

LIETUVOS ŽEMĖS ŪKIO UNIVERSITETAS

AGRONOMIJOS FAKULTETAS

Sodininkystės ir daržininkystės katedra

KĘSTUTIS DAINENKA

**DIDĖJANČIŲ TEMPERATŪRŲ IR DRĖGMĖS DEFICITO
POVEIKIS SĖJAMOJO ŽIRNIO (*Pisum sativum L.*)
BIOMETRINIAMS IR BIOCHEMINIAMS RODIKLIAMS**

Magistro baigiamasis darbas

Studijų sritis: Biomedicinos mokslai

Studijų kryptis: Agronomija

Studijų programa: Sodininkystė ir daržininkystė

Akademija, 2010

Magistro baigiamojo darbo valstybinė kvalifikacinė komisija:

(patvirtinta Rektoriaus įsakymu Nr. 30.)

Pirmininkas: Prof. habil. dr. Vidmantas Stanys, Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės institutas

Nariai:

1. AF dekanas doc. dr. Viktoras Pranskietis, Lietuvos žemės ūkio universitetas
2. Prof. habil. dr. Algirdas Motuzas, Lietuvos žemės ūkio universitetas
3. Doc. dr. Laimutė Štuopytė, Lietuvos žemės ūkio universitetas
4. Doc. dr. Audronė Žebrauskienė, Lietuvos žemės ūkio universitetas

Vadovė: doc. dr. Audronė Žebrauskienė, Lietuvos žemės ūkio universitetas, sodininkystės ir daržininkystės katedra

Konsultantė: dokt. Sandra Sakalauskienė, LSDI Augalų fiziologijos laboratorija

Katedros recenzentė: doc. dr. Živilė Tarasevičienė, sodininkystės ir daržininkystės katedra

Katedros vedėja: doc. dr. Audronė Žebrauskienė, Lietuvos žemės ūkio universitetas, Sodininkystės ir daržininkystės katedra

Oponentas: Prof. habil. dr. Algirdas Motuzas, Lietuvos žemės ūkio universitetas, Dirvotyros ir agrochemijos katedra.

SANTRAUKA

Didėjančių temperatūrų ir drėgmės deficito poveikis sėjamųjų žirnių biometriniais ir biocheminiais rodikliams

Tiriant didėjančių temperatūrų ir drėgmės deficito poveikį sėjamųjų žirnių biometriniais ir biocheminiais rodikliams, bandymai atlikti LSDI Augalų fiziologijos laboratorijos fitotroniniame komplekse 2009 metais. Tirta didėjančių temperatūrų ir drėgmės deficito įtaka sėjamųjų žirnių (*Pisum sativum L.*) 'Gloriosa' antžeminės dalies augimui, žaliųjų bei sausųjų medžiagų kaupimuisi antžeminėje dalyje, asimiliaciniam lapų plotui ir fotosintetinių pigmentų kiekiui.

Atlikus tyrimus nustatyta, kad, didėjant temperatūrai ir mažėjant substrato drėgmei chlorofilų a ir b bei karoteno kiekis sėjamųjų žirnių daiguose, didėja.

Iš tyrimų duomenų matyti, kad didžiausias sausųjų medžiagų kiekis buvo daiguose, kurie augo normalaus drėgumo (40 - 45%) substrate, aukštesnėje - 25/18 °C temperatūroje. Sėjamųjų žirnių didžiausias daigų lapų plotas buvo prie žemesnės temperatūros ir normalaus substrato drėgumo (40 - 45%).

Aukščiausi daigai buvo normalaus drėgumo (40 - 45%) substrate ir prie - 25/18 °C temperatūros. Tyrimai parodė, kad kompleksinis drėgumo ir aukštos temperatūros poveikis skatina žirnių daigų augimą.

Taip pat iš duomenų matosi, kad normalus (40 - 45%) substrato drėgnis ir aukštesnė - 25/18 °C temperatūra skatina asimiliacinį žirnių daigų lapų plotą.

Reikšminiai žodžiai: drėgnis, fotosintetiniai pigmentai, temperatūra.

SUMMARY

The impact of rising temperatures and moisture deficits to pea biometric and biochemical parameters

A study of rising temperatures and water deficit effects on pea biometric and biochemical characteristics was conducted at LSDI. It was accomplished at Plant Physiology Laboratory fitotronical complex in 2009. The research was made on the influence of rising temperatures and water deficit on pea (*Pisum sativum L.*) 'Glorioso' canopy growth, green and dry matter accumulation in terrestrial, assimilated leaf area and photosynthetic pigment content.

The investigation showed that with increasing temperature and decreasing the substrate moisture of chlorophylls a and b and carotene content of pea shoots have been rising.

The survey data shows that the highest dry material concentrations was of the shoots, which grew at normal humidity (40 - 45%) substrate and higher temperature - 25/18 ° C. The highest pea shoots leaf area was lower at normal temperature and substrate moisture (40 - 45%).

Tallest plants were normal humidity (40 - 45%) and the substrate - 25/18 ° C temperature. Studies have shown that a complex of high humidity and temperature on pea plants promote growth.

Also the data shows that normal (40 - 45%) substrate moisture content and higher - 25/18 ° C temperature promotes assimilation of pea sprouts leaves area.

Key words: humidity, photosynthetic pigments, temperature.

TURINYS

ĮVADAS	6
1. LITERATŪROS APŽVALGA	8
1.1. Aplinkos veiksnių įtaka augalų augimui ir vystymuisi	8
1.2. Temperatūrų poveikis augalų augimui	10
1.2.1 Temperatūrų poveikis augalų fotosintezės rodikliams	12
1.3 Vandens deficito poveikis augalų augimui.....	13
2. TYRIMŲ VYKDYMO SĄLYGOS IR METODAI	16
2.1. Bandymo vieta ir sąlygos.....	16
2.2. Bandymo vykdymo metodika	16
3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	18
3.1. Temperatūrų ir drėgmės poveikis sėjamųjų žirnių biometriniais rodikliams.....	18
3.2. Fotosintetinių pigmentų pokyčiai temperatūros ir drėgmės įtakoje	20
3.3. Temperatūros ir drėgmės poveikis fotosintetiniams rodikliams	23
IŠVADOS	25
NAUDOTA LITERATŪRA.....	26

IVADAS

Keičiantis klimatui, pastebimai didėja ekstremalių temperatūrų ir drėgmės deficito pavojus. Augalų fiziologiniai procesai yra tiesiogiai susiję su temperatūros ir drėgmės režimu bei jų kaita. Tai vieni pagrindinių aplinkos veiksnių, limituojančių augalų augimo ir vystymosi procesus (Heerden ir kt., 2007; Abdul Jaleel ir kt., 2007; Nakayama ir kt., 2007; Yamaguchi-Shinozaki ir kt., 2002).

Prognozuojama, kad iki 2100 metų atmosferos temperatūra pakils nuo +1,5 iki +6,0°C (IPCC, 2007). Tikėtina, kad vis dažniau vasaros laikotarpiu Lietuvą aplankys ne trumpesnės kaip 7 dienų karščio bangos. Klimato kaitos poveikiui augalijai skiriama vis daugiau dėmesio visame pasaulyje (Bray ir kt., 2000; Fuhrer, 2003).

Augalų augimą sąlygoja fotosintezės ir kvėpavimo santykis. Kylant temperatūrai, kvėpavimo intensyvumas didėja, dėl to prarandami energetiniai augalo ištekliai (Kirnak ir kt., 2001; Yamaguchi-Shinozaki ir kt., 2002). Stresinių veiksnių sukeltus efektus nulemia poveikio laikas, intensyvumas ir trukmė. Augalų reakcija į temperatūros ir drėgmės pokyčius priklauso nuo augalų rūšies, veislės, genetinių savybių, amžiaus ir išsivystymo lygio (Abdul Jaleel ir kt., 2007). Pirmasis ir jautriausias atsakas į vandens deficitą yra turgoro sumažėjimas ir augimo procesų sulėtėjimas (Nakayama ir kt., 2007; Kirnak ir kt., 2001). Baltymų metabolizmas ir aminorūgščių sintezė – taip pat greitai pažeidžiami procesai. Dėl vandens trūkumo sumažėja anglies pasisavinimas, kuris priklauso nuo žiotelių varstymosi. Net esant minimaliam vandens trūkumui, žiotelės gali užsiverti (Heerden ir kt., 2007; Nakayama ir kt., 2007; Zhu ir kt., 2001). Augalų adaptacijos prie išorinių stresorių poveikio galimybės priklauso nuo pradinio (adaptacinio) poveikio stiprumo. Augalų adaptaciniai mechanizmai įsijungia pasiekus tam tikrą minimalų poveikio stiprumą, o viršijus leistiną poveikio stiprumą augalų homeostatiniai ir adaptaciniai mechanizmai yra pažeidžiami (Duchovskis, Juknys ir kt., 2002). Aukštesnė temperatūra pagreitina augalo augimą ir vystymąsi, trumpina atskirų vystymosi etapų trukmę, todėl galutinė biomasės produkcija gali sumažėti. (Kirnak ir kt., 2001). Dėl vandens trūkumo sumažėja anglies pasisavinimas, kuris priklauso nuo žiotelių varstymosi. Vienas svarbiausių aplinkos veiksnių augalams augti ir vystytis yra vandens režimas. Vandeni augalas eikvoja nuolat, todėl dirvoje jo kai kada netgi trūksta. Tačiau pro žiotelės, kitą vandenį garinantį paviršių augalas tuo pačiu metu apsivėpina anglies dioksidu, deguonimi. Kuo daugiau augalo audiniuose yra vandens ir intensyviau jį garina, tuo daugiau į augalo vidų difunduoja dujų, vyksta spartesnė jų apykaita (Bluzmanas ir kt. 1991).

Vandens trūkumas ir aukšta temperatūra gali skatinti laisvųjų radikalų bei aktyvių deguoninių darinių formavimąsi, kurie pažeidžia augalų metabolizmo procesus (Alexieva ir kt., 2003; Chaves ir kt., 2003).

Temos aktualumas: šylant klimatui, vis dažniau augalai susiduria su nepalankiomis temperatūromis ir drėgmės trūkumu. Mokslininkų vis dar nėra patikimai ištirtas kompleksinis aplinkos veiksnių poveikis žemės ūkio augalų produktyvumo pokyčiams.

Hipotezė. Augalų jautrumas nepalankiems klimato veiksniams mažina produktyvumą. Didžiausias augalo produktyvumas pasiekiamas sudarant optimalias augimo sąlygas.

Tyrimų objektas: sėjamas žirnis (*Pisum sativum L.*) 'Gloriosa' veislė.

Tyrimų tikslas - iširti didėjančių temperatūrų ir drėgmės deficito poveikį sėjamojo žirnio (*Pisum sativum L.*) biometriniams ir biocheminiams rodikliams.

