

(19)



(10) **LT 5516 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patent numeris: **5516**

(51) Int. Cl. (2006): **A01G 7/00**
A23L 3/26

(21) Paraiškos numeris: **2006 082**

(22) Paraiškos padavimo data: **2006 10 17**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2008 04 25**

(45) Patent paskelbimo data: **2008 09 25**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(72) Išradėjas:

Artūras ŽUKAUSKAS, LT
Pavelas DUCHOVSKIS, LT
Zenius BLIZNIKAS, LT
Giedrė SAMUOLIENĖ, LT
Akvilė URBONAVIČIŪTĖ, LT
Pranciškus VITTA, LT

(73) Patent savininkas:

Uždaroji akcinė bendrovė „HORTILED“, Breslaujos g. 3, 44403 Kaunas, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Liudmila GERASIMOVICH, IĮ „Liudmila Gerasimovič, Patentinis patikėtinis“,
Vingrių g. 13-42, LT-01141 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Žalingų nitratų kiekio augaluose sumažinimo, apšvitinant kietakūnio šviestuvo
sukuriamu šviesos srautu, būdas ir įrenginys

(57) Referatas:

Žalingų nitratų likučių augaluose sumažinimo, apšvitinant kietakūnio šviestuvo sukuriamu šviesos srautu, būdas ir įrenginys priklauso augalų auginimui, kai augalai derliaus nuėmimo stadijoje arba tuoj po jos apdorojami kietakūnio šviestuvo sukuriamais šviesos srautais, siekiant nukreipti augaluose dar vykstančius fotosintezės ir metabolizmo procesus tokia linkme, kad sumažėtų nitratų kiekis, tuo pačiu metu išsaugant šių augalų maistines ir kitas žmogui naudingas savybes. Augalus apšvitina laikotarpiu iki 3 dienų, fotosintetinio fotonų srauto tankį reguliuoja nuo 40 iki 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, bangos ilgių intervale nuo 400 iki 700 nm su fotoperiodu – nuo 12 iki 24

valandų, jo šiluminę spinduliuotę nukreipiant į priešingą pusę nuo apdorojamų augalų, keičiant aplinkos sąlygas. Įrenginį sudaro šviestuvas, sudarytas iš sumontuotų ant radiatoriaus šviestukų, uždengtų skaidriu specialiai sukonstruotu dangteliu, sujungtas su maitinimo šaltiniu. Minimalų šiluminės spinduliuotės sklaidimą augalų link užtikrina pailgas ištisinis briaunuotas arba perforuotas arba adatų formos radiatorius.

Išradimas priklauso augalų auginimui, kai augalai derliaus nuėmimo tarpsnyje, arba tuoj po jo, apšvitinami kietakūnio šviestuvo sukuriamu šviesos srautu, siekiant nukreipti augaluose dar vykstančius fotosintezės bei metabolizmo procesus tokia linkme, kad sumažėtų nitratų kiekis, tuo pačiu metu išsaugant maistines ir kitas žmogui naudingas savybes.

Siūlomas išradimas yra tiesiogiai susijęs su kietakūnių spinduliavimo prietaisų, tokių kaip šviesos diodų (šviestukų), panaudojimu fotosintezės bei metabolizmo procesų augaluose reguliavimui.

Šviestukai yra injekcinės elektroliuminescencijos principu veikiantys nekoherentinės šviesos šaltiniai, kuriuose, skirtingai nei visuose kituose šaltiniuose, elektros energijos konvertavimui į šviesą nereikalingas medžiagos ar jos dalelių kaitinimas. Kadangi šviestukų našumo neriboją fizikinės priežastys, jie potencialiai gali būti našesni už kitus šviesos šaltinius. Be to, lyginant su įprastais šaltiniais, jie pasižymi eile pranašumų: yra mechaniškai tvirti, kompaktiški, ilgaamžiai, sparčiai persijungia, neperdega staiga, naudoja žemą įtampą, yra lengvai suderinami su kompiuterine elektronika, spinduliuoja neplačiuose spektro ruožuose be pašalinių spektrinių komponentų, neturi kenksmingų medžiagų (gyvsidabrio), lankstūs montavimo į įvairios formos matricas atžvilgiu. Tai lemia, kad šviestukais paremta kietakūnio apšvietimo technologija palaipsniui skverbiasi į visas dirbtinės šviesos naudojimo sritis, tokias kaip šviesos signalai, vaizduokliai, dekoratyvinis, architektūrinis, pasilinksminimo, medicininis ir bendrasis apšvietimas, optiniai matavimai [A. Žukauskas, M. S. Shur, R. Gaska, Introduction to Solid-State Lighting (Wiley, New York, 2002), xii+207 p., ISBN 0471215740].

Kadangi, parenkant šviestukuose naudojamų puslaidininkių cheminę sudėtį, kvazimonochromatinė šviestukų spinduliuotė gali būti lengvai suderinta su augalų fotosintezinių ir fotomorfogenezinių pigmentų sugerties spektrais, kietakūnis apšvietimas yra patraukli technologija augalų kultivavimui.

Po to, kai buvo sukurti didelio skaisčio raudoni AlGaAs šviestukai, buvo pasiūlyta padidinti augalų fotosintezinį našumą, auginimo metu apšviečiant juos kvazimonochromatine šviesa, suderinta su pagrindine chlorofilų sugerties spektro smaile (apie 660 nm), ir tokiu būdu išvengiant nuostolių, kurie atsiranda sugeriant

trumpesnio ilgio šviesos bangas [Bula R. J., Morrow R. C., Tibbitts T. W., Barta D. J., Ignatius R. W., Martin T. S., "Light-emitting diodes as a radiation source for plants," HortScience 26 (2), p. 203–205 (1991)].

JAV patente US 5 012 609 (1991) buvo apibrėžti jau trys spektro ruožai, kuriuose turi spinduliuoti kietakūnis šviestuvas, palaikantis augalų augimą ir formavimąsi (morfogenezę): 620–680 nm – augalų fotosintezinių poreikių, 700–760 nm – fotomorfogenetinių poreikių ir 400–500 nm – fototropinių ir fotomorfogenetinių poreikių tenkinimui. Tame pačiame patente buvo apibrėžti šviestukų pastovaus ir impulsinio maitinimo būdai.

Vėlesniuose patentuose aprašytos įvairios šviestuvų ir augalų kultivavimo kamerų (fitotronų) konstrukcijos. JAV patente US 5 278 432 (2004) aprašyta šviestuvo konstrukcija, kurią sudaro šilumai laidus pagrindas su prie jo pritvirtintais šviestukų lustais. Pagrindė įtaisyta aušinimo priemonės, tarp jų – ventiliatorius. Šviestukų maitinimui panaudoti balastinio tipo elektroniniai srovės stabilizatoriai, maitinami nuo įtampos šaltinio. JAV patente US 5 278 432 (1997) apibrėžiama fitotroninio šviestuvo konstrukcija, kur šilumos nuvedimui nuo puslaidininkinių lustų naudojami rėminiai išvadai, o šviesos srautui koncentruoti – išoriniai reflektoriai. Japonijos patentinėse paraiškose [JP2004081110 (2004), JP2005000155 (2005)] siūlomos kameros su kietakūniu apšvietimu, kurios skirtos ne vien augalų auginimui, bet ir jų saugojimui. JAV patente US 6 688 759 (2004) apibrėžiamas sietyno pavidalo kietakūnis šviestuvas su šviestukais, išdėstytais keliose plokštumose.

JAV patentuose US 6 474 838 (2002), US 6 554 450 (2003) aprašytos fitotronų daigams konstrukcijos, specifikuojami naudojami bangos ilgiai ir šviestukų maitinimo grandinės. JAV patente US 6 725 598 (2004) apibrėžta fitotroninė kamera su kietakūniu apšvietimu, kuri jutiklių sistemos pagalba reaguoja į aplinkos parametrus, įskaitant apšvietą, bei į augalų parametrų kitimą. Jutiklių signalai panaudoti aplinkos parametrų palaikymui ir valdymui.

Keli patentai yra skirti išnaudoti specifinius šviestukų privalumus. Pavyzdžiui, Europos patente EP1374665 (2002) yra apibrėžti šviestukų impulsinio maitinimo parametrai (periodas nuo 2 μ s iki 1 ms ir veikimo ciklas nuo 20 iki 70%), kurių optimalios vertės lemia didžiausią augalo produktyvumą. JAV patente US 6 921 182 (2005) išnaudojamos šviestukų emisijos spektrinis ir kryptinis lankstumas. Čia skirtingų spalvų ir kryptingumo šviestukai pritaikyti vienodam augalo viršutinių ir

apatinių lapų apšvietimui, pasinaudojant lapų optinio tankio priklausomybe nuo bangos ilgio.

Tolydžio tobulėjant šviestukų technologijai, augant jų galiai ir krentant kainai, kietakūnio apšvietimo technologija, kilusi iš nedidelių fitotroninių kamerų, ėmė darytis patraukli didelio masto pramoniniam augalų kultivavimui šiltadaržiuose. Europos patente EP1300066 (2003) aprašomas pramoninis augalų auginimo būdas, kuriame loveliai su sėjinukais konvejerio pagalba yra transportuojami po įžambiai orientuota kietakūne apšvietimo plokštė taip, kad didėjant augalo aukščiui, šviesos šaltinio padėtis tolygiai kyla virš konvejerio. Apšvietimo plokštė sudaryta iš oru arba vandeniu aušinamo metalinio (aliuminio) pagrindo, izoliacinio sluoksnio su laidininkais, prie šių laidininkų laidžiais klėjais priklijuotų šviestukų lustų su reflektoriais ir skaidraus plastiko korpusais bei skaidraus plokščio dangtelio. Ertmė tarp šviestukų ir dangtelio yra sandarinama ir užpildoma sausomis inertinėmis dujomis.

Europos patente EP1479286 (2004), kuris savo esme yra artimiausias siūlomam įrenginiui, aprašytas kietakūnis šviestuvas, skirtas papildyti natūralų apšvietimą šiltadaržiuose. Šviestuve šviesos diodai sumontuoti ant ilgo ir siauro briaunuoto radiatoriaus, kuris gali būti tvirtinamas prie šiltadaržio konstrukcijų. Skirtingai nuo ankstesnių patentų, tokia bėginė radiatoriaus konstrukcija mažai užstoja saulės šviesą.

Minėti pagrindiniai patentai ir paraiškos, skirti šviestukų taikymui augalų kultivavimui, pasižymi eile trūkumų, kurie stabdo kietakūnio apšvietimo technologijos prasiskverbimą į pramoninę daržininkystę.

Pirma, patentų ir paraiškų aprašymuose neretai remiamasi teiginiais, kad šviestukai yra našesni nei įprasti šviesos šaltiniai, naudojami augalų kultivavimui [US 5 012 609 (1991), EP1374665 (2002), EP1300066 (2003), EP1479286 (2004), US 6 921 182 (2005)]. Tačiau nors teoriškai šviesos šaltinių, veikiančių injekcinės elektroluminescencijos principu, vidinio kvantinio našumo neriboja fizikinės priežastys, komerciškai prieinamų šviestukų našumas nėra didelis dėl nespindulinės rekombinacijos, šviesos ištrūkimo iš didelio lūžio rodiklio medžiagos sunkumų ir, kai kuriuose puslaidininkiuose (AlGaAs, AlGaInP), dėl netiesaus energinių juostų tarpo įtakos [A. Žukauskas, M. S. Shur, R. Gaska, Introduction to Solid-State Lighting (Wiley, New York, 2002), xii+207 p., ISBN 0471215740]. Pavyzdžiui, geriausių didelės galios AlGaAs šviestukų spindulinis našumas tėra 20% 730 nm bangos ilgiui ir neviršija 10% 660 nm bangos ilgiui; raudonų (640 nm) AlGaInP ir mėlynų InGaN (450 nm) didelės galios šviestukų spindulinis našumas neviršija atitinkamai 20% ir

10% [G. Tamulaitis, P. Duchovskis, Z. Bliznikas, K. Breivė, R. Ulinskaitė, A. Brazaitytė, A. Novičkovas, and A. Žukauskas, "High-power light-emitting diode based facility for plant cultivation," J. Phys. D 38 (17), pp. 3182–3187(2005)]. Pažymėtina, kad šie šviestukų našumo rodikliai pastaraisiais metais auga labai lėtai. Tuo tarpu standartinių didelio slėgio natrio ir fluorescencinių lempų, plačiai naudojamų šiltadaržiuose, spindulinis našumas yra apie 30%. Tiesa, dėl galimybės geriau suderinti šviestukų emisijos spektrą su fitopigmentų sugerties spektrais ir dėl impulsinio apšvietimo privalumų, augalų produktyvumas naudojant kietakūnį apšvietimą gali būti apie 1,5 karto didesnis [EP1374665 (2002); G. Tamulaitis, P. Duchovskis, Z. Bliznikas, K. Breivė, R. Ulinskaitė, A. Brazaitytė, A. Novičkovas, and A. Žukauskas, "High-power light-emitting diode based facility for plant cultivation," J. Phys. D 38 (17), pp. 3182–3187(2005)]. Tačiau kietakūnio apšvietimo eksploatacinės išlaidos augalų kultivavime yra tik vos mažesnės arba net viršija tradicinio apšvietimo eksploatacines išlaidas. Be to, atsižvelgiant į tai, kad kietakūnio apšvietimo turtinės išlaidos yra keliasdešimt kartų didesnės nei tradicinio, šviesos diodų generuojamo šviesos srauto visuminė kaina yra didelė, ir jų panaudojimas pramoniniam augalų auginimui per visą vegetacijos ciklą, kaip siūloma daugumoje susijusių patentų, kol kas yra ekonomiškai nepatrauklus.

