vasarinių miežių lapuose (veikiant aminorūgščių tirpalais, esant drėgmės trūkumui) pateiktos 5–6 pav. Tyrimų duomenimis, vasariniai miežiai, patręšti 0,5–2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalais, esant 14,5 % dirvožemio armens drėgnumui po 7 dienų lapuose sukaupe iš esmės (0,08–0,15 mg g⁻¹) daugiau chlorofilo *b*, palyginti su kontroliniais augalais. Analogiška chlorofilo *b* kiekio kitimo tendencija nustatyta ir po 14 dienų (5 pav.). Po 21 dienos teigiamą poveikį chlorofilo *b* kiekiui turėjo 1,5 ir 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalai. Šių vasarinių miežių lapuose chlorofilo *b* kiekis buvo 0,33–0,39 mg g⁻¹ didesnis, palyginti su kontroliniais, vandeniu nepuršktais augalais, ir 0,13–0,19 mg g⁻¹, palyginti su vandeniu puršktais augalais. 28 dieną bei po augalų perkėlimo į įprastines sąlygas teigiamas esminis poveikis buvo nuo 2,0 % aminorūgščių koncentracijos tirpalo. Vandens poveikis po 35 dienų buvo tik neesminiai mažesnis, palyginti su 2,0 % aminorūgščių koncentracijos tirpalu, tačiau iš esmės didesnis, palyginti su 0,5–1,5 % koncentracijos tirpalais (6 pav.).

Atlikta statistinė analizė parodė, kad chlorofilo *b* kiekio priklausomumą nuo aminorūgščių koncentracijų, po purškimo praėjus 7 dienoms,



5 pav. Chlorofilo b kiekio (y , mg g^{-1}) vasarinių miežių lapuose priklausomumas nuo aminorūgščių koncentracijų tirpale (x , %) (augalai purkšti esant 14,5 % dirvožemio armens drėgnumui)

Fig. 5. Dependence of the amount of chlorophyll b (y , mg g^{-1}) in leaves of summer barley on contents of amino acids in the solution (x , %) (plants were sprayed when moisture of soil quagmire was 14.5%)

*statistiškai patikima esant 95 % tikimybės lygiui.

aprašė kvadratinė, o po 14, 21 ir 35 dienų – tiesinės lygtys (5 pav.).

Vidutiniais duomenimis, vasarinius miežius aminorūgštimis purškiant esant 12,4 % dirvožemio armens drėgnumui, teigiamas aminorūgščių poveikis chlorofilo b kiekiui nustatytas po purškimo praėjus 7 dienoms, palyginti su kontroliniais augalais. Šio laikotarpio duomenys rodo, kad yra

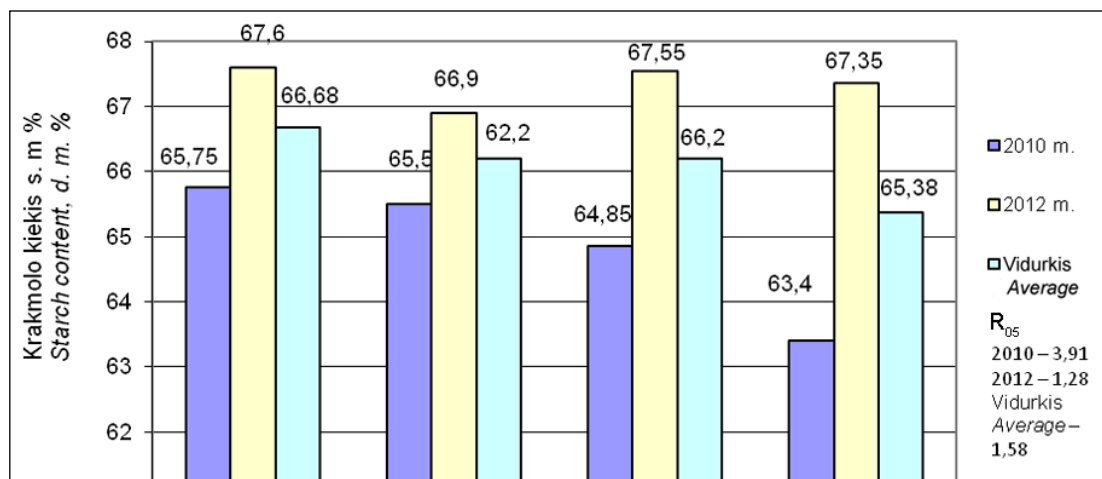
stiprus ir patikimas ryšys tarp chlorofilo b ir aminorūgščių koncentracijų tirpale. Vėliau, t. y. 14, 21 ir 28 dienomis chlorofilo b kiekio pokyčiai buvo neesminiai (1 lentelė).