Tyrimų uždaviniai:

1. Iširti kompleksinę temperatūros ir substrato drėgčio poveikį sėjamojo žirnio daigų biometriniams rodikliams.
2. Nustatyti fotosintetinių pigmentų kiekį sėjamųjų žirnių daiguose.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Aplinkos veiksnių įtaka augalų augimui ir vystymuisi

Žemėje augalų egzistavimo sąlygos yra labai nevienodos, skiriasi mitybiniai veiksniai, todėl įvairuoja ir augalija. Kintant sąlygoms žemėje, kito ir augalai: vieni prisitaikė, kiti žuvo (Borusas ir kt. 1990). Kad augalas galėtų augti ir vystytis, jam reikalingos optimalios arba artimos optimalioms sąlygos. Tai atitinkami mitybos veiksniai (vanduo, mineralinės druskos, šviesa, anglies dioksidas, deguonis) ir aplinkos sąlygos (šiluma, mitybinė aplinka.).

Augalų pakenkimas ir jų produktyvumo mažėjimas dažniausiai vyksta dėl natūraliai susiklosčiusių nepalankių aplinkos veiksnių - ekstremalios temperatūros, vandens trūkumo ir kt. (Alexieva, 2003). Šių veiksnių sukeltas stresas veikia fiziologinius procesus, mažina biosintetinius augalo gebėjimus, keičia jų normalias funkcijas ir padaro žalą, kuri gali privesti prie augalo žūties, o to poveikio pasekmes lemia augalų rūšis, veislė, poveikio trukmė ar stiprumas, amžius ir išsivystymo etapas (Bohnert ir kt. 1995; Lichtenthaler, 1996; Brazaitytė ir kt., 2005,2006; Sakalauskienė ir kt., 2008).

Skirtingu vegetacijos laiku augalams reikia nevienodai šilumos, drėgmės, šviesos ir kitų aplinkos veiksnių. Daugeliui augalų III-IV organogenezes etapai yra kritiniai drėgmės bei temperatūros atžvilgiu. Esant nepalankiems aplinkos veiksniams, sutrinka augalų fiziologiniai procesai, dėl to vyksta produktyvumo elementų redukcija. Vandens stresas yra laikomas vienu svarbiausiu aplinkos veiksniu, limituojančių augalų augimą (Chaves ir kt., 2003; 2004; Flexas ir kt. 2004).

Į nepalankias sąlygas augalai reaguoja dvejopai. Kartais juose sulėtėja (kartais beveik visai nebevyksta) fiziologiniai procesai, augalai nebeauga, laukia kol atsiras palankios sąlygos. Taip nepalankioms sąlygoms atsparios sėklos, miegantys pumpurai, vaisiai. Būna, kad fiziologiniai procesai augaluose suaktyvėja, kaupiasi daugiau organinių medžiagų, intensyvėja kvėpavimas (Borusas ir kt. 1990).

Pastaraisiais dešimtmečiais vis akivaizdžiau pasireiškianti klimato kaita kelia grėsmę aplinkai, ūkinei veiklai ir kartu pasaulio ekonomikos vystymuisi. Žmonių ūkinė veikla didina atmosferos šiluminę taršą: didėjančios šiltnamio efektą stiprinančių dujų koncentracijos stiprina natūralų šiltnamio efektą ir daro lemiamą įtaką vidutinės globalios oro temperatūros kilimui. Anglies dioksido molekulės, panašiai kaip šiltnamio stiklas ar plėvelė, praleidžia iš saulės sklindančią radiaciją, tačiau sugeria ilgųjų bangų spindulius, kuriuos atgal į erdvę

spinduliuoja įšilęs žemės paviršius. Tam tikras šis šiltnamio reiškinį sukeliančių dujų kiekis ore yra būtinas, nes priešingu atveju žemės paviršiaus temperatūra būtų apie 30°C žemesnė, ir pagal vieną iš artimiausio šimtmečio klimato kaitos variantų galimas CO₂ koncentracijos padidėjimas. Didėjant antropogeninei šiltnamio reiškinį sukeliančių dujų emisijai į orą, suardomas nusistovėjęs žemės šilumos balansas ir atitinkamai temperatūra pradeda didėti. Tačiau temperatūros kilimas įvairiose Žemės rutulio vietose vyksta nevienodu intensyvumu. Tarptautinės Klimato kaitos komisijos (TKKK - angl. IPCC) ketvirtojoje vertinimo ataskaitoje (IPCC, 2007) pažymima, kad nuo XX a. pradžios globali oro temperatūra pakilo 0,7°C, Europoje - apie 1°C (Juknys, 2005; Bukantis ir kt., 2008; Šlapakauskas, Duchovskis, 2008).

Augimui ir produktyvumui palaikyti augalas turi prisitaikyti prie streso sąlygų ir susikurti specifinius tolerancijos mechanizmus (Wang ir kt., 2003). Augalų reakcija į temperatūros bei drėgmės pokyčius priklauso nuo augalų rūšies, veislės, genetinių savybių, amžiaus ir išsivystymo lygio (Yamaguchi-Shinozaki ir kt., 2002). Skirtingai išsivystę augalai į stresą sukeliančius veiksnius reaguoja nevienodai (Lawlor, 2002; Lawlor ir Cornic, 2002). Pastebėta, kad augalai, prisitaikę prie vieno stresoriaus, tampa atsparesni ir kompleksiniam kelių stresorių poveikiui (Duchovskis ir kt., 2003).

Šylant klimatui, didės vegetacijos laikotarpio aktyviųjų temperatūrų suma ore ir dirvožemyje ir tai neišvengiamai paveiks augalų vegetacijos trukmę ir drėgmės kiekį dirvožemyje, dirvožemio drėgmė sumažės, nors kritulių kiekis pagausės dėl didesnio išgarinimo. Temperatūrai augant sparčiau nei kritulių kiekiui, kris gruntinio vandens lygis (Juknys, 2005; Bukantis ir kt., 2008).

Pasaulinis klimato atšilimas gali turėti ir kai kurių teigiamų pasekmių - padidėtų kai kurių žemės ūkio kultūrų produktyvumas, galėtume pradėti auginti daugelį šilumą mėgstančių augalų, kurie dabartiniu metu pas mus negali augti. Tačiau neigiamos atšilimo pasekmės, įskaitant nepageidaujamas vietinių augalų bendrijų pokyčius ir dalies rūšių išnykimą, be abejo, būtų nepalyginti rimtesnės (Juknys, 2005).

Klimato kaitos poveikis žemės ūkio gamybos technologijoms yra neišvengiamas, tačiau konkretūs jo padariniai dar neaiškūs (Bukantis ir kt., 2008).

1.2 Temperatūrų poveikis augalų augimui

Kiekvienas augalas turi savitą optimalią temperatūrą. Yra skiriami trys kritinės temperatūros taškai: minimumo - augalas pradeda augti, optimumo - augalas auga sparčiausiai, maksimumo - nustoja augęs. Temperatūros optimumas skiriasi ir skirtinguose augimo bei vystymosi tarpsniuose. Temperatūros optimumas skiriasi ir skirtinguose augimo bei vystymosi tarpsniuose. Pavyzdžiui, ankstyvuose vystymosi tarpsniuose aukštos temperatūros skatina vegetatyvinių organų (lapų) formavimąsi, tačiau šiems procesams didelės įtakos turi augalo genotipas. Vėliau, jau generatyvinių organų formavimosi bei žydėjimo metu, augalų tolerancijos aukštoms temperatūroms sumažėja. Auginant pomidorus 25 - 29°C vidutinėje dienos temperatūroje, sumažėjo tiek pomidorų vaisių kiekis, tiek ir svoris, nes dėl karščio poveikio sutriko žiedadulkių vystymasis ir jų išsilaisvinimas iš dulkinų (Bluzmanas ir kt., 1991; Žukauskaitė, 2003; Šlapakauskas, Duchovskis, 2008).

Viršijus temperatūros maksimumą arba minimumą augalo procesai stipriai sutrinka, dažnai ir negrįžtamai. Tokia neigiamų temperatūrų įtaka augalų nepažūdo, bet sukelia įtampą. Situacija, kai augalai yra veikiami nepalankių veiksnių, vadinama stresu. Stresas (angl. stress - įtampa) - fiziologinės įtampos būseną, į kurią patenka organizmai, atsidūrę ties savo tolerancijos riba vieno ar kelių aplinkos veiksnių (drėgmės, temperatūros, šviesos, didelių teršalų koncentracijomis ir kt.) atžvilgiu. Streso terminas dažnai naudojamas nepalankių neigiamų sąlygų aprašymui. Stresas pasireiškia visuma apsauginių fiziologinių reakcijų, kuriomis jį patyręs organizmas atsako į žalingų aplinkos veiksnių poveikį (Grime, 1991; Stravinskienė, 2005; Šlapakauskas, Duchovskis, 2008).

Dauguma aukštesniųjų augalų žūsta temperatūrai pakilus daugiau kaip 35 - 45°C. Žuvimo priežastis, daugumos mokslininkų nuomone, yra baltymų, ypač įeinančių į ląstelių membranas, koaguliacija. Suyra ląstelių struktūros, sutrinka pagrindiniai gyvybiniai procesai. Baltymai, esantys vandeniniuose tirpaluose, toleruoja 60 - 70°C, o išdžiovinti - 100°C ir aukštesnę temperatūrą. Aukštesnėje temperatūroje augalai gali nukentėti tiesiogiai, kai, koagulavus citoplazmai, miršta įvairios augalo dalys arba visas augalas. Jautriausi karščiams yra lapai, atsparesni – krūmijimosi mazgai, augimo kūgeliai, atspariausi – stiebai. Netiesioginis aukštos temperatūros poveikis prasideda anksčiau. Kai temperatūra aukšta, augalai intensyviai kvėpuoja, eikvoja organinius junginius. Tokiomis sąlygomis kvėpavimas gali būti intensyvesnis už fotosintezę. Dar vėliau kvėpavimas tampa neproduktyvus, ima kauptis tarpiniai skilimo produktai, pradeda irti gyvybiškai svarbios baltyminės struktūros.

Augalai esant karščiams iš dalies prisitaiko pereidami į anabiozę (ramybę), atvėsta garindami vandenį. Sukulentų lapuose vanduo yra orientuotas, dėl to jų baltymai atsparesni, ne taip greit koaguliuoja. Karščiams atsparesni ir tie augalai, kuriuose yra daugiau organinių rūgščių, nes jos neutralizuoja žalingus kvėpavimo organus. Atsparumą karščiui didina kalcis ir cinkas. Dėl pastarojo poveikio susidaro daugiau organinių rūgščių, kitų osmosinių medžiagų, paspartėja baltymų sintezė. Sintezę skatinantys adeninas ir kinetinas taip pat didina augalų atsparumą karščiams. Atsparesni karščiams būna augalai, augantys fosforu bei mikroelementais patreštoje dirvoje (Bluzmanas ir kt. 1991).