Antra, plačiai paplitusi nuomonė, kad šviesos diodai generuoja mažiau šilumos nei tradiciniai šaltiniai [US 6 474 838 (2002), EP1374665 (2002), US 6 554 450 (2003)]. Iš tikrųjų, augalų kultivavimui naudojami šviestukai tiesiogiai nespinduliuoja tolimoje infraraudonoje srityje, nes jų lustų temperatūra yra žema. Tačiau dėl vidinių energijos nuostolių juose išsiskiria šiluminė energija, kuri turi būti nuvedama į radiatorius. Nors pastarasis paprastai yra šaltesnis nei išlydžio ar fluorescencinės lempos vamzdelis, dėl didelio radiatoriaus ploto šiluminės spinduliuotės srautas yra ne mažesnis nei tradiciniams šaltiniams. Kita vertus, tai savaime suprantama, nes šviestukų spindulinis našumas yra nedidelis, ir visa į šviesą nekonvertuota energija virsta šiluma. Todėl kietakūnių apšvietimo plokščių išdėstymas arti augalų ne visada yra pagrįstas ir gali sukelti augalų perkaitimą.

Trečia, kadangi šviestukų generuojamo šviesos srauto vieneto kaina yra didelė, net ir nedideli nuostoliai yra nepageidautini. Tuo tarpu eilėje patentų yra siūlomos maitinimo schemos su įtampos stabilizatoriumi (tam reikalingas balastinis rezistorius [US5012609 (1991)]). Tuo tarpu tam, kad stabilizuoti srovę per diodų grandinę, įtampos kritimas ant balastinio rezistoriaus turi būti daug didesnis, negu įtampos

kritimo kitimas ant diodų grandinėlių. Naudojant elektroninį balastą [US 5 278 432 (2004)], nuostoliai yra mažesni, tačiau vis dar žymūs.

Kitas paplitęs nuostolių tipas yra optiniai nuostoliai dėl netinkamos apsauginio dangtelio konstrukcijos – skaidrios stiklo ar plastiko plokštelės, tarp kurios ir šviestuko plastikinės kapsulės paliekamas oro ar kitokių dujų tarpas [US 5 278 432 (1994), EP1300066 (2003), US 6 725 598 (2004)]. Šviesai krintant statmenai į tokią plokštelę, atspindi 8–10% srauto, o esant didesniai kritimo kampui, nuostoliai didėja. Didelės galios šviestukams, kurie paprastai turi platų spinduliavimo kampą, nuostoliai dėl atspindžio nuo plokščio dangtelio gali siekti 20% ir daugiau.

Ketvirta, kietakūnių augalų apšvietimo sistemų kūrėjai paprastai neatsižvelgia į šviestukų generuojamo srauto kritimą dėl temperatūros kitimo ir senėjimo. Įprastos šviestukų maitinimo sistemos turi srovės matavimu pagrįstą grįžtamąjį ryšį, kuris užtikrina srovės stabilizavimą [pavyzdžiui, US6724156 (2004)]. Tuo tarpu, kintant sandūros temperatūrai raudoname AlGaInP šviesos diode nuo 10 °C iki 60 °C, šviesos srautas sumažėja 30%. Priedo, jiems senstant, per eksploatacijos trukmę spinduliuojamas srautas palaipsniui krenta iki 50–70% pradinės vertės. Kai kuriuose patentuose terminis ir senėjimo dreifas gali būti kompensuojamas, panaudojant kompiuterinę arba mikroprocesorinę valdymo sistemą [EP1300066 (2003), US6725598 (2004)]. Analoginė šviestukų maitinimo schema [US7019662 (2006)], kurioje fotoelektrinis grįžtamasis ryšys palaiko pastovų išėjimo srautą, neapsaugo šviestukų nuo srovės perviršio ir neužtikrina pastovios apšvietos. Tuo tarpu paprastos kietakūnės šiltdaržių apšvietimo sistemos [EP1479286 (2004)] stokoja nesudėtingo ir pigaus terminio ir senėjimo dreifo kompensacijos būdo, kuris tuo pačiu metu užtikrintų pastovų fotosintezinį fotonų srautą ir šviestukų apsaugą nuo srovės perviršio.

Kol ekonominės priežastys neleidžia panaudoti kietakūnį apšvietimą augalų kultivavimui per visą auginimo ciklą, šviestukų teikiami privalumai gali būti pritaikyti šiltdaržio augalų trumpalaikiam švitinimui, t.y. nedidelės auginimo ciklo dalies metu, pavyzdžiui daiginimui [US 6 474 838 (2002), US 6 554 450 (2003)] arba fitocheminių junginių lygio pakeitimui [EP1626620 (2004)].

Kita vertus, egzistuoja poreikis pagerinti jau išaugintų šiltdaržio augalų maistinę kokybę, sumažinant nitratų kiekį. Tokie padidinti nitratų kiekiai yra įprasti augaluose, išaugintuose po dirbtiniu apšvietimu naudojant trąšas, kadangi dėl ekonominių priežasčių ir dėl stiprios įprastinių šaltinių šiluminės spinduliuotės naudojamas dirbtinio apšvietimo fotosintezinis fotonų srautas (apie $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

yra daug mažesnis nei natūralaus saulės apšvietimo (iki $2000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Be to padidintam nitratų kiekiui įtakos turi ir tai, kad įprastų lempų spinduliuotės spektras nėra gerai suderintas su augalo fotofiziologiniais poreikiais, naudojami fotoperiodai yra optimizuoti ne pagal augalų poreikius, o pagal elektros energijos kainos kitimą paros metu, dirbtinių trąšų kiekis dirvoje ar maitinimo terpėje nustatomas siekiant gauti didžiausią augalo produktyvumą ir t.t. Nitratinio azoto kiekio daržovėse sumažinimo būdas jas apšviečiant yra žinomas. Tačiau naudojant įprastus šviesos šaltinius, apšvieta negali būti didelė ir daržovės turi būti apdorojamos ilgą laiką. Pavyzdžiui, Japonijos patentinėje paraiškoje JP2005245243 (2005), kurioje aprašytas žalingų nitratų likučių sumažinimo apšviečiant būdas, siūloma naudoti apšvietą, pradedant nuo 300 lx (tai atitiktų maždaug $5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ fotosintezinį fotonų srautą), ir apšviesti daržoves ne mažiau kaip 3 dienas ir naktis iki derliaus nuėmimo ir/arba ne mažiau kaip 7 paras po derliaus nuėmimo. Ilgas apdorojimo laikas gali sukelti daržovių kitų maistinių savybių pablogėjimą dėl senėjimo, netinkamo fotoperiodo ir pan. Per žemas apšvietimo lygis nitratų kiekį gali netgi padidinti.

Artimiausias siūlomam žalingų nitratų likučių augaluose sumažinimo apšvitinant kietakūnio šviestuvo sukuriamu šviesos srautu būdui yra žalingų nitratų likučių augaluose sumažinimo būdas apšvitinant augalus šviesos srautu pagal aukščiau minėtą Japonijos patentinę paraišką JP2005245243 su aukščiau išvardintais trūkumais.

Artimiausias siūlomam žalingų nitratų kiekio augaluose sumažinimo, apšvitinant kietakūnio sukuriamu šviesos srautu, būdo įgyvendinimo įrenginys yra augalų apšvitinimo fotosinteziniu šviesos srautu įrenginys pagal minėtą Europos patentą EP1479286, susidedantis iš kietakūnio šviestuvo, kuriame šviestukai sumontuoti ant pailgo radiatoriaus, kuris gali būti tvirtinamas prie šiltadaržio konstrukcijų. Toks pailgas radiatorius sukonstruotas taip, kad kuo mažiau užstotų saulės šviesą augalams, tačiau augalų perkaitinimo dėl padidinto šviesos srauto problema nesprenžžiama. Šis įrenginys pritaikytas papildyti natūralų apšvietimą, tačiau nėra skirtas efektyviam nitratų redukavimui.

Išradimo tikslas yra sukurti būdą ir įrenginį, leidžiantį sumažinti užaugintų augalų žalingų nitratų kiekį, nepabloginant jų maistinės sudėties, ypač nesumažinant naudingų cukrų bei vitaminų kiekio.

Tikslas pasiekiamas žalingų nitratų augaluose sumažinimo būdu, kuriame augalus apšvitina kietakūnio šviestuvo išskiriamu fotosinteziniu fotonų srautu. Nauja yra tai, kad augalus fotosinteziniu fotonų srautu apšvitina laikotarpiu iki 3 dienų po

užaugimo arba jų derliaus nuėmimo stadijoje. Fotosintezinio fotonų srauto tankį reguliuoja nuo 100 iki 2000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ bangos ilgių intervale nuo 400 iki 700 nm su fotoperiodu nuo 12 iki 24 valandų, šviestuvo radiatoriaus šiluminę spinduliuotę nukreipiant į priešingą pusę nuo apdorojamų augalų.

Arba augalus fotosinteziniu fotonų srautu apdoroja po užauginimo arba jų derliaus nuėmimo stadijoje laikotarpiu iki 3 dienų, fotosintezinio fotonų srauto tankį reguliuoja nuo 40 iki 2000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, bangos ilgių intervale nuo 400 iki 700 nm su fotoperiodu nuo 12 iki 24 valandų, šviestuvo radiatoriaus šiluminę spinduliuotę nukreipiant į priešingą pusę nuo apdorojamų augalų, keičiant aplinkos sąlygas:

- supančios aplinkos dujų sudėtį (CO_2 koncentraciją), ir arba
- mažinant maitinimo tirpalo koncentraciją derliaus nuėmimo tarpsnyje ir arba
- žeminant aplinkos temperatūrą, ją palaikant 4-25° C.

Pavyzdžiui, aplinkos dujų sudėtyje gali būti 0,05-0,3% CO_2 , maitinamojo tirpalo koncentracija - sumažinta iki 0-33%, aplinkos temperatūra - 20-25° C. Tada fotosintezinio fotonų srauto tankį galima sumažinti iki 400-600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ bangos ilgių intervale nuo 640 iki 660 nm, kai fotoperiodas yra nuo 18 valandų.

Optimaliu atveju reguliuojamą fotosintezinio fotonų srauto tankį siūloma sumažinti iki 40-100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, pažeminus aplinkos temperatūrą iki 4° C, kartu nebūtinai keičiant kitas aplinkos sąlygas.

Siūlomas žalingų nitratų likučių augaluose sumažinimo apšvitinant kietakūnio šviestuvo sukuriamu šviesos srautu būdas įgyvendinamas įrenginiu, susidedančiu iš šviestuvo, sudaryto iš vieno arba daug šviestukų, išdėstytų ant pailgos formos radiatoriaus po kuriuo talpinami augalai apšvitinimui, ir šviestukų maitinimo šaltinio. Nauja yra tai, kad minėtas radiatorius padarytas pailgas su viena arba daug briaunų, kurios gali būti ištisinės arba perforuotos, arba adatinės, nukreiptų į viršų, tolyn nuo augalų, ir briaunų sienelių paviršiai yra apdoroti taip, kad briaunų šiluminio spinduliavimo koeficientas būtų maksimalus. Radiatoriaus apačia, ant kurios sumontuoti šviestukai, yra daug mažesnio ploto nei briaunų plotas, apačios paviršius yra apdorotas taip, kad jos šiluminio spinduliavimo koeficientas būtų minimalus. Radiatoriaus apačią kartu su šviestukais dengia skaidrus dangtelis.