Vasarinius miežius 10 sausros dieną apipurškus vandeniu, po 7 ir 14 dienų lapuose nustatytas esminis chlorofilo b kiekio padidėjimas (atitinkamai 0,08–0,16 mg g^{-1} ir 0,14–0,22 mg g^{-1}), palyginti su

1 lentelė. Chlorofilo b kiekio dinamika vasarinių miežių lapuose vegetacijos metu dėl aminorūgščių poveikio (augalai purkšti esant 12,4 % dirvožemio armens drėgnumui)

Table 1. Dynamics of the amount of chlorophyll b in leaves of summer barley during the period of vegetation under the effect of amino acids (plants were sprayed when moisture of soil quagmire was 12.4%)

Variantai Rates	Chlorofilas b mg g^{-1} / Chlorophyll b, mg g^{-1}			
	Laikas po purškimo / Time after spraying			
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days	po 21 dienos in 21 days	po 28 dienų (7 dienos nuėmus priedangas) in 28 days (7 days after cover removal)
Kontrolė (nepurkšta vandeniu) Control (not sprayed with water)	0,29	0,43	0,44	0,43
Kontrolė (purkšta vandeniu) Control (sprayed with water)	0,53*	0,77*	0,41	0,34
Aminorūgštys 0,5 % / Amino acids, 0.5%	0,37*	0,57*	0,39*	0,46
Aminorūgštys 1,0 % / Amino acids, 1.0%	0,38*	0,55*	0,40*	0,42
Aminorūgštys 1,5 % / Amino acids, 1.5%	0,42*	0,58*	0,46	0,45
Aminorūgštys 2,0 % / Amino acids, 2.0%	0,45*	0,63*	0,46	0,53*
R_{05} / LSD_{05}	0,040	0,045	0,028	0,075



6 pav. Chlorofilo *b* kiekio dinamika vasarinių miežių lapuose imitacinės sausros sąlygomis purškiant vandeniu

Fig. 6. Dynamics of chlorophyll *b* content in leaves of summer barley in conditions of imitative draught under the effect of water

visais aminorūgštimis puršktais augalais. Teigiamas vandens poveikis po purškimo tęsėsi 14 dienų, vėliau, 21 ir 28 dieną, esminis vandens poveikis chlorofilo *b* kiekiui nenustatytas (6 pav.).

Vasarinius miežius tręšiant aminorūgštimis, kai dirvožemio armens drėgnis 10,5 %, jų esminis teigiamas poveikis po 7 ir 14 dienų nenustatytas. Kai augalai įprastinėmis sąlygomis chlorofilo *b* lapuose sukaupti iš esmės – 0,12–0,31 mg g⁻¹ daugiau, palyginti su kontrole, ir 0,07–0,26 mg g⁻¹, palyginti

su vandeniu puršktais augalais, kurie buvo patręšti 0,5–1,5 % koncentracijos aminorūgščių tirpalais (2 lentelė). Didžiausias chlorofilo *b* kiekis susikauptė vasarinių miežių lapuose, tręštų 1,0 % koncentracijos tirpalu. R. Dromantienė (2011), tyrinėjama chlorofilo *b* kiekio pokyčius žieminių kviečių lapuose, nustatė, kad aminorūgštys skatino chlorofilo *b* sintezę žieminių kviečių lapuose, o esant ekstremalioms meteorologinėms sąlygoms padėjo išlaikyti chlorofilo *b* stabilumą.