Paprastai gamtoje organizmų gyvybinių reakcijų intensyvumą vienu metu įtakoja daugelis veiksnių, ar tam tikros įtampos poveikis yra palydimas papildomų nepalankių veiksnių (Grime, 1991; Alexieva ir kt., 2003; Kirnak ir kt., 2003; Žukauskaitė, 2003). Pastebėta, kad augalai prisitaikę prie vieno stresoriaus, tampa atsparesni ir kompleksiniam stresorių poveikiui. Tačiau kompleksinis ribotos trukmės temperatūros ir drėgmės režimo pasikeitimo poveikis žemės ūkio augalų produktyvumui ištirtas nepakankamai (Žukauskaitė, 2003; Sakalauskienė ir kt. 2007). Kompleksinio aplinkos veiksnių poveikio tyrimai yra labai negausūs. Dažniausiai aplinkos veiksnių poveikis augalams yra tiriamas pavienių veiksnių lygyje, ir kaip rodo kai kurių mokslininkų tyrimai, galima prarasti daug reikšmingos informacijos, jei bus neatsižvelgiama į atskirų stresorių tarpusavio sąveiką (Žukauskaitė, 2003; Sakalauskienė ir kt., 2008).

Kompleksinio poveikio atveju stresorių poveikis sumuojasi, jis išryškėja net esant mažam poveikio stiprumui, kurio pastebėti veikiant atskirai yra neįmanoma.

Sėjami žirniai (*Pisum sativum L.*) pradeda dygti esant 1-2°C temperatūrai ir dygsta ilgai (12 – 20 dienų), o daigai būna silpni. Daigai pakenčia trumpalaikes -4 -6°C šalnas, bet nušąla, jei temperatūra nukrinta iki -7 -8°C. Temperatūra turi didelės reikšmės šaknų augimo metu. Esant 7 - 9°C temperatūrai, šaknyse didėja cukraus koncentracija, sukauptama daugiau oro azoto. Kritiniu periodu – žydėjimo pabaigoje ir ankščių formavimo pradžioje – reikia 16 - 20°C šilumos. Esant tokiai temperatūrai sėklos gerai auga ir vystosi. Jei temperatūra brandimo metu yra 20 - 22°C, galima ne tik sėkmingai nuimti derlių, bet ir gauti gerą sėklą. Per visą vegetaciją žirniams, priklausomai nuo veislių ankstyvumo, reikia 1200 - 1650°C aktyvių (>+5°C) temperatūrų sumos (Bogušas, 1995).

1.2.1 lentelė. Šilumos poreikis įvairiais žirnių augimo ir vystimosi tarpsniais (Bogušas, 1995).

Minimali temperatūra °C				Optimali temperatūra °C			
Dygimo metu	Intensyvaus augimo metu	Žydėjimo metu	Brendimo metu	Dygimo metu	Intensyvaus augimo metu	Žydėjimo metu	Brendimo metu
1-2	4-6	8-12	12-14	6-10	12-16	16-20	16-22

1.2.1 Temperatūrų poveikis augalų fotosintezės rodikliams

Aukštos dienos temperatūros, gali sąlygoti lapų fotosintetinio aparato pakenkimus. Dažniausiai yra pažeidžiami II fotosistemos komponentai, t.y. chloroplastų tilakoidų membranos ir ypatingai jose esantys baltymai. Be to sumažėja anglies dioksido asimiliacijos lygis. Ekstremali temperatūra savaime sukelia stresą ir fotosintetinės sistemos atsaką. Aukštesnė temperatūra pagreitina augalo organų vystymąsi, trumpina atskirų etapų trukmę, todėl galutinė biomasės produkcija gali sumažėti (Žukauskaitė, 2003; Sakalauskienė ir kt., 2007).

Visoms daržovėms yra svarbūs tokie fotosintezės rodikliai kaip: asimiliacinis plotas ir fotosintetinis potencialas, fotosintezės intensyvumas, fotosintezės produktyvumas. Daržovių produktyvumas priklauso ne tik nuo šių rodiklių absoliučių reikšmių, bet ir nuo jų dinamikos vegetacijos metu (Žukauskaitė, 2003; Šlapakauskas, Duchovskis, 2008).

Chlorofilų kiekis augalų lapuose - svarbus fotosintezės intensyvumą lemiantis rodiklis (Brazaitytė, 2000; Prakash, Ramachadran, 2000; Duchovskis ir kt., 2002). Jų kiekis parodo optimalias sąlygas augalui. Chlorofilu (gr. *Chloron* - žalias, *phyton* - lapas) Ž. Peltjė ir Ž. Kavantu pavadino žaliajį augalų pigmentą, kai 1818 m. pirmą kartą jį išskyrė iš lapų. Augalų lapuose yra chlorofilas *a* ir chlorofilas *b*. Nors chlorofilų *a* ir *b* cheminė sudėtis labai panaši, vis dėl to jie skiriasi spalva, paplitimu ir atliekamomis funkcijomis. Kuo daugiau augalo lapuose chlorofilo, tuo intensyviau vyksta fotosintezė. Be chlorofilo *a* visiškai nevyksta fotosintezė, kiti pigmentai atlieka pagalbines funkcijas. Chlorofilų *a* ir *b* santykis yra 3:1, o kartais gali būti ir 5:1. Bendras chlorofilų *a* ir *b* kiekis yra nedidelis: žaliuose augalų lapuose chlorofilas sudaro 0,1-0,2% jų svorio, o sausuose - apie 1% (Bluzmanas ir kt., 1991; Brazaitytė, 2000).

Chlorofilų biosintezė prasideda, kai yra 4-5°C šilumos, sparčiausiai ji vyksta 25-30 °C temperatūroje. Jeigu temperatūra ir toliau didėja, tai šis procesas pradeda lėtėti, o kai ji būna 40-45°C - visai nutrūksta (Bluzmanas ir kt., 1991).

Kai trūksta vandens, chlorofilai yra greičiau, negu susidaro, todėl augalų lapai pradeda gelsti ir po ilgesnio laiko nudžiūsta. E. Giubbenet duomenimis, geriausios chlorofilų biosintezės sąlygos yra, kai dirvos drėgnumas 60-80% (Bluzmanas ir kt., 1991). Esant drėgmės stygiui dirvoje, baklažanų ir kukurūzų lapuose sumažėja chlorofilo (Singh 1997; Prakash, Ramachadran 2000), o portulakos (*Portulaca* L.) lapuose jo padaugėja (Guralinck, Ting, 1987). Vidudienyje, kai itin aukšta temperatūra ir mažai drėgmės, mažiau chlorofilo turintys augalai fotosintezę iš tikrųjų atlieka intensyviau (Bluzmanas ir kt., 1991).

Sakalauskienės ir kt., 2008 atliktuose tyrimuose nustatyta, kad drėgmės trūkumas paskatino chlorofilų *a*, *b* bei karotenoidų sintezę. Toks fotosintezės pigmentų padidėjimas rodo augalo stresinę būseną. Literatūroje nurodoma, kad karotenoidai dalyvauja apsaugant augalų ląsteles nuo oksidacinio streso kaip antioksidatoriai (Sakalauskienė ir kt., 2008). Karotenoidais vadinami oranžinės, geltonos, raudonos, rudos spalvos pigmentai, kurių randama beveik visuose augaluose ir gyvūnų organizmuose, išskyrus kai kuriuos grybus. Augalų lapuose karotenoidai vidutiniškai tesudaro 0,07-0,2% jų sausosios masės. Karotenoidai aktyviai dalyvauja fotosintetinio aparato veikloje, jie absorbuoja violetinius, mėlynuosius bei žaliuosius spindulius ir jų energiją perduoda chlorofilams. Karotenoidai taip pat apsaugo chlorofilus nuo fotooksidacijos, o dėl stresų gali kisti jų kiekis bei santykis (Bluzmanas ir kt., 1991; Duchovskis ir kt., 2002).

Karotenoidai svarbūs augalų dauginimuisi. Nustatyta, kad jie skatina žiedadulkių dygimą ir manoma, jog veikia spermatozoidų judrumą (Bluzmanas ir kt., 1991).

1.3 Vandens deficito poveikis augalų augimui

Vanduo yra būtinas aplinkos veiksnys, su juo susiję svarbiausi organizmų gyvybiniai procesai - biocheminės reakcijos, mityba, kvėpavimas, medžiagų apykaita. Vandens trūkumas ši organizmų gyvybingumą apribojantis, net žūtį sukeliantis aplinkos veiksnys. Augalams svarbiausi vandens šaltiniai yra krituliai ir atmosferos drėgmė (Stravinskienė, 2005).

Vanduo lemia augalo šilumos mainus. Kadangi vandens molekulės yra viena kitos ir kitų dalelių atžvilgiu orientuotos, tai joms atitrūkti nuo paviršiaus (garuoti) reikia nemažai energijos, kuri vadinama garavimo šiluma. Dėl to, garindamas vandenį augalas vėsta,

neperkaista. Vanduo būdamas labai didelio šiluminio imlumo, palaiko beveik pastovią augalo temperatūrą. Lietuvos klimato sąlygomis augalija išgarina vandens tiek, kiek iškrita kritulių augimo tarpsniu. Sausais metais kritulių nepakanka, augalai kenčia sausrą. Augalai negali mažiau garinti vandens, taupiau jį eikvoti. Taip yra todėl, kad augalui būdinga ne tik vandens, bet ir dujų (CO_2 ir O_2) apykaita. Lapais augalai sugeria CO_2 , išskiria bei sugeria O_2 , absorbuoja saulės radiaciją. Kad šie procesai vyktų, augalas turi turėti didelį ir atvirą paviršių ir negali negarinti vandens (Bluzmanas ir kt., 1991; Bulg, 2001).

Vandens poreikį labai apsprendžia ir kitos aplinkos sąlygos. Esant aukštai aplinkos temperatūrai ir sausam orui, vyksta intensyvi transpiracija, augalai garina daugiau vandens. Tad esant jo trūkimui dirvoje, augalai pradeda kentėti nuo vandens deficito. Šiomis stygomis transpiracija yra lemiamas veiksnys, stresui sušvelninti. Pro žioteles (vandenį garinantį paviršių), augalas garindamas vandenį tuo pačiu metu apsirūpina anglies dioksidu, deguonimi. Kuo daugiau augalo audiniai turi vandens ir intensyviau jį garina, tuo daugiau į augalo vidų difunduoja dujų, vyksta spartesnė jų apykaita (Bluzmanas ir kt., 1991; Žukauskaitė, 2003).

Augalai gali nukentėti dėl vandens trūkumo dirvoje ir sausų orų. Lietuvoje dažnesnė būna dirvožemio sausra. Itin augalai nukenčia nuo vienu laiku užklupusių dirvožemio ir oro sausrų. Augalų geba prisitaikyti prie sausros mažiausiai nukentėjus, vadinama atsparumu sausrai. Jį augalai įgyja dėl natūralios ir dirbtinės atrankos, grūdindamiesi. Ir labai atsparūs augalai sausros sąlygomis neužaugina gero derliaus, krinta jų produktyvumas, tačiau jie gali egzistuoti, nežūva. Atsparūs sausrai augalai vadinami kserofitais (Bluzmanas ir kt. 1991).