Skaidrus dangtelis sudarytas iš hemisferinių segmentų, kurių centrai sutampa su šviestukų lustais, o tarpelis tarp dangtelio ir šviestukų skaidrių kapsulių užpildytas permatomu tepalu ar derva, kurios lūžio rodiklio vertė artima dangtelio korpuso ir kapsulių lūžio rodiklio vertei.

Maitinimo šaltinio schema apima impulsinį įtampos keitiklį, kurio išėjimo įtampą valdo dvi grįžtamojo ryšio kilpos (fotoelektrinė ir apsauginė), perjungiamos elektroniniu komutatoriumi priklausomai nuo to, kurį iš dviejų dydžių (suminį aplinkos ir šviestuvo generuojamą fotosintezinio fotonų srauto tankį ar maitinimo srovę) reikia riboti.

Fotoelektrinę grįžtamo ryšio kilpą sudaro fotoelektrinis matuoklis, kurį sudaro fotodiodas su optiniu filtru ir pirmas operacinis stiprintuvas su rezistorine grįžtamojo ryšio kilpa, ir antras operacinis stiprintuvas bei pirmas potenciometas, be to, optinio filtro optinis pralaidumo spektras (nuo 400 iki 700 nm) suderintas su fotodiodo spektrine jautrio charakteristika taip, kad pirmojo operacinio stiprintuvo išėjimo įtampa būtų proporcinga fotosintezinio fotonų srauto tankiui, o apsauginė grįžtamo ryšio kilpa turi trečią operacinį stiprintuvą, sujungtą su matavimo rezistoriumi, nuosekliai sujungtu su šviestukų grandinėle, ir antru potenciometu.

Grįžtamojo ryšio kilpų komutatorių sudaro du silicio diodai ir rezistorius, prijungtas prie ketvirto operacinio stiprintuvo, kai minėtų diodų anodai prijungti atitinkamai prie antro (fotoelektrinio reguliavimo) ir trečio (apsauginio reguliavimo) operacinių stiprintuvų išėjimų, o katodai sujungti su rezistoriumi.

Šviestuvą sudarantys šviestukai spinduliuoja ties vienu ar keliais bangos ilgiais bangos ilgių intervale 400 - 700 nm.

Siūlomo techninio sprendimo privalumai.

Siūlomas žalingų azoto trąšų likučių augaluose sumažinimo, apšvitinant kietakūnio sukuriamu šviesos srautu, būdas pasižymi tuo, kad apšvitinimą vykdo didelio tankio fotosinteziniu fotonų srautu ir nitratų sumažinimo efektą pasiekia per trumpesnę laiką (ne daugiau 3 dienų) nesumažinant augalų maistinės kokybės po augalų susiformavimo ir išauginimo.

Apdorojant jau susiformavusius ir išaugintus augalus didelio tankio fotosinteziniu fotonų srautu, intensyvaus fotosintezės proceso metu auginimo metu augalų lapuose susikaupę nitratų likučiai sparčiai redukuojami fotocheminėse reakcijose, kurių metu papildomai susidaro maistingos medžiagos, tokios kaip įvairūs cukrai (fruktozė, sacharozė ir kt.), vitaminai (C, folinė rūgštis ir kt.), fitohormonai (zeatinai, indolai ir kt.) ir t.t. Tokiu būdu augalai pasiekia derliaus nuėmimo terminalą su sumažėjusiu likutiniu nitratų kiekiu ir galimai net padidėjusiu maistingų junginių kiekiu, ir tokia pavidale pateikiami vartotojui. Alternatyviai arba papildomai

augalai, ypač jų lapai, gali būti apdorojami didelio tankio fotosinteziniu fotonų srautu po derliaus nuėmimo.

Kadangi apdorojimas dideliu fotosinteziniu fotonų srautu trunka neilgai, palyginus su visa vegetacijos trukme, aukšta kietakūnių šviestuvų generuojamos šviesos kaina santykinai nedaug įtakoja į daržovių savikainą. Be to, kiekvienai daržovių rūšiai išlaidos papildomam švitinimui gali būti minimizuotos, parenkant optimalų šviesos spektrą, fotosintezinio fotonų srauto tankį, švitinimo trukmę ir fotoperiodą.

Didelio tankio fotosintezinį fotonų srautą sukuria įrenginys minėto būdo įgyvendinimui, kuriame naudojami didelės galios šviestukai su spinduliuotės spektru, suderintu su chlorofilų sugerties spektru. Šviestukai sumontuoti ant radiatoriaus, uždenkti skaidriu apsauginiu dangteliu ir prijungti prie maitinimo šaltinio. Apšvietimo sistema pagaminta taip, kad augalai būtų minimaliai veikiami šiluminės spinduliuotės, o fotosintezinio fotonų srauto vieneto kaina būtų mažiausia.

Minėtas būdo įgyvendinimo įrenginys skiriasi nuo iki šiol naudotų eile aspektų. Pirmiausia, radiatoriaus konstrukcija yra specialiai pritaikyta tam, kad generuojant didelio tankio fotosintezinį fotonų srautą tuo pat metu generuojama galinga šiluminė spinduliuotė būtų nukreipiama nuo augalų, kad jie neperkaistų. Ši konstrukcija iš esmės skiriasi nuo konstrukcijų aprašytų patentuose [pavyzdžiui, US 5 012 609 (1991), US 5 278 432 (1994), EP1300066 (2003), US 6 688 759 (2004)], kur šviestukams aušinti naudojamos šilumai laidžios ištisinės plokštės ir nemaža dalis šiluminės spinduliuotės patenka į augalus. Siūlomame išradime, kaip ir Europos patente EP1479286 (2004), naudojamas siauras bėgio pavidalo radiatorius su apačioje pritvirtintais šviestukais. Tačiau radiatoriaus paskirtis yra ne tik neužstoti išorinio natūralaus ar dirbtinio apšvietimo, bet ir užtikrinti kuo mažesnę šiluminę spinduliavimą augalų link. Siūlomame išradime radiatorius yra padarytas su tam tikros formos briaunomis, nukreipiančiomis šiluminę spinduliavimą tolyn nuo augalų, ir jų paviršius yra apdorotas taip, kad jo šiluminio spinduliavimo koeficientas būtų maksimalus. Tuo tarpu siaura radiatoriaus apačia, esanti arčiausiai augalų, yra apdorota taip, kad jo šiluminio spinduliavimo koeficientas būtų minimalus.

Antras aspektas liečia optinių nuostolių sumažinimą šviestuve, siekiant siūlomą metodą padaryti komerciškai patrauklesnį. Tokie nuostoliai atsiranda naudojant plokščią apsauginį dangtelį [US5278432 (1994), EP1300066 (2003), US6725598 (2004)]. Nesant tokio dangtelio, kaip tai yra paraiškoje [EP1479286 (2004)], šviestukai

ir juos jungiančios elektrinės grandinės yra neapsaugoti nuo drėgmės ir šviestuvą sunku valyti nuo dulkių ir vabzdžių taršos. Siūlomame išradime naudojamas hermetiškas skaidrus dangtelis, sudarytas iš hemisferinių segmentų, kurių centrai sutampa su šviestukų lustais. Šio dangtelio ypatumas yra tas, kad optiniam kontaktui pagerinti tarpas tarp dangtelio ir šviestukų skaidrių kapsulių užpildomas peršviečiamu tepalu ar derva.

Trečias šviestuvo konstrukcijos aspektas liečia maitinimo šaltinį, kuris turi užtikrinti mažas eksploatacines išlaidas. Tam jis turi pasižymėti mažais elektrinės galios nuostoliais ir elektros energijos taupymu natūralaus apšvietimo sąskaita. Taip pat šviestukai turi būti apsaugoti nuo srovės perviršių, kurie mažina jų eksploatacijos trukmę. Siūlomo maitinimo šaltinio analoguose yra impulsinis kintamos įtampos keitiklis į pastovią su srovės stabilizavimu [US 6 724 156 (2004)] ir šviestukų maitinimo schema su išėjimo srauto stabilizavimu [US 7 019 662 (2006)], tačiau siūlomame išradime naudojamas analoginis dvigubas grįžtamasis ryšys, vienu metu ribojantis maitinimo srovę arba suminį natūralaus apšvietimo ir šviestukų generuojamą srautą, priklausomai nuo to, kuris dydis viršija jam nustatytą ribą. Analoginės dvigubo grįžtamojo ryšio kilpos šviesos šaltiniui valdyti analogas yra atskleistas JAV patente US2005088102 (2005), kur apšvieta valdoma, neviršijant lempos optimalios temperatūros atitinkamai optiniu ar terminiu grįžtamuoju ryšiu. Tokiu būdu išradime siūloma maitinimo schema yra ekonomiškesnė nei maitinimo srovės stabilizatoriai su balastiniu rezistoriumi [US5012609 (1991)] ar elektroniniu balastu [US5278432 (1994)] ir impulsiniai maitinimo šaltiniai su srovę stabilizuojančiu grįžtamuoju ryšiu [US US6724156 (2004)]. Kita vertus, lyginant su maitinimo šaltiniais su išėjimo srautą stabilizuojančiu grįžtamuoju ryšiu [US7019662 (2006)], siūloma schema yra saugi šviestukų perkrovos atžvilgiu. Galiausiai, ji yra paprastesnė nei skaitmeniniai metodai, aprašyti [EP1300066 (2003), US6725598 (2004)]. Siūloma kietakūnio šviestuvo maitinimo schema su analogine dvigubo grįžtamojo ryšio kilpa yra ekonomiškesnė, savaime kompensuoja šviestukų generuojamo srauto temperatūrinį ir senėjimo dreifą ir yra saugi šviestukų perkrovos atžvilgiu.

Išradimas paaiškinamas brėžiniais, kur pavaizduota:

Fig. 1 - įrenginio bendras vaizdas;

Fig. 2 - a) – šviestuvo bendras vaizdas, b) – šviestuvo vaizdas skerspjūvyje;

Fig. 3 - maitinimo šaltinio schema;

Fig. 4 - siūlomo būdo taikymo šiltadaržyje schema;

Fig. 5 - tipiškas nitratų koncentracijos kitimas salotose ir mairūnuose, švitinant kietakūniu šviestuvu, pagal 1 lentelės duomenis;

Fig. 6 - tipiškas maistinės kokybės parametrų (vitamino C ir cukrų) koncentracijos kitimas salotose ir mairūnuose, švitinant kietakūniu šviestuvu, pagal 2 ir 3 lentelės duomenis;

Fig. 7 - nitratų, vitamino C ir cukrų koncentracijos kitimas švitinant kietakūniu šviestuvu pakeistose aplinkos sąlygose (sumažinus temperatūrą iki 4° C) pagal 4 lentelės duomenis.

Fig. 8 –radiatoriaus briaunų formos: a) ištisinė, b) ištisinė perforuota, c) adatinė.

Siūlomame žalingų nitratų likučių sumažinimo apšvitinant kietakūnio šviestuvo sukuriamu šviesos srautu būde augalus po jų susiformavimo ir išauginimo, trumpą laiką (ne daugiau 3 dienų) apdoroja didelio tankio fotosinteziniu fotonų srautu. Fotosintezinio fotonų srauto tankį reguliuoja nuo 100 iki 2000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, bangos ilgių intervale nuo 400 iki 700 nm su fotoperiodu – nuo 12 iki 24 valandų, jo šiluminę spinduliuotę nukreipiant į priešingą pusę nuo apdorojamų augalų.

Siekiant sumažinti srauto tankį iki 40 - 2000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ir/arba sutrumpinti švitinimo laiką, siūloma ankstesnėje pastraipoje aprašytą būdą vykdyti apdorojimo laikotarpiu pakeitus bent vieną iš aplinkos sąlygų: supančios aplinkos dujų sudėtį (pavyzdžiui, padidinus CO₂ koncentraciją), ir arba, artėjant derliaus nuėmimo stadijai, sumažinus maitinamojo tirpalo koncentraciją, ir arba pažeminus aplinkos temperatūrą, ją palaikant 4-25° C intervale.

Pavyzdžiui, aplinkos dujų sudėtyje padidinus CO₂ kiekį iki 0,05-0,3%, maitinamojo tirpalo koncentraciją sumažinus iki 0-33%, aplinkos temperatūrą palaikant 20-25° C, srauto tankį siūloma sumažinti iki 400-600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ bangos ilgių intervale nuo 640 iki 660 nm, esant fotoperiodui nuo 18 valandų.