2 lentelė. Chlorofilo *b* kiekio dinamika vasarinių miežių lapuose vegetacijos metu dėl aminorūgščių poveikio (augalai purškiami esant 10,5 % dirvožemio armens drėgnumui)

Table 2. Dynamics of the amount of chlorophyll *b* in leaves of summer barley during the period of vegetation under the effect of amino acids (plants were sprayed when moisture of soil quagmire was 10.5%)

Variantai Rates	Chlorofilas <i>b</i> mg g ⁻¹ / Chlorophyll <i>b</i> , mg g ⁻¹		
	Laikas po purškimo / Time after spraying		
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days	po 21 dienos (7 dienos nuėmus priedangas) in 21 days (7 days after cover removal)
Kontrolė (nepurškta vandeniu) Control (not sprayed with water)	0,62	0,44	0,43
Kontrolė (purškta vandeniu) / Control (sprayed with water)	0,58	0,48	0,48
Aminorūgštys 0,5 % / Amino acids, 0.5%	0,58	0,48	0,56*
Aminorūgštys 1,0 % / Amino acids, 1.0%	0,63	0,44	0,74*
Aminorūgštys 1,5 % / Amino acids, 1.5%	0,65	0,48	0,55*
Aminorūgštys 2,0 % / Amino acids, 2.0%	0,6	0,52*	0,50*
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,035	0,052	0,067

Koreliacinė regresinė analizė parodė, kad priklausomybė tarp aminorūgščių koncentracijų ir chlorofilo *b* vasarinių miežių lapuose buvo stipri ($r_{po\ 7\ d.} = 0,747$; $r_{po\ 14\ d.} = 0,787$ ir $r_{po\ 21\ d.} = 0,681$), tačiau nepatikima.

Karotinoidai – svarbūs fotosintezės sistemos apsaugai nuo labai didelio šviesos intensyvumo, todėl jų kiekis ypač svarbus esant drėgmės trūkumui, nes sausra dažniausiai lydima aukštos oro temperatūros ir intensyvaus saulės srauto. B. Demming-Adams ir W. W. Adams (1996) nurodo, kad kintant augimo sąlygoms karotinoidų kiekis augalų lapuose taip pat keičiasi. Visais atvejais, kai vasariniai miežiai buvo tręšti aminorūgštimis esant 14,5 % dirvožemio armens drėgniui, karotinoidų kiekis lapuose susikaupė didesnis naudojant 1,5–2,0 % koncentracijos tirpalus (3 lentelė). Vasarinius miežius apipurškus vandeniu, po purškimo praėjus 7 dienoms, nustatytas esminis (0,13 mg g⁻¹) karotinoidų kiekio padidėjimas. Esminis (0,18 mg g⁻¹) vandens poveikis nustatytas ir augaluose, praėjus 7 dienoms po priedangų nuėmimo, palyginti su aminorūgštimis purkštais augalais.

Kai dirvožemio armens drėgnis buvo 12,4 %, karotinoidų kiekis lapuose dėl aminorūgščių po-

veikio kito nedėsniai: esminis karotinoidų kiekio padidėjimas lapuose po 7 dienų nustatytas panaudojus 1,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalą, po 14 dienų ir praėjus 7 dienoms po priedangų nuėmimo – 0,5 % koncentracijos aminorūgščių tirpalą (4 lentelė).

Eksperimento duomenimis, aminorūgščių poveikis karotinoidų kiekiui, po tręšimo praėjus 7 ir 14 dienų, vasarinių miežių lapuose nebuvo esminis, kai dirvožemio ariamojo sluoksnio drėgnis buvo 10,5 % (5 lentelė). Teigiamas 1,0 ir 1,5 % aminorūgščių tirpalų poveikis pasireiškė po 7 dienų nuėmus priedangas, kai per 6 dienas iškrito 30,8 mm kritulių. Šių laukelių augalų lapuose susikaupė iš esmės (atitinkamai 0,31 ir 0,12 mg g⁻¹) didesnis karotinoidų kiekis.