Dirvožemio sausra į antžeminę dalį perduodama hidrauliniiais ir cheminiais signalais. Kai augalų šaknys pneumatiškai veikiamos hidraulinio slėgio, šis poveikis perduodamas į antžemines dalis ir sukelia jų intensyvesnį augimą. Sausros metu šaknyse sintetinami inhibitoriai ir kaip cheminis signalas slopina antžeminės dalies augimą. Nedidelė sausra nesustabdo inhibitorių sintezės, o tik pakeičia jų persiskirstymą ir inhibitorinį poveikį bei produktyvumo sumažėjimą (Šlapakauskas ir Duchovskis, 2008).

Išsivysčius vandens deficito stresui ląstelėse pradeda gamintis įvairios medžiagos, kurios sumažina osmosinį potencialą. Ląstelėse akumuliuojasi įvairios cheminės medžiagos tokios kaip jonai (K^+) ir cheminiai junginiai: angliavandeniai, poliangliavandeniai (fruktinas), aminorūgštys (prolinas), ir kt. Dar vienas cheminis pokytis vykstantis drėgmės deficito metu yra ksileminių sulčių pH padidėjimas. Tiek ksileminių sulčių pH kitimas tiek abscizo rūgšties koncentracijos padidėjimas veikia kaip signalas lapų žiotelių užsidarymui. Abscizo rūgštis (ABA) gaminasi šaknyse, kaip tiesiogiai atsakančiose už sausros stresą, o

vėliau su vandeniu kyla į stiebus. Šis hormoninis šaknų signalas veikia kaip įspėjamasis signalas visam augalui. Šiuo metu dar nėra smulkiai ištirtos šio proceso detalės. Augalų tolerancijos lygį vandens deficito metu, apsprendžia kitų, ypač maistinių medžiagų, kiekis dirvoje (Žukauskaitė, 2003).

Vandens trūkumas sutrikdo augalų augimo greitį. Sutrikus pagrindiniams fiziologiniams procesams, sulėtėja lapų augimas, mažėja visas jų plotas, asimiliacinis paviršius, augimo procesas netenka būtinų asimiliantų naujoms struktūroms formuotis, ir jam netiekama energija. Antžeminės augalo dalys jautresnės vandens streso poveikiui. Ypač jautrūs lapai. Šaknys pakantesnės sausrai, auga ir esant nemažam vandens deficitui. Žuvus pagrindinių šaknų viršūnėlėms, pradeda augti naujos, šoninės šaknys. Paprastai nuo sausros augalai daugiausiai nukenčia pavasarį ir vasarą, kada formuojasi generatyviniai augalų organai. Generatyvinių augalų dalių (sėklų, vaisių) derlius sumažėja iki minimalaus (Šlapakauskas ir Duchovskis, 2008).

Atsparumas sausrai priklauso nuo aplinkos sąlygų ir nuo pačiame augale vykstančių fiziologinių procesų. Juo sunkesnis, daugiau humuso turintis dirvožemis, tuo daugiau jame yra augalams prieinamo vandens. Augalai taip pat neįsiburia vandens iš šaltų dirvų arba kai mitybiniame tirpale yra daug ištirpusių druskų (Bluzmanas 1991).

Trumpas vandens trūkumas kelia dehidrataciją ir mažta ląstelių turgoras (Palta, 1990; Ingram ir kt., 1996; Kirnak ir kt., 2003). Esant vandens trūkumui, apoplaste kyla vandens slėgis, šaknų vandens potencialas, į varstomąsias ląsteles daugiau patenka abscizo rūgštis, žiotelės prasiveria ir lėtėja transpiracija. Dėl šių pakitimų daugiau sintetinama mRNR, abscizoidinės rūgštis, geriau auga šaknys, -sausrą augalai geriau pakelia. Efektyviau panaudojamas CO₂, vanduo taupomas taip pat ir organinių medžiagų sintezės metu. Vandens lygis turi įtakos CO₂ asimiliacijai ir paties vandens eikvojimui. Sąveikauja du veiksniai, dėl to pagal veiksmų sąveikos dėsnį padidėja vandens eikvojimo efektyvumas (Šlapakauskas, Duchovskis, 2008).

Augalas gali kontroliuoti vandens kiekį ir priešintis sausrai. Jie gali aklimatizuotis į besikeičiančias aplinkos sąlygas, didindami jų efektyvumą toms sąlygoms. Lėto vandens trūkumo atveju, augalai gali taip pat išvengti dehidratacijos trumpindami jų gyvybės raidos ciklą. Greitos dehidratacijos atveju, oksidacinė įtampa yra šalutinis reiškinys ir labai kenksmingas fotosintetiniams mechanizms. Žemės ūkyje, derliaus išlikimas po sausros ir aukštos temperatūros yra gynybinė augalo reakcija į sukeltus sresus (Chaves, Oliveira, 2004).

2. TYRIMŲ VYKDYMO SĄLYGOS IR METODAI

2.1. Bandymo vieta ir sąlygos

Vegetaciniai bandymai atlikti LSDI Augalų fiziologijos laboratorijos fitotroniniame komplekse 2009 metais.

Substrato paruošimas: substratui pagaminti maišoma durpė (6-6,5 pH) su smėliu santykiu 3:1. Substratas sudrėkinamas iki normalaus drėgnumo (40-45 %) ir beriamas į vegetacinius (5 litrų talpos) indus.

Sąlygos fitokameroje: fitotronuose palaikomas 16 valandų fotoperiodas, šviesos šaltinis - SON-T Agro lempos, temperatūra: dieną 21°C - 25°C, naktį 14°C - 18°C.

2.2. Bandymo vykdymo metodika

Tyrimo objektas: sėjamas žirnis (*Pisum sativum L.*) 'Gloriosa'.

Tai ankstyva sėjamųjų žirnių veislė. Antžeminė dalis užauga iki 80-85 cm. Nuo sėklų sudygimo iki derliaus nuėmimo praeina 50-70 dienų. Maistui vartojami tamsiai žali, saldūs žirnėliai. Žirniai geriausiai auga vidutinio sunkumo, laidžioje orui ir vandeniui dirvose. Sudygę daigai pakelia šalnas iki -4°C. 1 g sudaro apie 2-10 sėklų.

Sėjamieji žirniai buvo auginami pagal tokią schemą:

- I. 21/14°C (dienos/nakties) temperatūra:
Normalus (40 - 45 %) substrato drėgnis;
Vidutinis (25 - 20%) substrato drėgnis;
Sausas (< 10 %) substratas.
- II. 25/18°C (dienos/nakties) temperatūra:
Normalus (40 - 45 %) substrato drėgnis;
Vidutinis (25 - 20%) substrato drėgnis;
Sausas (< 10 %) substratas.

Tyrimo metu augalai auginami 5 l talpos vegetaciniuose induose. Kiekviename inde buvo auginama po 20 sėjamųjų žirnių daigų. Dvejuose temperatūros režimuose (21/14°C ir 25/18°C dieną/naktį) buvo tirtas normalaus drėgnumo (40 - 45 %) substrato, vidutinio drėgnumo substrato (25 - 20%) ir sausros (< 10 %) efektas.

Biometrinių ir biocheminių rodiklių analizė atlikta praėjus 22 dienoms po sėklų sudygimo. Nustatyti biometriniai ir biocheminiai rodikliai:

1. Biometriniai: antžeminės dalies aukšti, žalia ir sausa biomasė, asimiliacinis lapų plotas.
2. Biocheminiai: chlorofilo a, chlorofilo b ir karotenoidų kiekiai lapuose.

Tyrimas atliktas:

Biometriniams rodikliams nustatyti išmatuotas kiekvieno varianto atsitiktinai pasirinktų penkių augalų antžeminės dalies aukštis. Po to tų pačių augalų asimiliacinis plotas išmatuotas lapų ploto matuokliu "CI-202" (CID Inc., USA). Pasvėrus augalą nustatyta žalioji masė.

Sausosios medžiagos įvertintos gravimetriškai. Laboratorijoje džiovinimo spintoje išdžiovinus augalus 105°C temperatūroje iki pastovios masės.

Fotosintezės pigmentų (chlorofilo a, chlorofilo b, chlorofilų a/b santykis ir karotenoidų) kiekis nustatytas žaliuose sėjamųjų žirnių lapuose, analizei paimta 0,2-0,4 g žalios masės, sutrinta su 1g CaCO₃, filtruota ir praskiesta 100 % acetonu iki 50 ml, pagal Wetshtein metodiką (Gavrilenko, Žigalova, 2003).

Tiriamų medžiagų koncentracijos nustatytos spektrometru (Genesys 6, Thermo Spectronic). Substrato drėgnis matuotas Delta-T Devices dirvos drėgmės matuokliu *HH2*.

Statistinei analizei atlikti apskaičiuoti vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai naudojant kompiuterinę programą STAT-ENG iš paketo SELEKCIJA (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

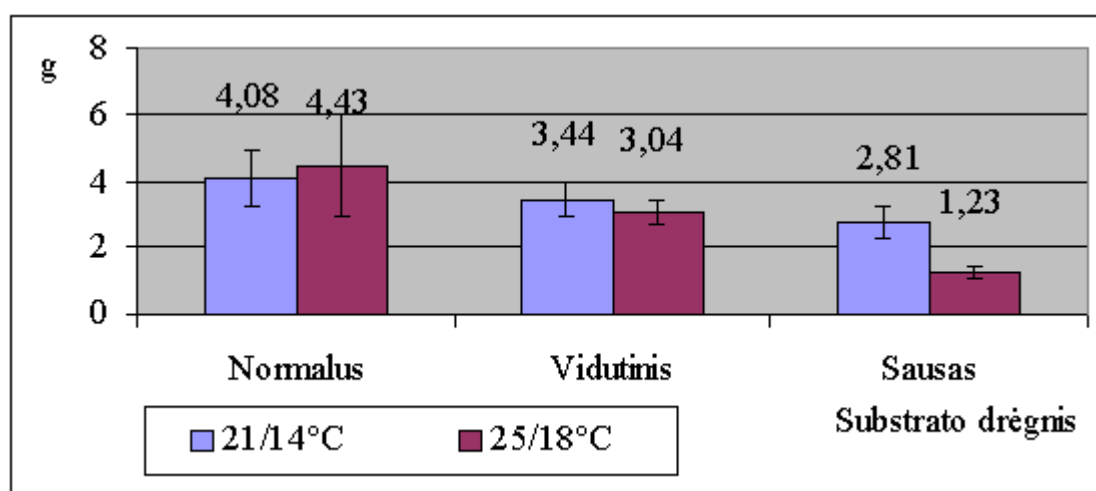
3.1. Temperatūrų ir drėgmės poveikis sėjamųjų žirnių biometriniais rodikliams

Atlikti tyrimai parodė, kad žirniai dėl savo biologinių savybių, yra nevienodai jautrūs antropogeninių veiksnių poveikiui: yra labiau jautrūs aukštomis temperatūroms, o tolerantiškesni drėgmės deficitui.