Optimaliu atveju srauto tankį siūloma sumažinti, optimaliai iki 40-100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ pažeminus aplinkos temperatūrą, optimaliai iki 4° C, kartu nebūtinai keičiant kitas aplinkos sąlygas.

Būdo įgyvendinimo įrenginys susideda iš šviestuvo 1 (Fig. 1), sudaryto iš vieno arba daug didelės galios šviestukų 2, išdėstytų su tarpeliais ant pailgo profiliuoto radiatoriaus 3 apačios. Radiatorius padarytas pailgas su viena arba daug briaunų 4, nukreiptų į viršų, tolyn nuo augalų. Radiatorius 3 briaunos 4 yra aukštos, lyginant su radiatoriaus pločiu, ir yra nukreiptos aukštyn, priešinga kryptimi nuo po juo padedamų

lovelių 5 su augalais 6. Briaunų 4 sienelėse padarytos kiaurymės 7, reikalingos šviestuvo pritvirtinimui. Patogiausia naudoti aliuminio lydinio radiatorių. Briaunų 4 paviršiai, kad padidintų šiluminio spinduliavimo koeficientą, yra nudažyti arba anoduoti., kad įgautų juodą spalvą. Radiatoriaus briaunos 4 gali būti ištisinės (Fig 8-a,) arba perforuotos (Fig 8-b,) ir papildomai rifliuotos, kad jų plotas būtų didesnis, o taip pat radiatorius gali būti padarytos iš daugybės (siaurų elementų) adatų (Fig 8-c,), nukreiptų tolyn nuo augalų. Tuo tarpu radiatoriaus apačia 8, kuri yra nukreipta augalų 6 link ir ant kurios montuojami šviestukai 2, turi turėti kuo mažesnę šiluminio spinduliavimo koeficientą. Aliuminio lydinio atveju tai lengviausia pasiekti poliruojant radiatoriaus apačios 8 paviršių. Šviestukai 2 tvirtinami prie radiatoriaus 3 šilumai laidžiais klizais. Toks radiatorius reikalingas tam, kad generuodami didelį šviesos srautą, šviestukai 2 neperkaistų. Šviestukų 2 perkaitimas mažintų jų spindulinį našumą ir eksploatacijos trukmę, be to, karšti šviestukų 2 lustai spinduliuotų šilumą augalų link, kas yra nepageidautina. Radiatorius 3 yra sukonstruotas taip, kad šviestukų 2 puslaidininkinių sandūrų temperatūra nebūtų aukštesnė už aplinkos temperatūrą daugiau kaip 20°C , o radiatoriaus generuojama šiluminė spinduliuotė būtų nukreipiama nuo augalų tolyn, kad šie neperkaistų. Žema šviestukų 2 sandūros temperatūra pasiekama tinkamai parinkus radiatoriaus 3 plotą ir briaunų 4 formą. Tuo tarpu tam, kad šiluminė spinduliuotė būtų nukreipta nuo augalų, svarbi ne tik radiatoriaus forma, bet ir jo orientacija bei skirtingų paviršių šiluminio spinduliavimo koeficientai.

Kadangi radiatoriaus 3 apačios 8 plotis yra mažas, lyginant su visu radiatoriaus 3 skerspjūvio perimetru, tai ir šiluminės spinduliuotės srautas, nukreiptas žemyn augalų 6 link, yra mažas. Tokiu būdu apdorojami augalai 6, esantys loveliuose 5, apsaugomi nuo perkaitimo. Tuo tarpu didžioji dalis šilumos yra išspinduliuojama ir pernešama dėl oro konvekcijos tarp radiatoriaus briaunų 4 daugiausia vertikaliai aukštyn. Be to, siauras radiatorius 3 mažai užstoja natūralią šviesą, patenkančią pro šiltadaržio stogą.

Šviestukus 2 (Fig.2), patalpintus ant radiatoriaus 3 apačios 8, dengia dangtelis 11, pagamintas iš permatomos medžiagos (plastiko, pavyzdžiui, stabilizuoto polikarbonato). Jį sudaro hemisferiniai segmentai 10, kurių yra tiek, kiek šviestukų 2 yra šviestuve 1. Hemisferiniai segmentai 10 yra integruoti su dangtelio 11 korpusu. Šviestuve pageidautina naudoti didelės galios šviestukus 2, kuriuos paprastai sudaro pagrindas 12 su šilumos nuvedimo padėklu 13, ant pagrindo 12 reflektoriaus taurelėje

LT 5516 B

14 esantis puslaidininkinis lustas 15 ir plastikinė arba silikoninė kapsulė 16. Priklausomai nuo šviestuko 2 konstrukcijos, jo pagrindas 12 gali būti tvirtinamas ant plokštelės, kurios viena pusė yra šilumai laidė (metalinė), o kita – elektriškai izoliuojanti su spausdintiniais elektrodais, prie kurių lituojami šviestuko 2 išvadai 17. Dangtelis pagamintas taip, kad kiekvieno hemisferinio segmento 10 geometrinis centras būtų ties šviestuko lustu 15. Tokiu būdu, šviesa, emituojama šviestuko 2, daugiausiai krenta statmenai dangtelio paviršiui, ir patiria mažiausią atspindį. Tarpelį 18 tarp šviestuko kapsulės 16 ir hemisferinio segmento 10 užpildžius medžiaga, kurios lūžio rodiklis yra panašus kaip plastiko (1,5–1,6), atspindžiai riboje tarp šviestuko kapsulės 16 ir tarpelio 18 ir riboje tarp minėto tarpelio ir dangtelio hemisferinio segmento 10 yra beveik pašalinti. Šiuo atveju patogiausia naudoti peršviečiamą minkštą tepalą arba dervą (pavyzdžiui, silikoninę), kuria montavimo metu sutepamos šviestukų kapsulės 16. Tokia dangtelio konstrukcija leidžia sumažinti, palyginus su žinomu plokščiu dangteliu, optinius nuostolius šviestukams su plačiu erdviu spinduliuotės skirstiniu nuo maždaug 20% iki mažiau nei 10%. Optiniai nuostoliai papildomai sumažėja ir dėl poliruotos radiatoriaus apačios 8, kur pritvirtinti šviestukai 2. (Dalis šviesos, kuri yra atspindima nuo dangtelio paviršių, yra atspindima poliruoto radiatoriaus paviršiaus ir gali ištrūkti iš šviestuvo iš antro karto. Dangtelio korpusas 11 yra pritvirtintas prie radiatoriaus (pvz. varžtais) ir užsandarintas (pvz. skaidriais hermetizuojančiais klijais). Jis yra skirtas apsaugoti šviestukus 2 ir juos jungiančią elektrinę grandinę nuo drėgmės ir palengvinti šviestuvo valymą nuo dulkių ir vabzdžių taršos. Dangtelio konstrukcijos ir tvirtinimo ypatumai yra tokie, kad optiniai nuostoliai būtų minimalūs. Kadangi šviestukų 2 generuojamo šviesos srauto vieneto kaina yra didelė, optinių nuostolių sumažinimas yra svarbus siūlomo metodo komerciniam patrauklumui. Šviestukai 2 yra sujungti į vieną ar kelias lygiagrečias grandines 9 ir prijungti prie maitinimo šaltinio (Fig 3).

Šviestukų maitinimo šaltinis 19 pasižymi minimaliais galios nuostoliais, kas užtikrina minimalias šviestuvo eksploatacines išlaidas, o taip pat galimybę taupyti elektros energiją natūralaus apšvietimo sąskaita. Kadangi šviestukų 2 maitinimui yra reikalinga pastovi elektros srovė, efektyviausia maitinimui naudoti impulsinį įtampos keitiklį. Mažiausius nuostolius užtikrina impulsiniai įtampos keitikliai su srovės stabilizavimu grįžtamojo ryšio pagalba, nenaudojant balasto. Toks maitinimo šaltinis leidžia taupyti elektros energiją natūralaus apšvietimo sąskaita, mažinant maitinimo

srovę. Kartu maitinimo šaltinio konstrukcijoje numatyta šviestukų apsauga nuo srovės perviršio.

Maitinimo šaltinį 19, kurio schema pavaizduota Fig.3, sudaro standartinis impulsinis įtampos keitiklis 20, kuris verčia kintamą elektros srovę iš elektros tinklo įėjime 21 į pastovią srovę išėjime 22. Tokių keitiklių našumas gali siekti 90% ir daugiau. Išradime panaudotas įtampos keitiklis, kuris turi įtampos stabilizavimo grandinę. Paprastai ši grandinė prijungta prie rezistorinio įtampos daliklio keitiklio išėjime. Išradime maitinimo šaltinio schemoje (Fig. 3) ši grandinė atjungiamo nuo įtampos daliklio ir prijungiama prie išvado 23, kuris naudojamas išėjimo įtampai reguliuoti grįžtamojo ryšio pagalba. Apibrėžtumo dėlei pasirenkamas keitiklis, kuriame didinant įtampą išvade 23, išėjimo įtampa išvade 22 mažėja, ir atvirkščiai.

Maitinimo šaltinio schemos (Fig.3) ypatumas yra dvi grįžtamojo ryšio kilpos. Viena grįžtamojo ryšio kilpa naudojama fotoelektriniam reguliavimui, kad palaikytų pastovų fotosintezinį fotonų srautą. Kita grįžtamojo ryšio kilpa naudojama šviesos diodams apsaugoti nuo perkrovos, ribojant jų maitinimo srovę ties maksimalia leistina verte. Dvi grįžtamojo ryšio kilpos yra komutuojamos diodiniu komutatoriumi.

Fotoelektrinio reguliavimo grįžtamojo ryšio kilpą sudaro fotoelektrinis matuoklis 24 ir reguliuojantis antras operacinis stiprintuvas 25. Fotoelektrinį matuoklį 24 sudaro fotodiodas 26 su optiniu filtru 27 ir pirmas operacinis stiprintuvas 28 su rezistorine grįžtamojo ryšio kilpa. Filtro 27 optinis pralaidumo spektras (nuo 400 iki 700 nm) suderintas su fotodiodo 26 spektrine jautrio charakteristika taip, kad pirmo operacinio stiprintuvo 28 išėjimo įtampa būtų proporcinga fotosintezinio fotonų srauto tankiui. Ši įtampa paduodama į antro operacinio stiprintuvo 25 neinvertuojantį įėjimą. Tuo tarpu į antro operacinio stiprintuvo 25 invertuojantį įėjimą paduodama poslinkio įtampa, kuri nustatoma pirmu potenciometru 29, prijungtu prie etaloninės įtampos V_{REF} šaltinio. Poslinkio įtampa nustatoma taip, kad ji būtų lygi įtampai neinvertuojančiame įėjime, kai fotosintezinio fotonų srauto vertė yra reikiamo dydžio.

Apsauginio reguliavimo grįžtamojo ryšio kilpą sudaro matavimo rezistorius 30 ir trečias operacinis stiprintuvas 31. Matavimo rezistorius 30 yra įjungtas nuosekliai su šviestukų grandinėle 9, ir ant jo krintanti įtampa yra proporcinga per šviestukų grandinėle 9 tekančiai srovei. Ši įtampa yra paduodama į trečio operacinio stiprintuvo 31 neinvertuojantį įėjimą. Į trečio operacinio stiprintuvo 31 invertuojantį įėjimą paduodama poslinkio įtampa, kuri nustatoma antru potenciometru 32, prijungtu prie etaloninės įtampos V_{REF} šaltinio. Poslinkio įtampa nustatoma taip, kad ji būtų lygi

LT 5516 B

įtampai, krentančiai ant matavimo rezistoriaus 30, kai per šviestukų grandinę 9 teka maksimali leistina srovė. Galios nuostoliai dėl įtampos kritimo ant matavimo rezistoriaus gali būti nykstamai maži, kadangi šis įtampos kritimas turi ženkliai viršyti trečio operacinio stiprintuvo 31 įėjimo poslinkio įtampą (~ 1 mV) ir jos dreifą darbo temperatūrų intervale ($\sim 0,1$ mV). Pavyzdžiui, jei keitiklio 30 išėjimo įtampa yra apie 36 V ir maksimalus įtampos kritimas ant matavimo rezistoriaus 30 yra 100 mV, tai nuostoliai neviršys 0,3%.