Eksperimento duomenys ir atlikta statistinė analizė atskleidė, kad aminorūgščių poveikis chlorofilo *a* ir *b* kiekiui trūkstam dirvožemyje drėgmės skiriasi priklausomai nuo tirpalų koncentracijų, dirvožemio ariamojo sluoksnio drėgnio ir drėgmės trūkumo laiko. Eksperimente naudotos skirtingos aminorūgščių tirpalų koncentracijos turėjo reikšmės ir chlorofilo *a* ir *b* dinamikai vasarinių miežių krūmijimosi–bambėjimo tarpsniu. Tendencingas

3 lentelė. Karotinoidų kiekio dinamika vasarinių miežių lapuose vegetacijos metu dėl aminorūgščių poveikio (augalai purkšti esant 14,5 % dirvožemio armens drėgniui)

Table 3. Dynamics of the amount of carotenoids in leaves of summer barley during the period of vegetation under the effect of amino acids (plants were sprayed when moisture of soil quagmire was 14.5%)

Variantai Rates	Karotinoidai mg g ⁻¹ / Carotenoids, mg g ⁻¹				
	Laikas po purškimo / Time after spraying				
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days	po 21 dienos in 21 days	po 28 dienų in 28 days	po 35 dienų (7 dienos nuėmus priedangas) in 35 days (7 days after cover removal)
Kontrolė (nepurkšta vandeniu) Control (not sprayed with water)	0,31	0,56	0,96	0,76	0,72
Kontrolė (purkšta vandeniu) Control (sprayed with water)	0,44*	0,54	0,97	0,71	0,90*
Aminorūgštys 0,5 % Amino acids, 0.5%	0,45*	0,51	0,70*	0,53*	0,75
Aminorūgštys 1,0 % Amino acids, 1.0%	0,45*	0,73*	0,70*	0,68*	0,68
Aminorūgštys 1,5 % Amino acids, 1.5%	0,51*	0,76*	0,99	0,69	0,90*
Aminorūgštys 2,0 % Amino acids, 2.0%	0,31	0,98*	0,76*	0,82*	1,04*
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,045	0,056	0,033	0,068	0,072

4 lentelė. Karotinoidų kiekio dinamika vasarinių miežių lapuose vegetacijos metu dėl aminorūgščių poveikio (augalai puršksti esant 12,4 % dirvožemio armens drėgnumui)

Table 4. Dynamics of the amount of carotenoids in leaves of summer barley during the period of vegetation under the effect of amino acids (plants were sprayed when moisture of soil quagmire was 12.4%)

Variantai Rates	Karotinoidai mg g ⁻¹ / Carotenoids, mg g ⁻¹			
	Laikas po purškimo / Time after spraying			
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days	po 21 dienos in 21 days	po 28 dienų (7 dienos nuėmus priedangas) in 28 days (7 days after cover removal)
Kontrolė (nepurškta vandeniui) Control (not sprayed with water)	0,65	0,96	0,76	0,72
Kontrolė (purškta vandeniui) Control (sprayed with water)	0,84*	1,09*	0,65	0,54
Aminorūgštys 0,5 % Amino acids, 0.5%	0,64	1,11*	0,41	0,94*
Aminorūgštys 1,0 % Amino acids, 1.0%	0,73*	0,84	0,32	0,59
Aminorūgštys 1,5 % Amino acids, 1.5%	0,69	0,81	0,72	0,69
Aminorūgštys 2,0 % Amino acids, 2.0%	0,72	0,98	0,77	0,77
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,073	0,095	0,058	0,100

5 lentelė. Karotinoidų kiekio dinamika vasarinių miežių lapuose vegetacijos metu dėl aminorūgščių poveikio (augalai puršksti esant 10,5 % dirvožemio armens drėgnumui)

Table 5. Dynamics of the amount of carotenoids in leaves of summer barley during the period of vegetation under the effect of amino acids (plants were sprayed when moisture of soil quagmire was 10.5%)

Variantai Rates	Karotinoidai mg g ⁻¹ / Carotenoids, mg g ⁻¹		
	Laikas po purškimo / Time after spraying		
	po 7 dienų in 7 days	po 14 dienų in 14 days	po 28 dienų (7 dienos nuėmus priedangas) in 28 days (7 days after cover removal)
Kontrolė (nepurškta vandeniui) Control (not sprayed with water)	0,96	0,76	0,72
Kontrolė (purškta vandeniui) Control (sprayed with water)	0,98	0,80	0,74
Aminorūgštys 0,5 % Amino acids, 0.5%	0,60	0,64	0,76
Aminorūgštys 1,0 % Amino acids, 1.0%	0,97	0,73	1,03*
Aminorūgštys 1,5 % Amino acids, 1.5%	0,71	0,72	0,84*
Aminorūgštys 2,0 % Amino acids, 2.0%	0,91	0,80	0,76
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,089	0,049	0,088