Sakalauskienės ir kt. (2007) atlikti tyrimai su žemės ūkio augalais (vasariniais miežiais, vasariniais rapsais, sėjamoju žirniu, valgomuoju ridikėliu, paprastuoju kukurūzu) parodė, kad visi tirti augalai jautriai reagavo į sausros bei aukštos temperatūros sukeltą stresą (Sakalauskienė ir kt., 2007).

Augalų biometriniai rodikliai gali tiksliai atspindėti augalų adaptyvumo procesus. Jų jautrumas nepalankiems klimato veiksniams mažina produktyvumo rodiklius. Didžiausias augalo produktyvumas pasiekiamas sudarant optimalias augimo sąlygas (Žukauskaitė, 2003).

Didžiausia sėjamųjų žirnių daigų žalia masė 4,43g nustatyta prie 25/18°C temperatūros ir normalaus drėgno substrato, tačiau ir standartiniai nuokrypiai nuo vidurkio buvo didžiausi (3.1.1 pav.). Esmingai mažiausia daigų žalia masė 1,23g nustatyta prie 25/18°C temperatūros ir sauso substrato.

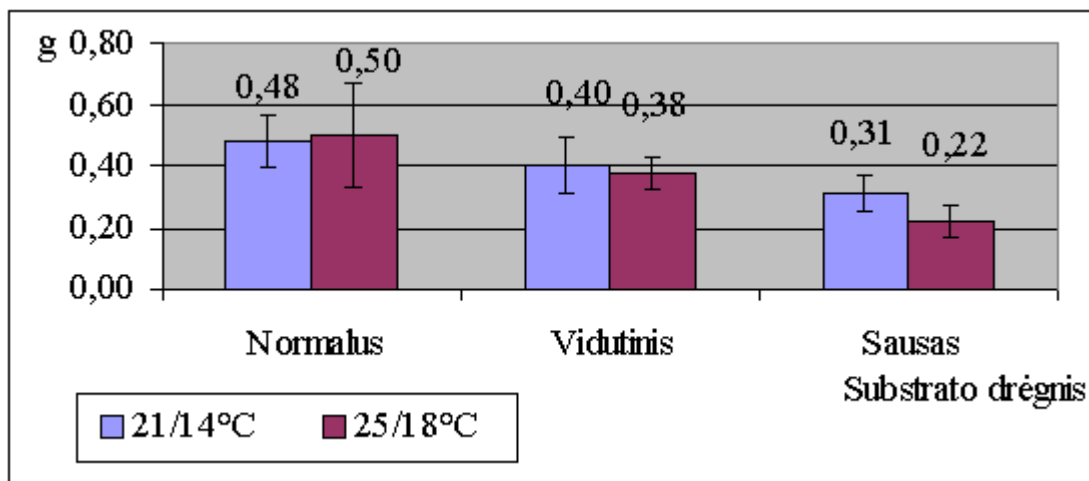


3.1.1 pav. Žalios masės kiekis (g) sėjamųjų žirnių daiguose prie skirtingų temperatūros ir substrato drėgno režimų

LSDI, 2009m.

Sakalauskienės ir kt. (2007) atliktuose tyrimuose su žemės ūkio augalais (vasariniais miežiais, vasariniais rapsais, sėjamoju žirniu) nustatė, kad drėgno deficitas slopino žalios masės kaupimąsi (Sakalauskienė ir kt., 2007).

Didžiausias sėjamųjų žirnių sausųjų medžiagų kiekis 0,5 g nustatytas esant 25/18°C temperatūrai ir normaliam substrato drėgnumui, tačiau ir nuokrypiai nuo vidurkio buvo didžiausi. (3.1.2 pav.). Mažiausias žirnių daigų sausųjų medžiagų kiekis 0,22g nustatytas esant 25/18°C temperatūrai ir substrato drėgnio deficitui.



3.1.2 pav. Sausos masės kiekis (g) sėjamųjų žirnių daiguose prie skirtingų temperatūros ir substrato drėgnio režimų

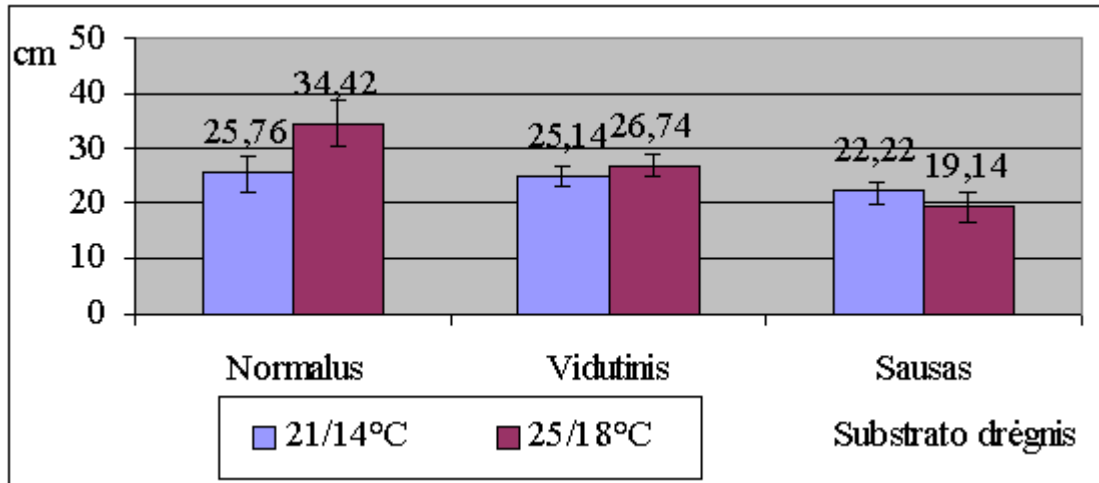
LSDI, 2009m.

Kirnak (2001) atlikti panašūs tyrimai su baklažanais parodė, kad dėl drėgmės trūkumo baklažano lapuose sumažėjo vandens išgarinimas dėl žiotelių užsidarymo, dėl to padidėjo lapų temperatūra iki 3-4°C. Trūkstant vandens, sumažėjo baklažano aukštis, stiebo skersmuo, sausosios medžiagos ir asimiliacinis lapų plotas, bei sulėtėjo visas augalo vystymasis. Kuo didesnis buvo vandens deficitas tuo prastesnės kokybės buvo vaisiai ir mažesnis jų derlius (Kirnak ir kt., 2001).

Sakalauskiėnė ir kt. (2007) atliktuose tyrimuose su žemės ūkio augalais (vasariniais miežiais, vasariniais rapsais, sėjamoju žirniu) ištirta, kad prie 30°C temperatūros ir normalaus substrato drėgnio buvo skatinamas visų augalų antžeminės dalies augimas. Kokia bebūtų temperatūra, drėgmės deficitas substrate slopino antžeminės dalies augimą (Sakalauskiėnė ir kt., 2007).

Tyrimas parodė, kad didžiausias 25,76 cm sėjamųjų žirnių daigų aukštis buvo prie 25/18°C temperatūros ir normalaus drėgnio substrato, tarp aukščių vidurkių buvo esminis skirtumas (3.1.3 pav.). Bandytas su sėjamaisiais žirniais dar kartą patvirtino Sakalauskiėnė (2007) tyrimų rezultatus apie augalų antžeminės dalies augimo skatinimą aukštos

temperatūros ir didelio substrato drėgnio režime ir slopinimą esant drėgnio deficitui dirvožemyje. Mažiausias daigų aukštis 19,4 cm buvo daigų kurie buvo paveikti 25/18°C temperatūros ir sausame substrate.

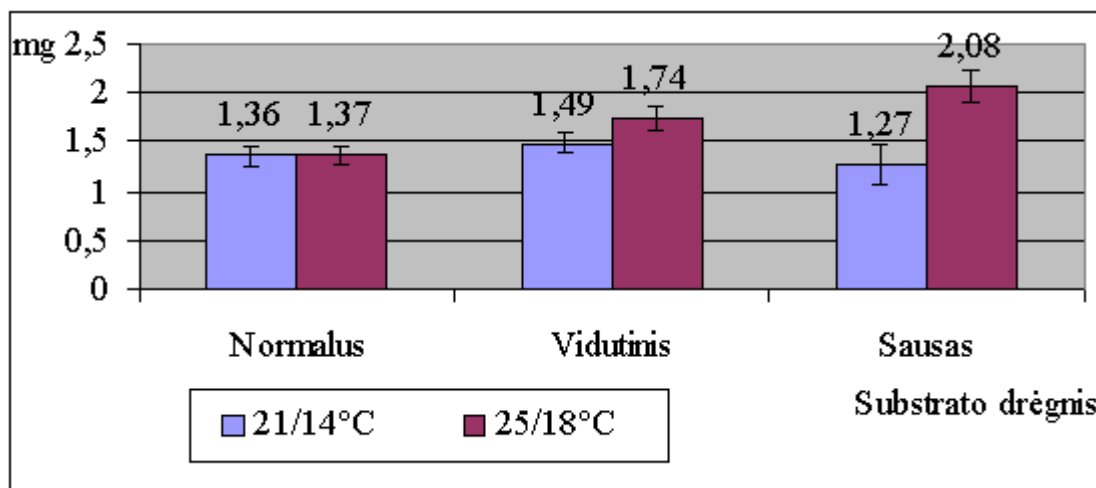


3.1.3 pav Sėjamųjų žirnių daigų aukštis (cm) prie skirtingų temperatūros ir substrato drėgnio režimų

LSDI, 2009m.

3.2. Fotosintetinių pigmentų kiekių pokyčiai temperatūros ir drėgmės įtakoje

Chlorofilų kiekiai sėjamųjų žirnių daiguose dėl temperatūros ir drėgmės poveikio pateikti 3.2.1 paveiksle. Jame matosi, kad esmingai daugiausiai chlorofilo a ($2,08\text{mg g}^{-1}$) buvo daiguose, prie 25/18°C temperatūros ir sausame substrate. Mažiausias chlorofilo a kiekis ($1,27\text{ mg g}^{-1}$) nustatytas esant 21/14°C temperatūrai ir sausam substratui. Rezultatai rodo, kad aukšta temperatūra skatina chlorofilo a kaupimąsi žirnių daiguose.