Grijtamojo ryšio kilpų komutatorių sudaro silicio diodai 33 ir 34, rezistorius 35 ir ketvirtas (komutatoriaus) operacinis stiprintuvas 36. Diodų 33 ir 34 anodai yra prijungti atitinkamai prie fotoelektrinio reguliavimo antro ir apsauginio reguliavimo trečio operacinių stiprintuvų 25 ir 31, atitinkamai, išėjimų, o katodai sujungti su rezistoriumi 35. Tokiu būdu įtampos kritimas ant rezistoriaus 35 yra lemiamas didesnės iš dviejų reguliavimo įtampų. Pavyzdžiui, jei antro operacinio stiprintuvo 25 išėjimo įtampa V_P yra didesnė nei trečio operacinio stiprintuvo 31 išėjimo įtampa V_C ($V_P > V_C$), tai diodas 33 bus atidarytas, o diodas 34 bus uždarytas. Šiuo atveju įtampos kritimas ant rezistorius 35 bus maždaug $V_P - 1$ V. Priešingu atveju, kai ($V_P < V_C$), įtampos kritimas ant rezistorius 35 bus maždaug $V_C - 1$ V. Įtampa, krentanti ant rezistoriaus 35, paduodama į ketvirto operacinio stiprintuvo 36 neinvertuojantį įėjimą. Ketvirtas operacinis stiprintuvas 36 yra sujungtas pagal įtampos kartotuvo schemą, ir jo išėjimas sujungtas su impulsinio keitiklio 20 valdymo įėjimu 23.

1 PAVYZDYS. Konkretus išradimo būdo įgyvendinimas, naudojant išradimo įrenginį.

Ties šiltadaržio sodinimo terminalu (Fig. 4) lapinių daržovių daigus 6 pasodina į lovelius 5, kuriais teka maitinamasis skystis. Čia lapinės daržovės gali būti įvairūs augalai, kurių valgoma dalis yra lapai ar chlorofilo turintys organai: salotos, svogūnų laiškai, porai, įvairūs lapiniai kopūstai, špinatai, petražolės, kalafiorai, mangoldai, lapinės ropės, brokoliai, garstyčios, krapai, bazilikai, žalieji žirnėliai, kviečių bei miežių želmenys, agurkai ir pan. Loveliai 5 su daigais 6 tolygiai transportuojami transporteriu link derliaus nuėmimo terminalo 37 taip, kad jį pasiektų per auginimo ciklą (20–40 dienų). Auginimo metu augalai apšviečiami natūralia šviesa, patenkančia pro skaidrų šiltadaržio stogą ir, papildomai, elektriniais šviestuvais 38, kuriuose gali būti įmontuotos didelio slėgio natrio, fluorescencinės, gyvsidabrio, metalo halidų ar kitokios įprastinės lempos 39. Šios lempos yra pakabintos aukštai, kad jų generuojama šviesa pasiskirstytų tolygiai ir kad augalai neperkaistų nuo šiluminės

spinduliuotės. Lempų sukuriamas fotosintezinio fotonų srauto tankis, kaip įprasta, yra apie $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, o fotoperiodas gali būti nuo 12/12 val. iki 24/0 val.

Ties derliaus nuėmimo terminalu 37, loveliai su jau susiformavusiais ir išaugintais augalais 6 patenka po kietakūniais šviestuvais 1 ir yra tolygiai transportuojami po šiais šviestuvais, kol pasiekia derliaus nuėmimo terminalą 37. Šioje technologinėje fazėje trąšų kiekis maitinamajame skystyje gali būti dalinai sumažintas arba tręšimas visiškai nutrauktas. Kietakūniai šviestuvai 1 spinduliuoja didelio tankio fotosintezinį fotonų srautą 400–700 nm bangos ilgių ruože. Apšvitos spektras gali būti sudarytas iš vienos arba kelių spinduliuotės juostų, kurių smailės yra nurodytame spektro ruože. Šviestuvai 1 yra pakabinti žemai, kad sumažintų nuostolius dėl šoninės spinduliuotės ir tuo pačiu sumažintų šviesinę taršą (nepageidautiną šviesos išėjimą pro šiltadaržio sienas ir stogą). Šviestuvų 1 konstrukcija užtikrina, kad jų šiluminis spinduliavimas augalų link būtų pakankamai mažas, kad augalai neperkaistų. Šviestuvų išdėstymo tankis yra toks, kad maksimalus generuojamo fotosintezinio fotonų srauto tankis būtų nuo $40 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ iki $2000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, priklausomai nuo augalų rūšies, švitinimo trukmės ir aplinkos sąlygų. Švitinimo trukmė gali būti nuo 1 iki 3 dienų, o fotoperiodas – nuo 12/12 val. iki 20/4 val.

Elektros energijos išlaidų sutaupymui ir šviestukų eksploatacijos trukmės prailginimui šviestuvų 1 generuojamas srautas valdomas fotoelektriniu matuokliu 24, patalpintu šalia auginimo lovelių, prijungtu prie šviestukų maitinimo šaltinio 19. Jo reguliavimas vykdomas šitaip. Tarkime, kad per šviestukų 2 grandinę tekanti maitinimo srovė neviršija maksimalios leistinos. Tuomet operacinio stiprintuvo 31 išėjime įtampa yra žema, ir diodas 34 yra uždarytas. Keitiklio 20 išėjimo įtampa yra valdoma fotoelektrine grįžtamojo ryšio kilpa taip, kad tarp antro operacinio stiprintuvo 25 įėjimų įtampa yra beveik nulis, jo išėjime yra teigiama valdymo įtampa ir diodas 33 yra atidarytas. Fotosintezinio fotonų srauto tankiui mažėjant ar didėjant, valdymo įtampa kinta taip, kad šis mažėjimas ar didėjimas būtų kompensuotas atitinkamai šviestukų maitinimo srovės padidėjimu ar sumažėjimu. Tačiau, jei maitinimo srovė pasiekia maksimalią leistiną vertę, trečio operacinio stiprintuvo 31 išėjime atsiranda aukšta įtampa, diodas 34 atsidaro, o diodas 33 užsidaro. Tuomet keitiklio 20 išėjimo įtampa yra valdoma apsaugine grįžtamojo ryšio kilpa taip, kad tarp trečio operacinio stiprintuvo 31 įėjimų įtampa yra beveik nulis, jo išėjime yra teigiama valdymo įtampa. Kadangi šiuo atveju fotosintezinio fotonų srauto tankis yra mažesnis nei nustatytasis, antro operacinio stiprintuvo 25 išėjime įtampa yra žema, ir diodas 33 nebeatsidaro. Jei

fotosintezinio fotonų srauto tankis išauga iki nustatytos vertės (pavyzdžiui, atsiranda išorinis apšvietimas arba diodai ataušta), grįžtamojo ryšio kilpa persijungia į fotoelektrinę reguliavimą ir šviestukų maitinimo srovė sumažėja.

Dėl fotoelektrinio grįžtamojo ryšio šitokia maitinimo schema kompensuoja šviestukų generuojamo srauto temperatūrinį ir senėjimo dreifą ir sutaupo elektros energiją, esant išoriniam apšvietimui.

Maitinimo šaltinio valdymo schema (Fig. 3.) ir fotoelemento spektrinė jautrio charakteristika užtikrina, kad suminis dirbtinis ir natūralus fotosintezinis fotonų srautas būtų pastovus ir atitiktų nustatytą vertę. Tai reiškia, kad saulėtą dieną šviestuvų generuojamas srautas gali būti sumažintas iki minimumo, o tamsiu paros metu šviestuvai generuos maksimalų nustatytą srautą. Tačiau šviestukų maitinimo srovė jokių atveju negali viršyti maksimalios leistinos vertės, kad nesumažėtų jų eksploatacijos trukmė.

2 PAVYZDYS. Augalų maistinės kokybės įvertinimas, apšvitinant kietakūnio sukuriamu šviesos srautu.

Fig. 5 pademonstruotas tipiškas nitratų koncentracijos kitimas lapinėse daržovėse (salotose „GRAND RAPIDS“ ir mairūnuose „MAIRŪNAI KVAPIEJI“) techninės brandos tarpsnyje. Nitratų koncentracija buvo matuojama iškart po išauginimo ir po 2 ir 3 dienų švitinimo kietakūniu šviestuvu 1 pagal 1 pavyzdžio metodiką. Auginimas buvo atliekamas 30 dienų švitinant natrio lempa esant fotosintezinio srauto tankiui $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ir fotoperiodui 18/6 h. Auginimo metu temperatūra buvo 21/17°C (diena/naktis). Apdorojimas buvo atliekamas švitinant šviestukais su spektro smailės bangos ilgiu 640 nm, esant fotosintezinio srauto tankiui $500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ir fotoperiodui 24/0 h.. Salotos buvo išaugintos maitinant hidroponiniu metodu, o mairūnai –kietajame substrate. Nitratų koncentracija buvo nustatoma potenciometrinio metodu su atrankiu nitratų jonams elektrodu. 1 lentelėje pateiktos nitratų koncentracijos vertės skaičiais.

1 lentelė. Nitratų koncentracija ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) salotose ir mairūnuose iš karto po išauginimo ir po švitinimo kietakūniu šviestuvu

Augalas	Iš karto po išauginimo švitinant natrio lempa	švitinus 2 dienas kietakūniu šviestuvu	švitinus 3 dienas kietakūniu šviestuvu

Salotos	4274±18	2441±76	1513±82
Mairūnai	1364±32	790±28	563±25

Fig. 5 ir 1 lentelėje matyti, kad nitratų koncentracija daržovių lapuose po kietakūniais šviestuvais jau po 2 parų pastebimai (beveik 2 kartus) sumažėja, o po 3 parų ji yra 2,4-2,8 karto mažesnė nei iškart po išauginimo. Šie rezultatai rodo, kad naudojant siūlomą išradimą galima pasiekti pastebimą nitratų sumažėjimą per žymiai trumpesnę laiką, nei nurodoma patentinėje paraiškoje [JP2005245243 (2006)].

Fig. 6 ir 2 bei 3 lentelėse pademonstruoti tipiški kontrolinių ir švitintų kietakūniais šviestuvais augalų biocheminės analizės rezultatai – vitamino C, bei monosacharidų (fruktozės, gliukozės) ir disacharidų (sacharozės, maltozės) koncentracijos kitimas. Didesnis šių medžiagų kiekis rodo aukštesnę daržovių maistinę kokybę. Be to, cukrų sudėties kitimas, mažėjant disacharidų ir monosacharidų kiekio santykiui, yra papildomas teigiamas maistinės kokybės rodiklis, kadangi monosacharidai yra lengviau įsisavinami. Matavimai buvo atliekami tuose pačiuose augaluose ir vienu metu su nitratų koncentracijos matavimais, kaip ir pavaizduoti Fig.5. Vitamino C koncentracija buvo nustatoma titruojant 2,6-dichlorfenolindofenolo natrio druska, o cukrų koncentracija – efektyviosios skystinės chromatografijos metodu (HPLC). 2 ir 3 lentelėse pateiktos išmatuotų vitamino C ir cukrų koncentracijų skaitinės vertės.

2 lentelė. Vitamino C koncentracija (mg-%) salotose ir mairūnuose iš karto po išauginimo ir po švitinimo kietakūniu šviestuvu (Fig.6)

Augalas	Iš karto po išauginimo švitinant natrio lempa	švitinus 2 dienas kietakūniu šviestuvu	švitinus 3 dienas kietakūniu šviestuvu
Salotos	12,3±0,1	18,2±0,2	16,2±0,2
Mairūnai	13,7±0,1	17,5±0,1	17,1±0,1

3 lentelė. Cukrų koncentracija ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) salotose ir mairūnuose iškart po išauginimo ir po švitinimo kietakūniu šviestuvu (Fig.6)

Augalas	Cukrus	Iš karto po išauginimo švitinant natrio lempa	švitinus 2 dienas kietakūniu šviestuvu	Švitinus 3 dienas kietakūniu šviestuvu
Salotos	Fruktozė (mono-)	$1,25\pm 0,16$	$3,17\pm 0,26$	$4,57\pm 0,08$
	Gliukozė (mono-)	$0,97\pm 0,16$	$0,26\pm 0,02$	$0,37\pm 0,02$
	Maltozė (di-)	$0,48\pm 0,01$	–	–
Mairūnai	Fruktozė (mono-)	$1,23\pm 0,13$	$1,61\pm 0,11$	$1,89\pm 0,10$
	Gliukozė (mono-)	$4,68\pm 0,05$	$6,89\pm 0,05$	$7,67\pm 0,05$
	Maltozė (di-)	$1,97\pm 0,06$	$2,01\pm 0,07$	$2,08\pm 0,08$

Iš Fig. 6 ir 2 lentelės matyti, kad vitamino C kiekis salotose ir mairūnuose padidėja 1,3-1,5 karto jau po 2 dienų švitinimo kietakūniu šviestuvu. Vėliau (po 3 dienų) vitamino C kiekis nebeauga arba nežymiai krenta.