karotinoidų kiekio kitimas dėl aminorūgščių panaudojimo nustatytas tik vasarinius miežius purškiant aminorūgštimis, esant 14,5 % dirvožemio armens drėgmeniui. Kiti tyrėjai nustatė, kad auginant pomidorus 'Svara' ir didėjant temperatūrai, karotinoidų kiekis mažai kinta (Brazaitytė, Blažytė, Šikšnianienė, Samuolienė, Ulinskaitė, Juknys, Duchovskis, 2004). Auginant žirnius daugiausiai karotinoidų sukaupti augalai, augę +21/14 °C temperatūroje, o substrato drėgnis nesudarė esminio poveikio. R. Dromantienė (2011), analizuodama karotinoidų kiekį žieminių kviečių lapuose, nustatė, kad minėtų pigmentų kiekis žieminių kviečių lapuose dėl aminorūgščių poveikio labai priklausė nuo atskirų žiemkenčių auginimo metu.

IŠVADOS

1. Chlorofilo *a* ir *b* kiekių pokyčiai vasarinių miežių lapuose esant drėgmės trūkumui priklausė nuo dirvožemio armens drėgnio ir sausros streso metu panaudotų aminorūgščių koncentracijų.

2. Imituotos sausros metu, kai dirvožemio armens drėgnis buvo 14,5 ir 12,4 %, po purškimo praėjus 7 dienoms, chlorofilo *a* ir *b* kiekį didino visi 0,5–2,0 % koncentracijų aminorūgščių tirpalai. Dirvožemio armens drėgmeniui esant 10,5 % – aminorūgščių poveikis chlorofilo *a* ir *b* sintezei buvo nereikšmingas. Esminis padidėjimas nustatytas augalus apipurškus vandeniu.

3. Augalus iš imituotų sausros sąlygų perkėlus į įprastines augimo sąlygas, esmingas vasarinių miežių lapų chlorofilo *a* kiekio padidėjimas nustatytas, kai jie buvo tręšti 1,5 ir 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalais, o dirvožemio armens drėgnis siekė 14,5 ir 12,4 %. Esant 10,5 % dirvožemio armens drėgmeniui chlorofilo *a* kiekį esmingai didino 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalas.

4. Chlorofilo *b* kiekio kitimą, kai augalai buvo perkelti į įprastines augimo sąlygas, esmingai didino 2,0 % koncentracijos aminorūgščių tirpalas esant 14,5 % dirvožemio armens drėgmeniui. Kitais atvejais esminis poveikis nenustatytas.

5. Teigiamas aminorūgščių poveikis vasarinių miežių lapų karotinoidų sintezei nustatytas, kai augalai buvo perkelti į įprastines augimo sąlygas, o dirvožemio drėgnis buvo 14,5 %.

6. Remiantis statistine duomenų analize ir apskaičiavus x_{ekstr} , nustatyta, kad chlorofilo *a* kiekį, po purškimo praėjus 7 dienoms, efektyviausiai di-

dintų 1,3 % (dirvožemio armens drėgnis 14,5 %), 1,2 % (dirvožemio armens drėgnis 12,4 %) ir 0,6 % (dirvožemio armens drėgnis 10,5 %) koncentracijos aminorūgščių tirpalai.