3.2.1 pav. Chlorofilo a kiekis (mg g^{-1}) sėjamųjų žirnių daiguose prie skirtingų temperatūros ir substrato drėgumo režimų

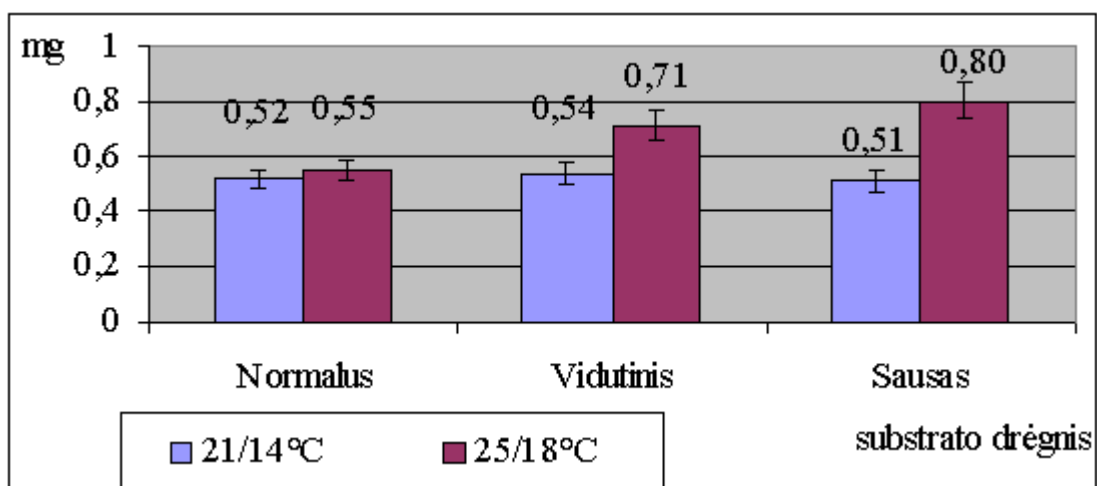
LSDI, 2009m.

Įvairių autorių duomenimis, chlorofilo biosintezė pomidorų lapuose geriausiai vyksta optimalioje temperatūroje. Taip pat literatūroje randama prieštaringų duomenų apie chlorofilo kiekį įvairiuose genotipuose. Kiti tyrėjai teigia, kad veislės ir hibrido savybės neturi didelės įtakos chlorofilų kiekiui (Brazaitytė, 2000).

Brazaitytės (2000) atliktuose tyrimuose su pomidorais buvo nustatyta, kad kylant temperatūrai, didėjo pigmentų kiekis pomidorų lapuose (Brazaitytė, 2000).

Kirnak (2001) atlikti tyrimai su baklažanais parodė, kad drėgmės trūkumas – reikšminga priežastis chlorofilo mažėjimui (Kirnak, 2001).

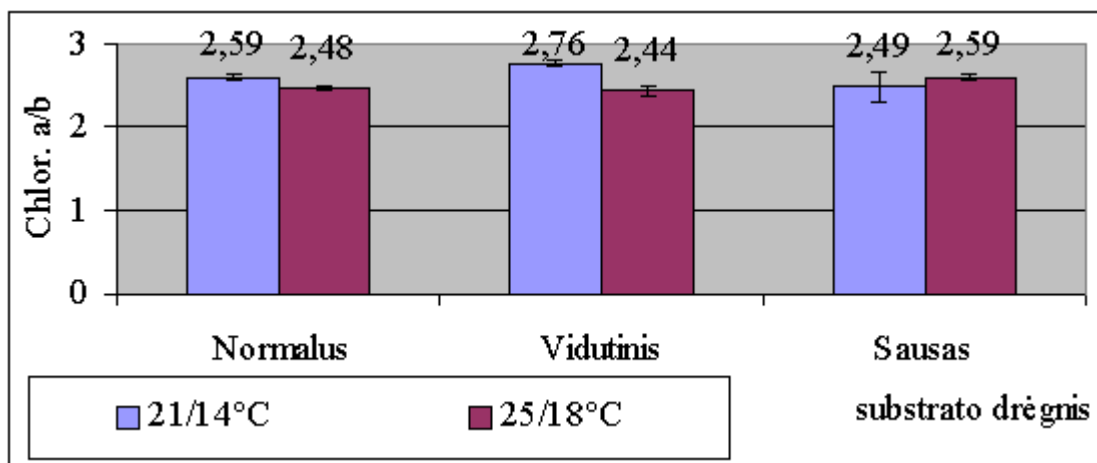
Patikimai daugiausiai chlorofilo b ($0,8 \text{ mg g}^{-1}$) nustatyta esant sausam substratui prie $25/18^{\circ}\text{C}$ temperatūros, mažiausiai – $21/14^{\circ}\text{C}$ ir sauso substrato (3.2.2pav.). Iš pateiktų duomenų matyti, kad aukšta temperatūra ir substrato drėgmės deficitas skatina chlorofilo b, kaip ir chlorofilo a, sintezę.



3.2.2 pav. Chlorofilo b kiekis (mg g^{-1}) sėjamųjų žirnių daiguose prie skirtingų temperatūros ir substrato drėgumo režimų

LSDI, 2009m.

Iš bandymo duomenų matyti, kad patikimai didžiausias chlorofilų a/b koncentracijos santykis (2,76) buvo prie 21/14°C ir vidutiniam substrato drėgmeniui (3.2.3 pav.). Mažiausias chlorofilų a/b santykis (2,44) buvo prie 25/18°C temperatūrai ir vidutiniam substrato drėgmeniui. Iš paveikslo matyti, kad chlorofilų a/b santykis, esant skirtingai temperatūrai ir substrato drėgmės režimui, kito labai nežymiai.



3.2.3 pav. Chlorofilų a/b santykis sėjamųjų žirnių daiguose prie skirtingų temperatūros ir substrato drėgumo režimų.

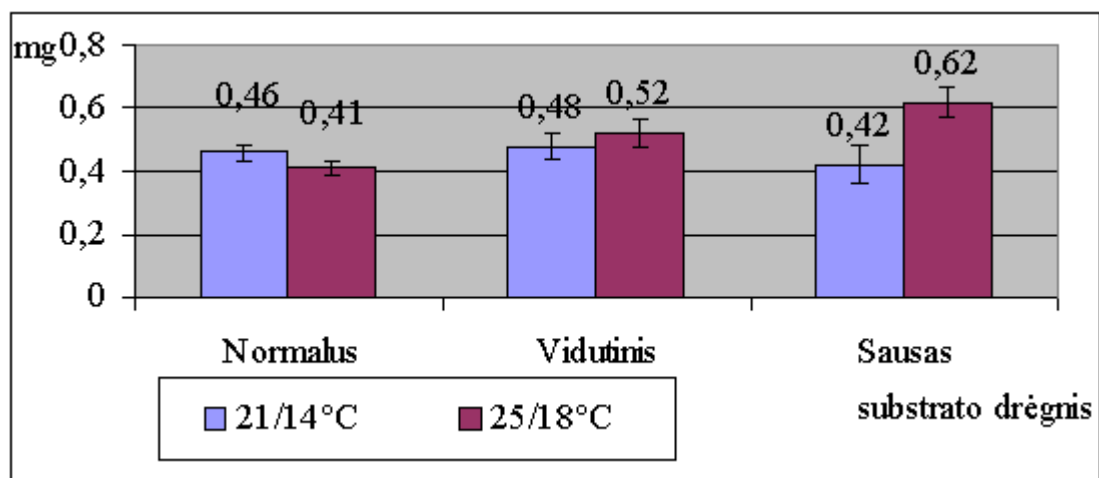
LSDI, 2009

Iš 3.2.4 paveiksle pateiktų duomenų matyti, kad patikimai daugiausiai ($0,62 \text{ mg g}^{-1}$) karotenoidų sėjamųjų žirnių daiguose rasta esant 25/18°C temperatūrai ir sausam substratui. Mažiausias karotenoidų kiekis ($0,41 \text{ mg g}^{-1}$) rastas sėjamųjų žirnių daiguose - 25/18°C ir

normaliam substratui. Iš duomenų matyti, kad drėgnio deficitas veikia karotenoidų kaupimąsi daiguose, aukštesnėje temperatūroje.

Sakalauskienės ir kt. (2008) atliktuose tyrimuose nustatyta, kad žemės ūkio augalų reakcija į drėgmės deficito stresą, esant 21°C temperatūrai, pasireiškia fotosintetinių pigmentų (chlorofilo *a*, chlorofilo *b* ir karotenoidų) sintezės padidėjimu. Toks fotosintezės pigmentų padidėjimas rodo augalo stresinę būseną. Todėl galima teigti, kad augaluose formavosi apsaugos nuo sausros streso mechanizmai (Sakalauskienė ir kt., 2008).

Brazaitytės (2000) atliktuose tyrimuose su pomidorais buvo nustatyta, kad kylant temperatūrai, karotenoidų kiekis kito mažai (Brazaitytė, 2000).



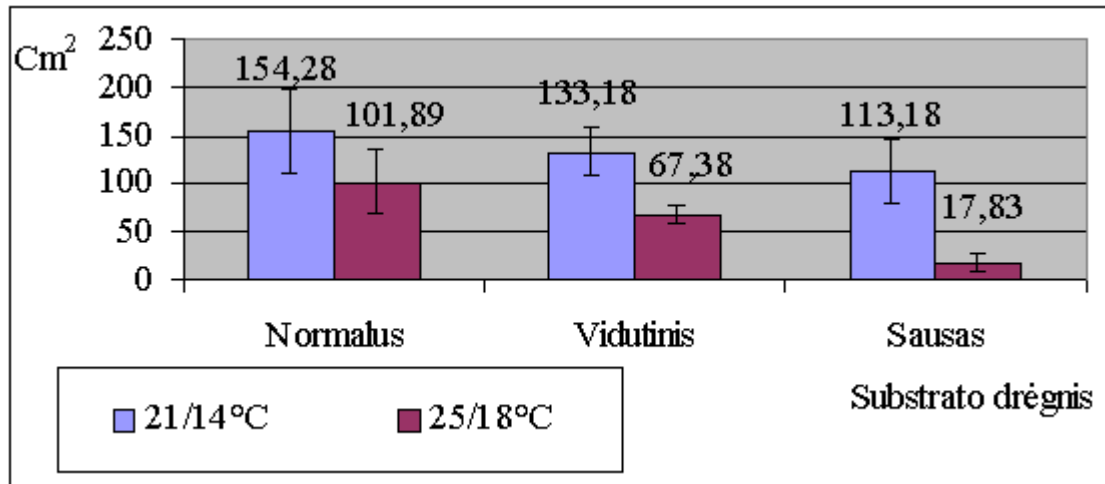
3.2.4. pav. Karotenoidų kiekis (mg g^{-1}) sėjamųjų žirnių daiguose prie skirtingų temperatūros ir substrato drėgnio režimų

LSDI, 2009m.

3.3. Temperatūros ir drėgmės poveikis fotosintetiniams rodikliams

Tyrimo metu nustatyta, kad didžiausias sėjamųjų žirnių daigų asimiliacinis lapų plotas ($154,28 \text{ cm}^2$) buvo prie 21/14°C ir normalaus substrato drėgnio, tačiau nuokrypis nuo vidurkio taip pat buvo didžiausias (3.3.1 pav.). Patikimai mažiausias sėjamųjų žirnių daigų asimiliacinis lapų plotas ($17,83 \text{ cm}^2$) buvo esant 25/18°C temperatūrai ir substrato drėgnio deficitui. 3.3.1 paveiksle matyti, kad substrato drėgnio deficitas ir temperatūros didinimas neigiamai veikia sėjamųjų žirnių daigų asimiliacinį plotą.