Fig. 6 ir 3 lentelė rodo, kad švitinant kietakūniu šviestuvu salotose ženkliai padidėja monosacharido fruktozės koncentracija. Nepaisant to, kad šiek tiek sumažėja kito monosacharido gliukozės koncentracija, suminė monosacharidų koncentracija po 3 dienų švitinimo išauga daugiau kaip 2 kartus. Tuo tarpu maistiniu požiūriu mažiau vertingo disacharido maltozės koncentracija sumažėja praktiškai iki nulio. Tai rodo, kad kietakūniu šviestuvu švitinamų salotų cukrų sąstatas ne tik nepablogėja, bet ir ženkliai pagerėja.

Fig. 6 ir 3 lentelėje taip pat parodyti analogiški rezultatai mairūnams. Šiuo atveju disacharido maltozės koncentracija išlieka beveik nepakitusi, tačiau maistiniu

požiūriu vertingesnių monosacharidų suminė koncentracija išauga maždaug 1,6 karto po 3 dienų švitinimo kietakūniu šviestuvu. Tai rodo, kad kietakūniu šviestuvu švitinamų mairūnų maistinė kokybė taip pat nepablogėja.

Šie rezultatai įrodo, kad mažinant žalingus nitratų likučius lapinėse daržovėse trumpą laiką jas apdorojant didelio tankio fotosinteziniu fotonų srautu, kurį sukuria siūlomas kietakūnis šviestuvu, maistinės kokybės parametrai (vitamino C ir angliavandenių koncentracija) nepablogėja. Tuo tarpu patentinėje paraiškoje JP2005245243 (2006) nepateikti įrodymai, kad santykinai ilgą laiką (daugiau kaip 3 dienas iki derliaus nuėmimo ir/arba nemažiau vienos savaitės po derliaus nuėmimo), švitinant daržoves nepablogėja daržovių maistinė kokybė.

Fig. 7 pademonstruotas nitratų, vitamino C ir cukrų koncentracijos kitimas salotose („GRAND RAPIDS“), kai švitinimas buvo atliekamas pakeitus aplinkos sąlygas (sumažinus aplinkos temperatūrą). Salotos buvo išaugintos po natrio lempa kietajame substrate. Auginimas buvo atliekamas 30 dienų švitinant natrio lempa esant fotosintezinio srauto tankiui $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, fotoperiodui 18/6 h ir temperatūrai $21/17^{\circ}\text{C}$ (diena/naktis). Po išauginimo, salotos buvo perneštos į klimatinę kamerą, kurioje buvo švitinamos, esant 4°C temperatūrai ir fotoperiodui 24/0 h. Apdorojimas buvo atliekamas švitinant šviestukais su spektro smailės bangos ilgiu 640 nm, esant dviem fotosintezinio srauto tankio vertėms $40 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ir $900 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Nitratų, vitamino C ir cukrų koncentracija buvo nustatoma kaip aprašyta aukščiau. 4 lentelėje pateiktos nitratų, vitamino C ir cukrų koncentracijos vertės skaičiais.

4 lentelė. Nitratų, vitamino C ir cukrų koncentracija salotose iš karto po išauginimo ir po švitinimo kietakūniu šviestuvu, esant sumažintai iki 4°C temperatūrai (Fig. 7)

Kokybės rodiklis	Iš karto po išauginimo švitinant natrio lempa	Švitinant 1 dieną, $40 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	švitinant 1 dieną, $900 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Nitratai ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	807 ± 32	586 ± 15	96 ± 6
Vitaminas C ($\text{mg}\cdot\%$)	$15,0\pm 0,2$	$29,7\pm 0,1$	$26,2\pm 0,2$
Fruktozė ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	$0,59\pm 0,03$	$1,36\pm 0,13$	$1,25\pm 0,04$
Gliukozė ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	$0,55\pm 0,02$	$1,30\pm 0,11$	$1,29\pm 0,11$
Sacharozė ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	$0,14\pm 0,01$	$1,01\pm 0,05$	$0,17\pm 0,01$
Maltozė ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	0	$0,40\pm 0,03$	$0,26\pm 0,01$

Fig. 7 ir 4 lentelėje matoma, kad pakeitus aplinkos sąlygas (sumažinus temperatūrą iki 4°C) nitratų koncentracija salotose pastebimai (apie 1,4 karto)

sumažėja jau po vienos dienos švitinimo, esant net santykinai nuosaikiam ($40 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) fotosintezinio srauto tankiui. Kai naudojamas stiprus fotosintezinis srautas ($900 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), šis sumažėjimas po vienos dienos švitinimo siekia 8,4 karto. Atitinkamai, vitamino C ir cukrų koncentracijos padidėja. Šie rezultatai rodo, kad naudojant pakeistas aplinkos sąlygas (pavyzdžiui, sumažinus aplinkos temperatūrą), nitratų sumažinimą galima pasiekti per trumpesnę apdorojimo trukmę arba/ir švitinant silpnesniu fotosinteziniu srautu nei tose pačiose kaip auginimo sąlygose.

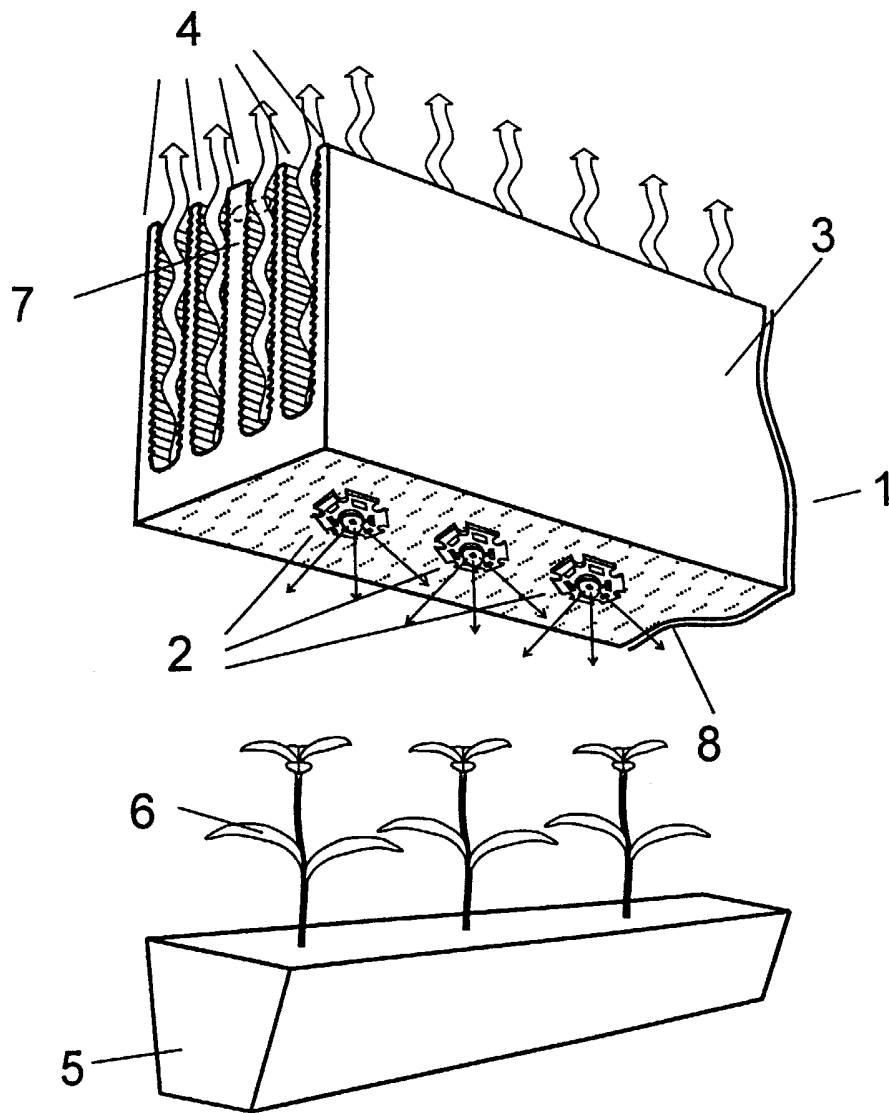
IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

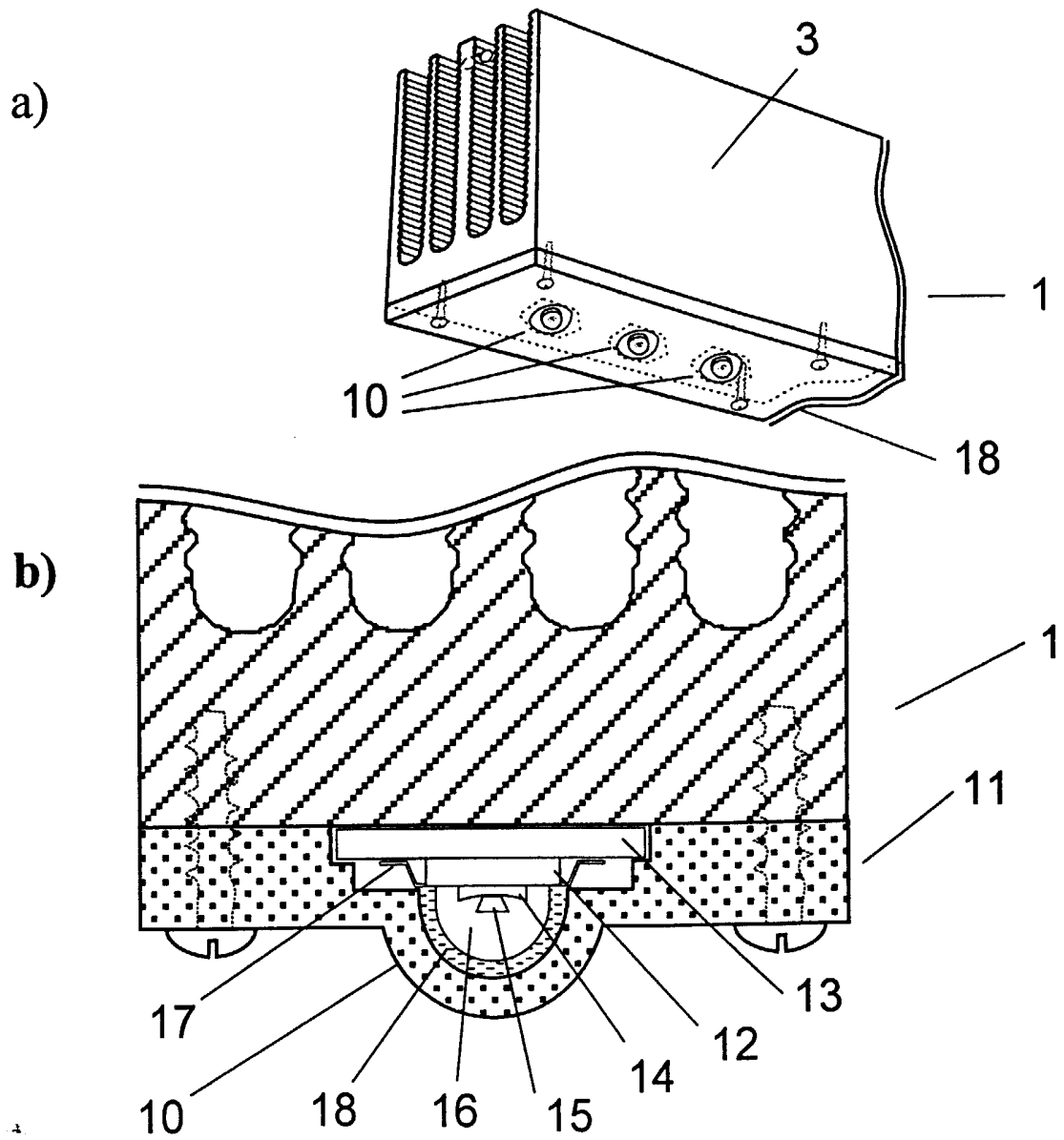
1. Žalingų nitratų augaluose sumažinimo būdas, kuriame augalus apdoroja kietakūnio šviestuvo generuojamu fotosinteziniu fotonų srautu, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad augalus fotosinteziniu fotonų srautu apdoroja po užauginimo arba jų derliaus nuėmimo tarpsnyje laikotarpiu iki 3 dienų, fotosintezinio fotonų srauto tankį reguliuoja nuo 100 iki 2000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, bangos ilgių intervale nuo 400 iki 700 nm su fotoperiodu nuo 12 iki 24 valandų, šviestuvo radiatoriaus šiluminę spinduliuotę nukreipiant į priešingą pusę nuo apdorojamų augalų.
2. Žalingų nitratų augaluose sumažinimo būdas, kuriame augalus apdoroja kietakūnio šviestuvo generuojamu fotosinteziniu fotonų srautu, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad augalus fotosinteziniu fotonų srautu apdoroja po užauginimo arba jų derliaus nuėmimo stadijoje laikotarpiu iki 3 dienų, fotosintezinio fotonų srauto tankį reguliuoja nuo 40 iki 2000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, bangos ilgių intervale nuo 400 iki 700 nm su fotoperiodu nuo 12 iki 24 valandų, šviestuvo radiatoriaus šiluminę spinduliuotę nukreipiant į priešingą pusę nuo apdorojamų augalų, keičiant aplinkos sąlygas:
 - supančios aplinkos dujų sudėtį (CO_2 koncentraciją), ir arba
 - mažinant maitinimo tirpalo koncentraciją derliaus nuėmimo tarpsnyje ir arba
 - žeminant aplinkos temperatūrą, ją palaikant 4-25° C intervale.
3. Būdas pagal 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad aplinkos dujų sudėtyje CO_2 koncentraciją padidinus iki 0,05-0,3% ir/arba maitinamojo tirpalo koncentraciją sumažinus iki 0-33%, srauto tankį sumažina iki 400-600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ bangos ilgių intervale nuo 640 iki 660 nm, fotoperiodui esant nuo 18 iki 24 valandų.
4. Būdas pagal 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad augalus fotosinteziniu fotonų srautu apdoroja po užauginimo arba jų derliaus nuėmimo tarpsnyje laikotarpiu iki 1 dienos, sumažinus fotosintezinio fotonų srauto tankį, optimaliai iki 40-100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, pažeminus aplinkos temperatūrą, optimaliai iki 4° C, nebūtinai keičiant kitas minėtas aplinkos sąlygas.