Gauta 2013 09 09
Priimta 2013 12 16

LITERATŪRA

1. Alaru M., Laur U., Jaama E. 2003. Influence of nitrogen and weather conditions on the grain quality of winter triticale. *Agronomy Research*. Vol. 1. P. 3–10.
2. Alexieva V., Ivanov S., Sergiev I., Karanov E. 2003. Interaction between stresses. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. Special Issue. P. 1–17.
3. Azevedo R. A., Lancien M., Lea P. J. 2006. The aspartic acid metabolic pathway, an exciting and essential pathway in plants. *Amino Acids*. Vol. 30. P. 143–162.
4. Beck E. H., Fetting S., Knake C., Hartig K., Bhattarai T. 2007. Specific and unspecific responses of plants to cold and drought stress. *Journal of Biosciences*. Vol. 32(3). P. 501–510.
5. Brazaitytė A., Blažytė A., Šikšnianienė J. B., Samuolienė G., Ulinskaitė R., Juknys R., Duchovskis P. 2004. Pomidorų fotosintetinių pigmentų sistemos adaptacija esant kompleksiniam antropogeninių aplinkos veiksnių poveikiui. *Sodininkystė ir daržininkystė*. Nr. 23(1). P. 133–143.
6. Čekanavičius V., Murauskas G. 2006. *Statistika ir jos taikymai*. Vilnius. 239 p.
7. Demmig-Adams B., Adams W. W. 1996. The role of xanthophylls cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. *Trends in Plant Science*. Vol. 1(1). P. 62–73.
8. Dromantienė R. *Aminorūgščių panaudojimas žieminių kviečių biologinio potencialo didinimui: daktaro disertacija*. Kaunas: Akademija. 116 p.
9. Gavrilenko V. F., Zhigalova T. V. 2003. *Bolshay praktikum po fotosintezu*. Moskva. 256 s.
10. Guo P., Baum M., Grando S., Ceccarelli S. 2006. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. *Agriculture Sciences in China*. Vol. 5. Issue 10. P. 751–757.
11. Hill T., Levicki P. 2005. *Statistics Methods and Applications*. USA. 800 p.
12. *IPCC Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers*. Paris. 18 p. [žiūrėta 2013-05-12]. Prieiga per internetą: <http://www.slvwd.com/agendas/>
13. Janušauskaitė D. 2009. Tręšimo intensyvumo įtaka vasarinių kvietrugių produktyvumui bei chlorofilo indeksui vasarinių kvietrugių lapijoje. *Žemdirbystė-Agriculture*. T. 96. Nr. 4. P. 124–138.

14. Kim S-H., Gitz D. C., Sicher R. C., Baker J. T., Timlin D. J., Reddy V. R. 2007. **Temperature dependence of growth, development, and photosynthesis in maize under elevated CO₂.** *Environmental and Experimental Botany*. Vol. 61. P. 224–236.
15. Kopsell D. A., Kopsell D. E., Lefsrud M. G., Curran-Celentano J., Dukach L. E. 2004. Variation in lutein, β-carotene and chlorophyll concentrations among *Brassica oleracea* cultivars and seasons. *Hortscience*. Vol. 39(2). P. 361–364.
16. Lopez-Bellido R. J., Shepherd C. E., Barraclough P. B. 2004. Predicting post-anthesis N requirements of the nitrogen status for winter wheat crop. *Field Crop Research*. Vol. 110. Issue 1. P. 27–34.
17. Meijer A. J. 2003. Amino acids as regulators and components of nonproteinogenic pathways. *The Journal of Nutrition*. Vol. 39. P. 2057–2062.
18. 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 short-term drought stress followed by recovery. *Plant Biotechnology*. Vol. 1. P. 37–48.
19. Poorter H., Navas M. L. 2003. Plant growth and competition at elevated CO₂. *New Phytologist*. P. 157–175.
20. Povilaitis V., Lazauskas S., Kriščiukaitienė I. 2009. Javų derlingumo prognozavimas pagal tikėtinus klimato kaitos scenarijus. *Žemės ūkio mokslai*. T. 16. Nr. 3–4. P. 224–229.
21. Ragaei S., Abdel-Aal E. S. M., Noaman M. 2006. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry*. Vol. 98. P. 32–38.
22. Rasiukevičiūtė N., Sakalauskiene S., Brazaitytė A., Duchovskis P. 2011. Kompleksinis temperatūros ir drėgmės poveikis sėjamojo žirnio (*Pisum sativum* L.) fiziologiniams rodikliams. *Sodininkystė ir daržininkystė*. Nr. 30(2). P. 85–93.
23. Rimkus E., Bukantis A. 2008. Climate Change in Lithuania. *Climate Change and Forest Ecosystems: International Scientific Conference, 22–23 October*. Vilnius. P. 141–142.
24. Sakalauskiene S., Brazaitytė A., Šabajevienė G., Lazauskas S., Sakalauskaitė J., Urbonavičiūtė A., Samuolienė G., Duchovskis P. 2009. Kompleksinis aplinkos veiksnių poveikis sėjamojo žirnio (*Pisum sativum* L.) fiziologiniams rodikliams organogenezės III–IV etapais. *Žemdirbystė-Agriculture*. T. 96. Nr. 3. P. 93–101.
25. Scabba F., Soldatini G., Ranieri A. 2003. Ozone differentially affects and biochemical responses of two clover species: *Trifolium repens* and *Trifolium pratense*. *Environmental Pollution*. No. 123. P. 209–216.
26. Singer S. M., Helmy Y. I., Karas A. N., Abou-Hadid A. 2003. Influences of different water stress treatments on growth, development and production of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Horticulturae*. P. 605–611.
27. Stonevičius E., Štaras A., Valiuškevičius G. 2008. Dirvožemio drėgmės režimo pokyčių XXI a. prognozės pagal skirtingus klimato kaitos scenarijus. *Geografija*. T. 44. Nr. 1. P. 17–25.
28. Tahir I. S. A., Nakata N., Yamaguchi T. 2005. Can leaf chlorophyll measure at differing growth stages be used as an indicator of winter wheat and spring barley nitrogen requirements in Eastern Canada. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Vol. 191. P. 393–399.
29. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPILT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. *Akademija, Kėdainių r.* 57 p.
30. Tubiello F. N., Ewert F. 2002. **Stimulating the effects of elevated CO₂ on crops: approaches and applications for climate change.** *European Journal of Agronomy*. Vol. 18. P. 57–74.
31. Vasquez-Robinet C., Mane Sh. P., Ulanov A. V. 2008. Physiological and molecular adaptations to drought in Andean potato genotypes. *Experimental Botany*. Vol. 59(8). No. 2. P. 2109–2123.