Daugelio autorių duomenys patvirtina (Grzesiak ir kt. 1999; Kage ir kt., 2004; Sakalauskienė ir kt., 2008), kad sausros sukeltas stresas neigiamai veikia asimiliacinio aparato veiklą.



3.3.1. pav. Sėjamųjų žirnių daigų lapų asimiliacinis plotas (cm²) prie skirtingų temperatūros ir substrato drėgnio režimų

LSDI, 2009m.

Atliktų tyrimų duomenys parodė, kad drėgmės deficitas slopino sėjamųjų žirnių daigų asimiliacinio ploto augimą.

IŠVADOS

Atlikę bandymą 2009 metais, *didėjančių temperatūrų ir drėgmės deficito poveikį sėjamojo žirnio (*Pisum sativum* L.) biometriniams ir biocheminiams rodikliams*, galime daryti tokias išvadas:

1. 25/18°C temperatūros ir normalaus drėgnio substrato derinys skatino žalios masės kaupimąsi sėjamųjų žirnių daiguose, tačiau substrato drėgnis esminės įtakos neturėjo.
2. 25/18°C temperatūros ir normalaus drėgnio derinys patikimai skatino sėjamųjų žirnių daigų augimą.
3. 25/18°C temperatūros ir sauso substrato derinys patikimai skatino chlorofilų a ir b bei karotenoidų sintezę sėjamųjų žirnių daiguose.
4. 21/14°C temperatūros ir normalaus drėgnio substrato derinys skatino asimiliacinio sėjamųjų žirnių daigų lapų ploto didėjimą, tačiau duomenys skirėsi nepatikimai esant tam pačiam substrato drėgniui.
5. Iš tyrimo duomenų matyti, kad optimaliausios sąlygos augti sėjamiesiems žirniams yra prie 21/14°C ir normalaus substrato drėgnio režimo.

NAUDOTA LITERATŪRA

1. ALEXIEVA, V.; IVANOV, J; SERGIEV, I; KARANOV, E. Interaction between stresses // *Plant physiology, Special issue*, 2003. P. 1-17.
2. ABDUL, J. C.; MANIVANNAN, P.; SANKAR, B.; KISHOREKUMAR, A.; GOPI, R.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM R. Water deficit stress mitigation by sacium chloride in *Catharanthus roseus*: effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. *Colloids and Surfaces*, 2007. Vol. 60. P. 110-116.
3. BRAY E. A., BAILEY-SERRES J., WERETILNYK E. Responses to abiotic stresses. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiologists, 2000.* 1 158–1 249.
4. BLUZMANAS, P.; BORUSAS, S.; DAGYS, J.; GRUODIENĖ, J.; STAŠAUSKAITE, S.; ŠLAPAKAUSKAS, V.; VONSAVIČIENĖ, V. *Augalų fiziologija*. Vilnius: Mokslas, 1991.- 419 p.
5. BORUSAS, S; PRANAİTIS, P; ŠLAPAKAUSKAS, V. *Augalų fiziologija ir mikrobiologijos pagrindai*. Vilnius: Mokslas, 1990.P. 119 – 122.
6. BOHNERT, H. J.; NELSON, D. E. AND JENSEN, R. G. Plant responses to water deficit // *Trends in Plant Science*, 1995. P. 2: 48-54.
7. BRAZAITYTĖ, A.; SAKALAUSKAITĖ, J.; DUCHOVSKIS, P.; JUKNYS, R.; ŠIKŠNAITIENĖ, J. B.; LUKATKIN, S.; SAMUOLIENĖ, G.; ULINSKAITĖ, R.; BARANAUSKIS, K.; ŠABAJAVIENĖ, G.; NAVARSKAITĖ, L.; STRAKŠAS, V. Antropogeninių veiksnių poveikis ridikėlių augimo parametrams // *LSDI mokslo darbai. Sodininkystė ir daržininkystė*. 2005. 24(2). P.84-90.
8. BUKANTIS, A.; GEDŽIŪNAS, P.; GIEDRAITIENĖ, J.; IGNATAVIČIUS, G.; JONYNAS, J.; KAVALIAUSKAS, P.; LAZAUSKIENĖ, J.; REIPŠLEGER, R.; SAKALAUSKIENĖ, G.; SINKEVIČIUS, S.; ŠULIJIENĖ, G.; ŽILINSKAS, G.; VALIUKEVIČIUS, G. *Lietuvos gamtinė aplinka, būklė, procesai ir raida. Aplinkos apsaugos agentūra*. Vilnius, UAB „Petro ofsetas“.- 2008. 238 p. [žiūrėta 2009 m. kovo 02 d.]. Prieiga per internetą: <http://gamta.lt/cms/index?rubricId=1b832753-e497-4888-935f-8aae13f61c67>

9. BRAZAITYTĖ, A. Genotipo ir temperatūros įtaka pomidorų lapų pigmentams įvairiais organogenezės etapais // *LSDI mokslo darbai. Sodininkystė ir daržininkystė*. 2000. 19(4). P. 62-72.
10. BOGUŠAS, R. *Žirniai*. Dotnuva – Akademija. Lietuvos žemdirbystės institutas, 1995. 5-8 p.
11. CHAVES, M. M.; MAROKO, J. P.; Pereira J. S. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant // *Functional Plant Biology*, 2003. 30: 239–264.
12. CHAVES, M. M. AND OLIVEIRA, M. M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture II *Journal of Experimental Botany*, 2004. Vol. 55, No. 407. P.20.
13. DUCHOVSKIS, P.; JUKNYS, R.; BRAZAITYTĖ, A.; ŽUKAUSKAITĖ, I. Plant response to integrated impact of natural and anthropogenic stress factors // *Russian journal of plant physiology*, 2003. V50, N2. P. 147-154.
14. DUCHOVSKIS, P.; BRAZAITYTĖ, A.; JUKNYS, R.; ŽUKAUSKAITĖ, I.; SLIESARAVICIUS, A. Kompleksinis antropogeninių veiksnių poveikis pigmentų kiekiui pomidorų lapuose // *LSDI mokslo darbai. Sodininkystė ir daržininkystė*. 2002. P. 111-118.
15. FUHRER J.. Agro-ecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone and global climate change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2003. 97: 1–20.
16. GURALNICK, L. J.; TING, I. P. Physiological changes in *Portulaca afra* L. Jacq. During summer drought and rewatering // *Plant Physiology*, 1987. Vol. 85. P. 481- 486.
17. GRZESIAK, S.; HURA, T.; MACIEJ, T.; PIENKOWSKI, G.; PIENKOWSKI, S. The impact of limited soil moisture and waterlogging stress conditions on morphological and anatomical root traits in maize (*Zea mays* L.) hybrids of different drought tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum*, 1999. P. 21: 305-315.
18. GRIME, J. P. *Nutrition, environment and plant ecology: an overview*. In *Plant growth: interactions with nutrition and environment* (Edited by J.R Porter and D. W. Lawlor) // Cambridge: Cambridge University Press. Society Experimental. Biol, 1991. P. 249-267.
19. JENKINS M. E., SUZUKI T. C., MOUNT D. W.. Evidence that heat and ultraviolet radiation activate a common stress-response program in plants that is altered in the Mutant of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology*, 1997. 115: 1 351–1 358.
20. JUKNYS, R. *Aplinkotyra*. Kaunas: Vytauto Didžiojo universiteto leidykla, 2005.- 334 p.
21. IPCC. A report of working group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. <http://www.ipcc.ch>

23. KIRNAK, H; KAYA, C.; TAS, I.; HIGGS, D.. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. *Plant Physiol.* 2001.p 22-28.
24. KARGE, H.; KOCHLER, M.; STUTZEL, H. Root growth and matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: measurement and simulation. *Europ. J. Agronomy*, 2004. P. 20: 379-394.
25. LICHTENTHALER, H. K. Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants // *J. Plant Physiology*, 1996. 148,4-14p.
26. PRAKASH, M.; RAMACHANDRAN, K. Effect of moisture stress and anti- transpirants on leaf chlorophyll, soluble protein and photosynthetic rate in brinjal plants II *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2000. Vol.184. N. 3. P. 153-156.
27. SAKALAIUSKIENĖ, S.; ŠABAJAVIENĖ, G.; LAZAUSKAS, S.; BRAZAITYTĖ, A.; SAMUOLIENĖ, G.; URBONAVIČIŪTĖ, A.; SAKALAIUSKAITĖ, J.; ULINSKAITĖ, R.; DUCHOVSKIS, P. Skirtingo drėgmės ir temperatūros režimo kompleksinis poveikis ridikėlių fotosintetiniams rodikliams III-IV organogenezės etapuose// *LSDI mokslo darbai. Sodininkystė ir daržininkystė*. 2008. 27(1). P. 97- 104. 27: 34–46.
28. SAKALAIUSKIENĖ, S.; ŠABAJAVIENĖ, G.; DUCHOVSKIS, P.; LAZAUSKAS, S.; URBONAVIČIŪTĖ, A.; BRAZAITYTĖ, A.; SAMUOLIENĖ, G.; ULINSKAITĖ, R.; SAKALAIUSKAITĖ, J.; POVILAITIS, V. Skirtingo drėgmės ir temperatūros režimo kompleksinis poveikis žemės ūkio augalų augimo rodikliams // *LSDI mokslo darbai. Sodininkystė ir daržininkystė*. 2007. 26(4). P.317-325.
29. STRAVINSKIENĖ, V. *Bioindikaciniai aplinkos vertinimo metodai. Mokomoji knyga*. Kaunas: Vytauto Didžiojo universiteto leidykla, 2005.-214 p.
30. SINGH, R.; MEHRA, S.P.; NARANG, R. S. *Effect of excessive soil moisture conditions on water relations in maize (Zea mays L.)*U Journal of Resea rches, 1997. Vol. 34. N. 3. P. 265-270.
31. ŠLAPAKAUSKAS, V.; DUCHOVSKIS, P. *Augalų produktyvumas*. Klaipėda: UAB IDP Solutions, 2008.- 253 p.
32. TARAKANOVAS P.; RAUDONIUS S. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas *Stat-eng*, iš paketo *Selekcija*. Akademija, 2003.

33. YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; KASUGA, Y.; LIU, Q.; NAKASHIMA, K.; SAKUMA, Y.; ABE, H.; SHINWARI, Z. K.; SEKI, M. AND SHINOZAKI, K. Biological mechanisms of drought stress response // *Jircas working report*, 2002. P. 1-8.
34. ŽUKAUSKAITĖ, L. Oro temperatūros, substrato rūgštumo ir sunkiųjų metalų kompleksinis poveikis sėjamajai pipirnei (*Lepidium sativum L.*) ir valgomajam pomidorui (*Lycopersicon esculentum Mill.*). *Daktaro disertacija. Biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra*. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas. Lietuvos miškų institutas, 2003. -117p.