LT 5516 B

5. Būdo pagal bet kurią iš 1-4 punktų įgyvendinimo įrenginys, susidedantis iš šviestuvo (1), sudaryto iš vieno arba daug šviestukų (2), išdėstytų su tarpeliais ant pailgo radiatoriaus (3) po kuriuo talpinami augalai (6) apšvitinimui, sujungto su maitinimo šaltiniu (19), *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad minėtas radiatorius (3) padarytas pailgas su viena arba daug briaunų (4), kurios gali būti ištisinės arba perforuotos, arba adatinės, nukreiptos į viršų, tolyn nuo augalų (6), ir briaunų (4) paviršiai yra apdoroti taip, kad šiluminio spinduliavimo koeficientas būtų maksimalus, radiatoriaus apačia (8), ant kurios sumontuoti šviestukai (2), yra daug mažesnio ploto nei briaunų (4) plotas, jos paviršius yra apdorotas taip, kad šiluminio spinduliavimo koeficientas būtų minimalus, ir radiatoriaus apačią (8) kartu su šviestukais (2) dengia skaidrus dangtelis (11).
6. Įrenginys pagal 5 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad skaidrus dangtelis (11) sudarytas iš hemisferinių segmentų (10), kurių centrai sutampa su šviestukų lustais (15), o tarpelis (18) tarp dangtelio ir šviesos diodų skaidrių kapsulių užpildytas permatomu tepalu ar derva, kurios lūžio rodiklio vertė artima dangtelio korpuso (11) ir kapsulių (16) lūžio rodiklio vertei.
7. Įrenginys pagal 5 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad maitinimo šaltinis (19) turi impulsinį įtampos keitiklį (20), kurio išėjimo įtampą valdo dvi grįžtamojo ryšio kilpos, fotoelektrinė ir apsauginė, perjungiamos elektroniniu komutatoriumi, priklausomai nuo to, kurią iš dviejų dydžių (suminį aplinkos ir šviestuvo generuojamą fotosintezinio fotonų srauto tankį ar maitinimo srovę) reikia riboti.
8. Įrenginys pagal 7 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad fotoelektrinę grįžtamojo ryšio kilpą sudaro fotoelektrinis matuoklis (24), kurią sudaro fotodiodas (26) su optiniu filtru (27) ir pirmas operacinis stiprintuvas (28) su rezistorine grįžtamojo ryšio kilpa, ir antras operacinis stiprintuvas (25) bei pirmas potenciometas (29), be to, optinio filtro (27) optinis pralaidumo spektras (nuo 400 iki 700 nm) suderintas su fotodiodo (26) spektrine jautrio charakteristika taip, kad pirmojo operacinio stiprintuvo (28) išėjimo įtampa būtų proporcinga fotosintezinio fotonų srauto tankiui, o apsauginė grįžtamojo ryšio kilpa turi trečią operacinį stiprintuvą 31, sujungtą su matavimo rezistoriumi (30), nuosekliai sujungtu su šviestukų grandinėle, ir antru potenciometu (32).

9. Įrenginys pagal 8 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad grįžtamojo ryšio kilpų komutatorių sudaro silicio diodai (33) ir (34) ir rezistorius (35), prijungtas prie ketvirto operacinio stiprintuvo (36), kai diodų (33) ir (34) anodai prijungti atitinkamai prie antro (fotoelektrinio reguliavimo) ir trečio (apsauginio reguliavimo) operacinių stiprintuvų (25) ir (31), atitinkamai, išėjimų, o katodai sujungti su rezistoriumi (35).
10. Įrenginys pagal bet kurį iš 5-9 punktų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad šviestukai (2) yra spinduliuojantys ties vienu ar keliais bangos ilgiais bangos ilgių intervale 400 - 700 nm.

**Fig. 1**



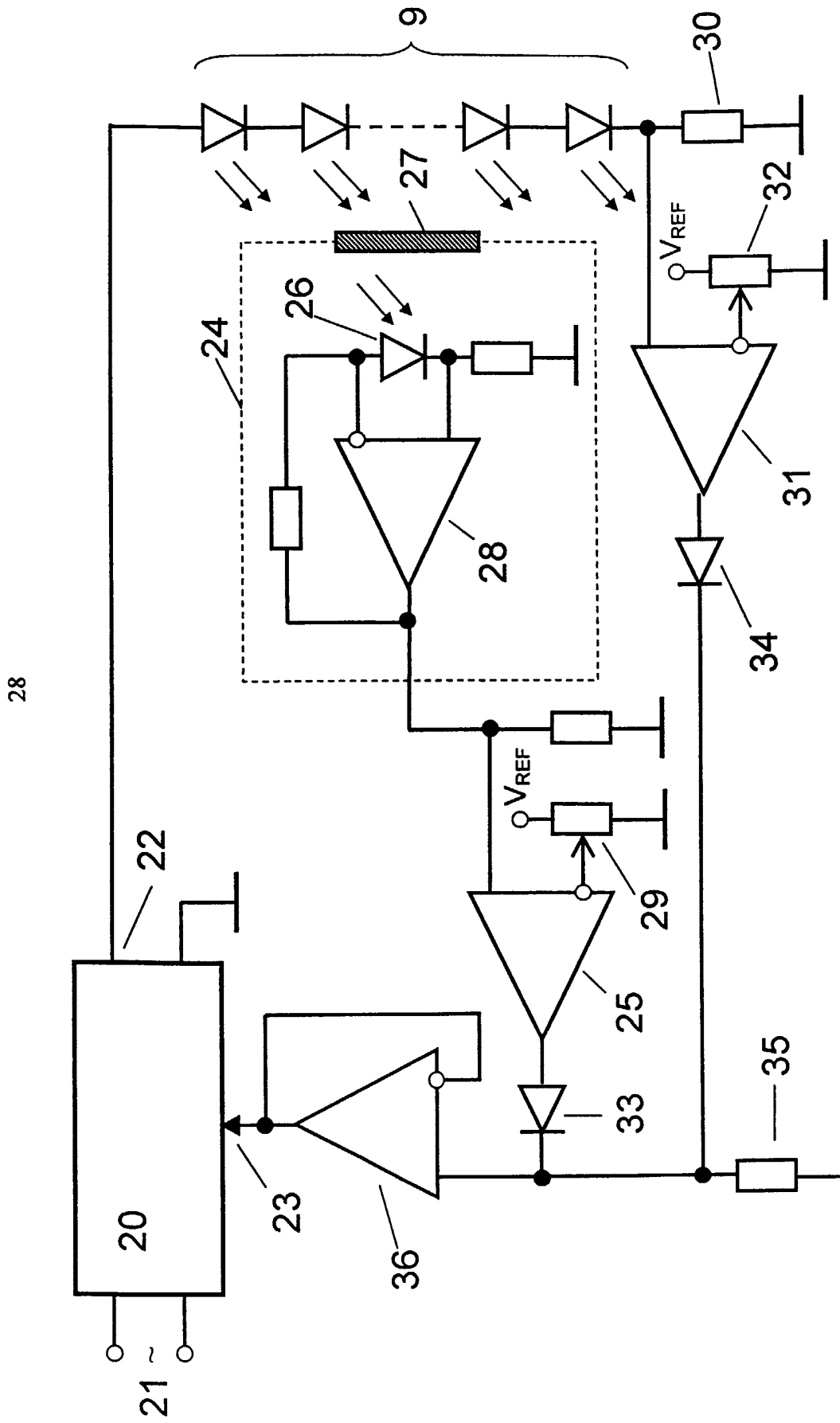


Fig. 3

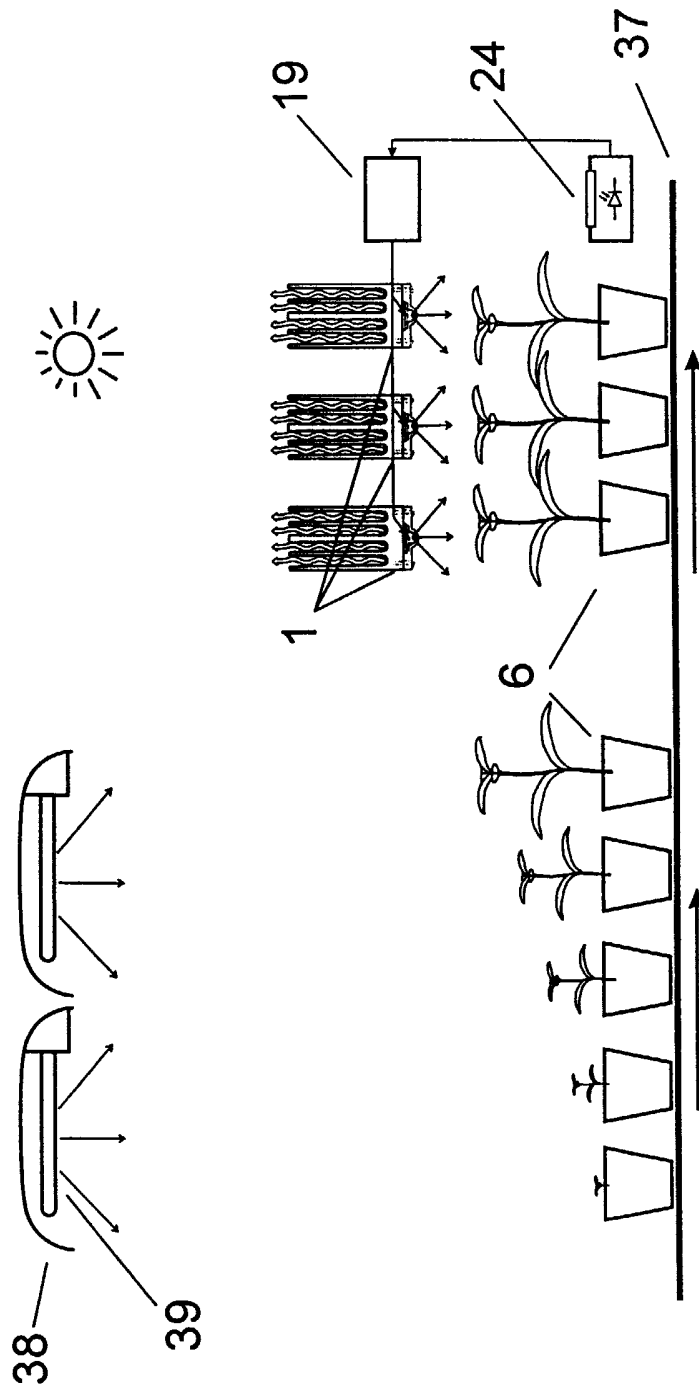


Fig.4.