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

THE EFFECT OF AMINO ACIDS ON THE PIGMENTS OF PHOTOSYNTHESIS IN THE LEAVES OF SUMMER BARLEY UNDER THE CONDITIONS OF MOISTURE SHORTAGE

S u m m a r y

A vegetation field experiment was carried out at Aleksandras Stulginskis University in 2012. The aim of the experiment was to evaluate the effect of amino acids on the pigments of photosynthesis in the leaves of summer barley under the conditions of moisture shortage. Summer barley was grown in carbonate rich luvisol with deeper layers of gleyic soil (*Calcari-Endohypogleyic* Luvisol). *Aura*, a breed of common barley (*Hordeum vulgare* L.), was grown. Summer barley was grown under cover for 35 days. After 35 days the cover and insulation lines were removed and plants kept on growing under usual location-specific conditions for the rest of the vegetation period. Summer barley was sprayed with 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% contents of amino acids when the moisture of the soils arable layer reached 14.5, 12.4 and 10.5%.

It was determined that the effect of amino acids on content changes of chlorophyll *a* and *b* in summer barley

leaves under conditions of moisture shortage depended on the moisture of soil quagmire. If the moisture of soil quagmire was 14.5% and 12.4%, the content of chlorophyll *a* and *b* 7 days after spraying was most effectively increased by amino acid solutions of 0.5–2.0%. When the moisture of soil quagmire was 10.5%, the effect of amino acids on the content of chlorophyll *a* and *b* 7 days after spraying was insignificant. Essential increase was observed when plants were sprayed with water. After covers were removed, the essential content of chlorophyll *a* was found in leaves of summer barley that had had 1.5 and 2.0% amino acid solutions applied when the moisture of soil quagmire was 14.5 and 12.4%; 2.0% solutions worked best when the moisture of soil quagmire was 10.5%. The content of chlorophyll *b* after covers were removed was essentially affected by 2.0% amino acid solutions if the moisture of soil quagmire was 14.5%.

An essential effect was not observed in any other case. A positive effect of amino acids was observed on carotenoids as the moisture of soil quagmire was 14.5%. With 12.4 and 10.5% moisture, amino acids failed to compensate a negative effect shortage of moisture had on summer barley.

Key words: amino acids, pigments of photosynthesis, common barley (*Hordeum vulgare* L.), moisture shortage