PRIEDAI

Didėjančių temperatūrų ir drėgmės deficito poveikis sėjamųjų žirnių (*Pisum sativum* L.)biometriniams ir biocheminiams rodikliams

Kęstutis DAINENKA

Vadovas doc. dr. A. Žebrauskienė

Konsultantė doktorantė S. Sakalauskienė

Lietuvos žemės ūkio universitetas, sodininkystės ir daržininkystės katedra, el. paštas: ns@lzuu.lt

Įvadas

Augalas nuolat sąveikauja su aplinka. Svarbiausi aplinkos veiksniai, reguliuojantys augimą yra temperatūra, drėgmė, šviesa, deguonis, dirvožemio sudėtis ir kiti (Bluzmanas ir kt., 1991; Sakalauskienė ir kt., 2008). Sausame ore augalai daugiau išgarina vandens, greičiau nuvargina dirvožemį. Geriausia, kai dirvožemyje drėgmės yra 60 – 80 proc. jo visiško vandens imlumo. Kai vandens būna mažiau, trūksta jo ir augalams, kai daugiau – dirvožemyje trūksta deguonies. Trūkstant augalams deguonies, sutrinka vandens ir mineralinių maisto elementų paėmimas, augalai auga lėčiau, gelsta (Borusas, Pranaitis ir kt., 1990).

Tyrimų tikslas – didėjančių temperatūrų ir drėgmės deficito poveikį sėjamųjų žirnių (*Pisum sativum* L.) biometriniams ir biocheminiams rodikliams.

Metodai ir sąlygos

Tyrimai vykdyti 2008-2009 metais LSDI augalų fiziologijos laboratorijos fitotrofiniame komplekse. Eksperimento metu atlikti du bandymai. Abiejuose bandymuose buvo paruoštas substratas iš neutralaus rūgštumo durpių (6–6,5 pH) ir smėlio santykiu (3:1). Auginta po 20 sėjamųjų žirnių daigų, 5l talpos vegetaciniuose induose, trimis pakartojimais. Fotoperiodas buvo 16 valandų.

Pirmame bandyme buvo parinkti trys variantai, pagal substrato drėgnį: normalų (40%, ~25%), vidutinį (~25%, ~20%) ir sausą (>10%). Temperatūros režimas buvo 21/14°C (dieną/naktį).

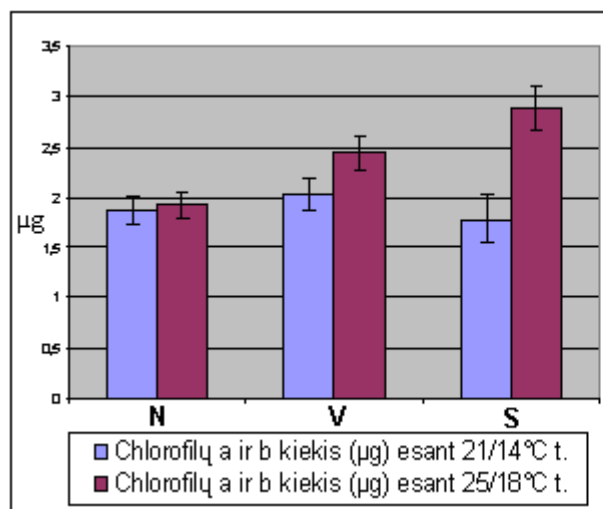
Antrame bandyme variantai buvo parinkti taip pat pagal substrato drėgnį: normalų (40%, ~25%), vidutinį (~25%, ~20%) ir sauso (>10%). Temperatūros režimas buvo – 25/18°C.

Rezultatai ir jų aptarimas

Atlikus tyrimus nustatyta, kad, didinant temperatūrą ir mažinant substrato drėgmę, chlorofilų a ir b bei karotino kiekis, sėjamųjų žirnių daiguose, didėja (1, 2 pav.).

Iš tyrimų duomenų matyti, kad didžiausias sausųjų medžiagų kiekis buvo daiguose, kurie augo normalaus drėgnio (40%, ~25%) substrate, aukštesnėje - 25/18 °C temperatūroje (3 pav).

Sėjamųjų žirnių didžiausias daigų lapų plotas buvo prie žemesnės temperatūros ir normalaus substrato drėgnio (40%, ~25%) (4 pav.).

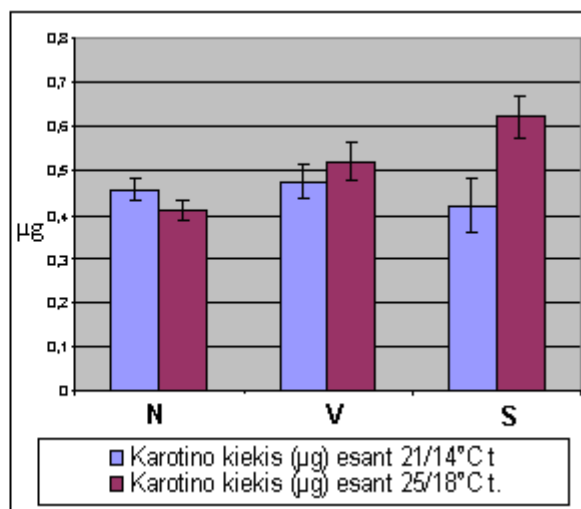


1 pav. Chlorofilų a ir b kiekis skirtingose temperatūros ir drėgmės deriniuose.

N-normalus substrato drėgnis (40%, ~25%);
V-vidutinis (~25%, ~20%); S-sausas (>10%).

1 Fig. Chlorophylls a and b amount in different combination of temperature and dampness.

N-normal substractum dampness (40%, ~25%);
V-medium (~25%, ~20%); S-dry (>10%).

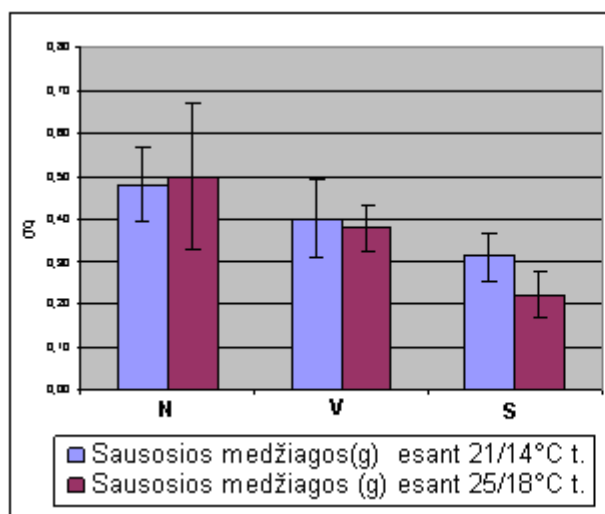


2 pav. Karotino kiekis skirtingose temperatūros ir drėgmės deriniuose.

N-normalus substrato drėgnis (40%, ~25%);
V-vidutinis (~25%, ~20%); S-sausas (>10%).

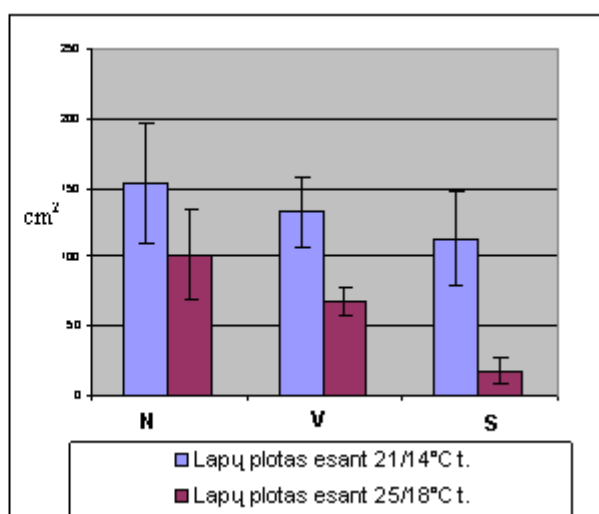
2 Fig. Carotene amount in different combination of temperature and dampness.

N-normal substractum dampness (40%, ~25%);
V-medium (~25%, ~20%); S-dry (>10%).



3 pav. Sausųjų medžiagų kiekis μg 1 grame sausos masės skirtingose temperatūros ir drėgmės deriniuose.
N-normalus substrato drėgnis (40%, ~25%);
V-vidutinis (~25%, ~20%); S-sausas (>10%).

3 Fig. The amount of dry material μg 1 gramme dry mass in different combination of temperature and dampness.
N- normal substratum dampness (40%, ~25%);



4 pav. Sėjamųjų žirnių biocheminiai rodikliai skirtingose temperatūros ir drėgmės deriniuose.

N-normalus substrato drėgnis (40%, ~25%);
V-vidutinis (~25%, ~20%); S-sausas (>10%).

4 Fig. Seeding peas biochemical indicators in different combination of temperature and dampness.
N- normal substratum dampness (40%, ~25%);
V-medium (~25%, ~20%); S-dry (>10%).

Išvados

1. Substrato drėgmės deficitas ir temperatūros didinimas skatino chlorofilų a ir b kaupimąsi daiguose.
2. Didinant temperatūrą ir mažinant substrato drėgnį žirnių daiguose buvo aiškūs sausųjų medžiagų nuostoliai.
3. Aukšta temperatūra ir drėgmės deficitas neigiamai veikė sėjamųjų žirnių lapų plotą.

Literatūra

1. Borusas S., Pranaitis P., Šlapakauskas V. Augalų fiziologija ir mikrobiologijos pagrindai. 1990. Vilnius. 110 p.
2. Bluzmanas ir kt. Augalų fiziologija. Vilnius, mokslas 1991.
3. S. Sakalauskienė ir kt. Kompleksinis ozono ir didėjančios anglies dioksido koncentracijos bei temperatūros poveikis valgomajam ridikėliui. Sodininkystė ir daržininkystė. Mokslo darbai 27(2) 2008, 159 – 160 p.

Summary

THE INFLUENCE of TEMPERATURES GROWTH AND DAMPNES DEFICIT to SEEDING PEAS (*Pisum sativum* L.) BIOMETRIC AND BIOCHEMICAL INDICATORS

The research was made at LSDI plants physiological laboratory's phytotropic complex in 2008 - 2009 years. Experimentally there were made two researches. In each experiment there was prepared substratum from neutral sourness peat (6–6,5 pH) and sand, proportion (3:1). There were bred over 20 seeding peas sets in 5 litre vegetative dishes. Photoperiod was over 16 hours.

In the first research three variants were selected according to substratum dampness: normal (40%, ~25%), medium (~25%, ~20%) and dry (>10%). The temperature routine was 21/14°C (day/night).

In the second research variants were selected also according to substratum dampness: normal (40%, ~25%), medium (~25%, ~20%) and dry (>10%). The temperature routine was 25/18°C.

Investigated that the deficit of substratum dampness and temperature growth stimulated chlorophylls a and b hilling in seeds. While increasing the temperature and decreasing substratum dampness in the seeds of seeding peas dry material loss was distinct. Investigated that high temperature and deficit of dampness especially negative affect the leaf stretch of seeding peas.