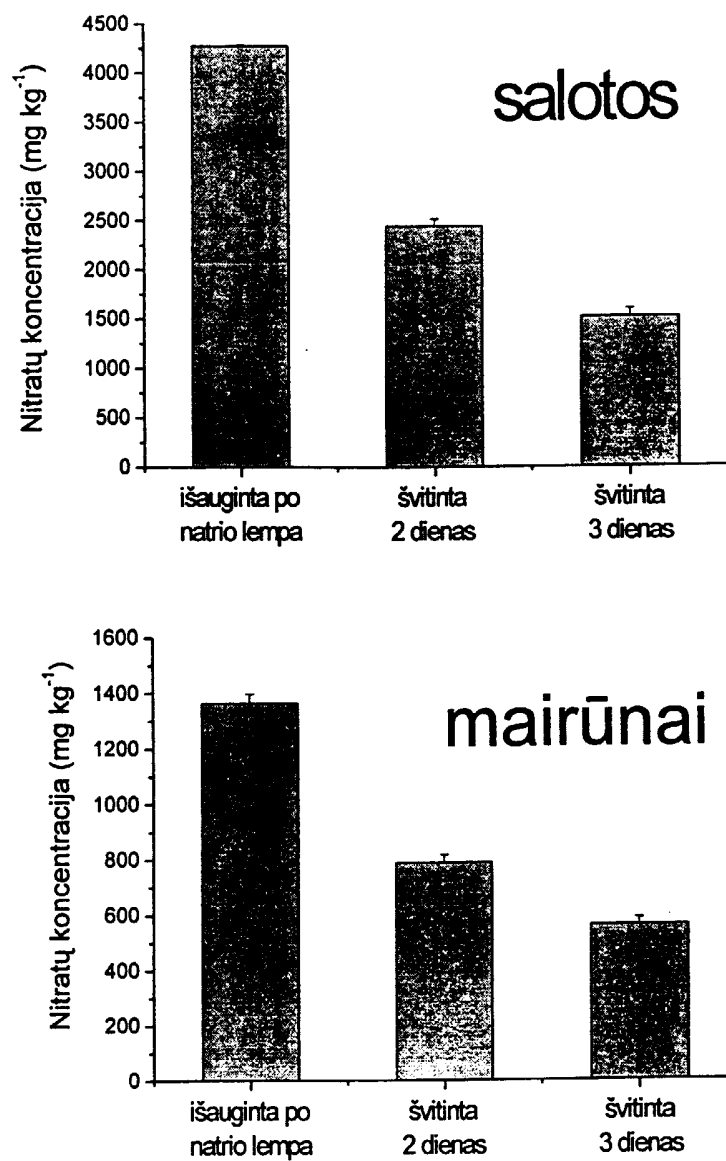


Fig 5

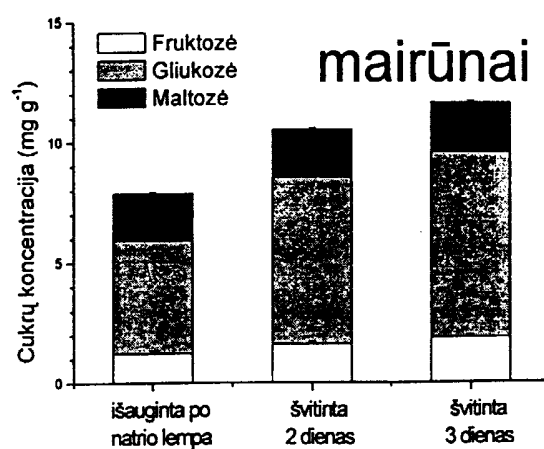
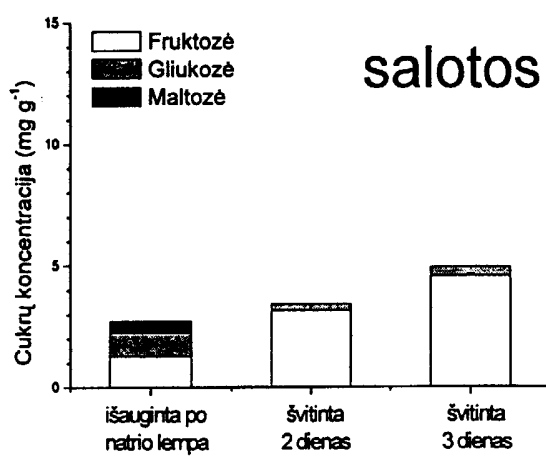
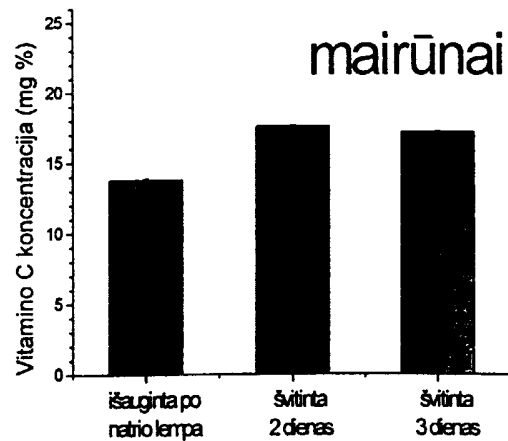
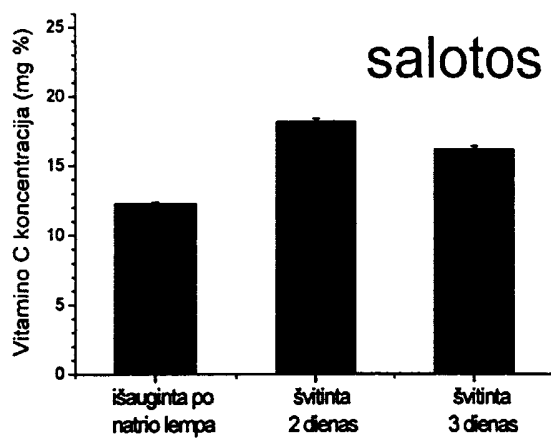


Fig.6

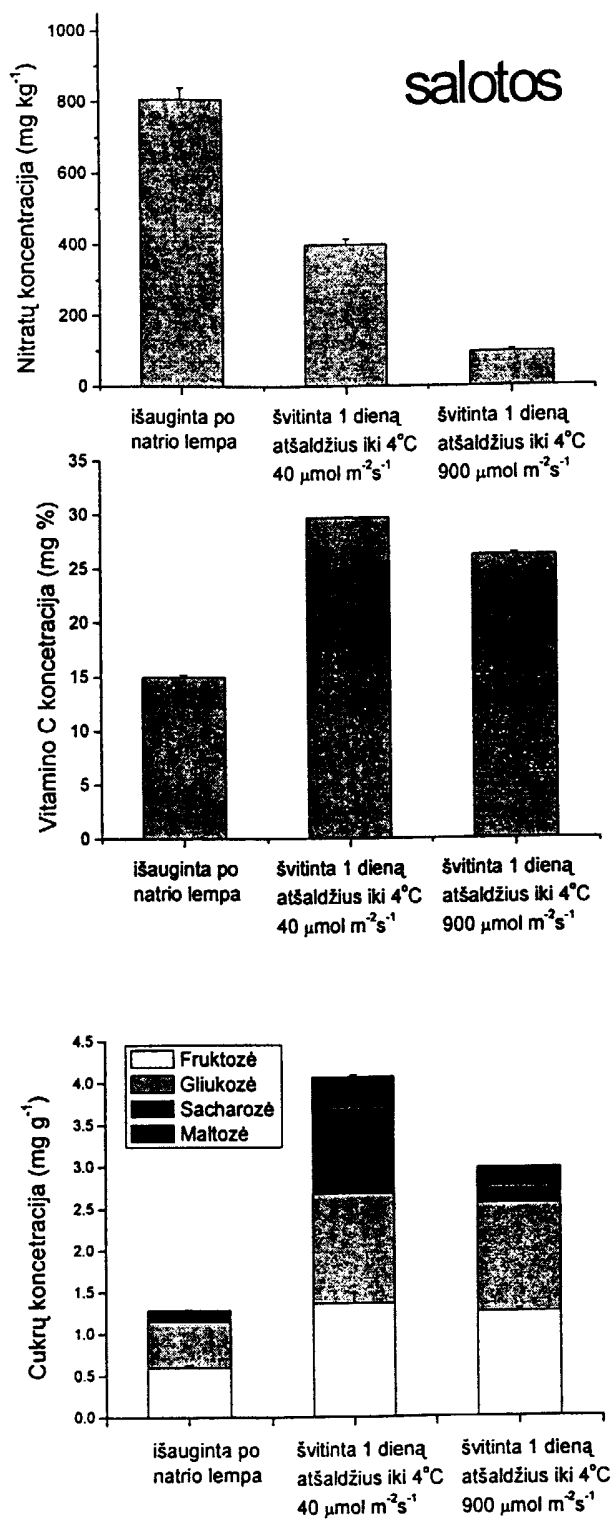
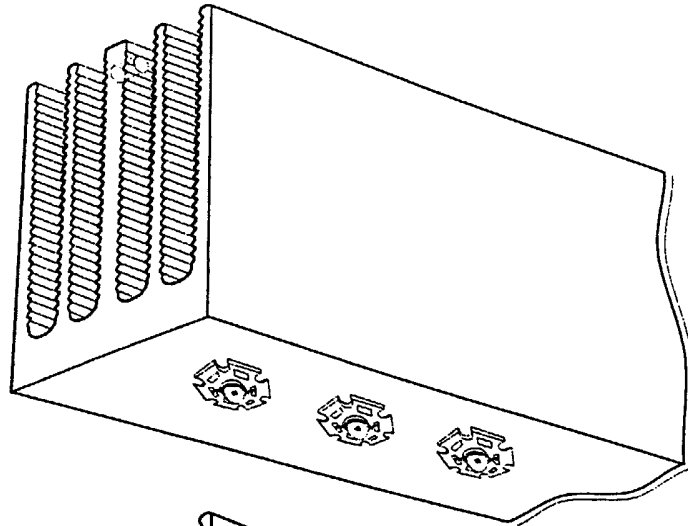
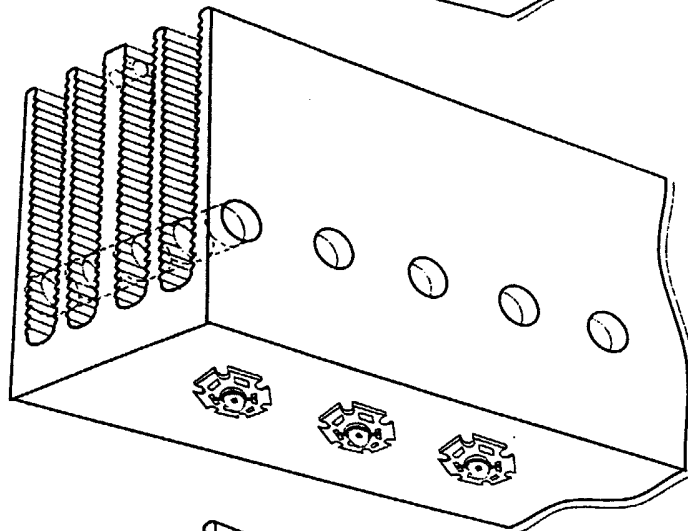


Fig. 7

(a)



(b)



(c)

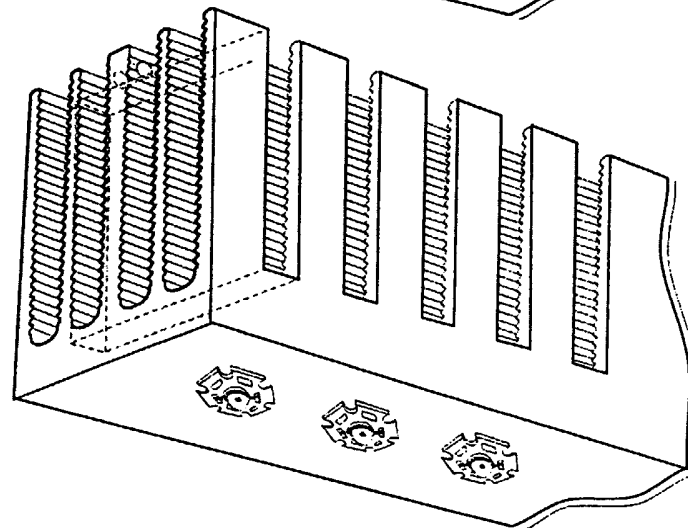


Fig. 8