

(19)



(10) **LT 5858 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patent numeris: **5858**

(51) Int. Cl. (2011.01): **G01N 21/00**

(21) Paraiškos numeris: **2010 091**

(22) Paraiškos padavimo data: **2010 10 20**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2012 04 25**

(45) Patent paskelbimo data: **2012 08 27**

(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:

Vytautas PETKUS, LT
Ernestas PETRAUSKAS, LT

(73) Patent savininkas:

UAB „ŽEMDIRBIŲ KONSULTACIJOS“, LT-14204 Vaigeliškių k., Sudervės sen., Vilniaus r., LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Jurga PETNIŪNAITĖ, AAA Baltic Service Company, J.Jasinskio g. 16A, LT-01112 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Augalo augimo sąlygų diagnostikos būdas ir įrenginys

(57) Referatas:

Išradimas skirtas augalų augimo sąlygų įvertinimo metodams ir augalų diagnostikos įrenginiams. Šio išradimo tikslas nustatyti pagrindinių cheminių elementų (pvz., Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo) trūkumą augalo vegetacijos laikotarpiu. Augalo augimo sąlygų diagnostikos metodas ir įrenginys yra paremtas skirtingo amžiaus augalo lapų, patalpintų skirtingose matavimo kameroje ir apšviestų regima ar artima infraraudonajai šviesa bei nuo šių lapų atspindėtos šviesos spektro analize. Augalų diagnozavimui yra matuojami skirtumai tarp nuo visų lapų atspindėtos šviesos spektrų ir pagal išmatuotus skirtumus sprendžiama, kokių mikroelementų trūksta tiriamam augalui.

Išradimo sritis

5 Išradimas skirtas augalų augimo sąlygų įvertinimo metodams ir prietaisams.

Augalui užaugti ir pilnai išsivystyti iš esmės pakanka 17 cheminių elementų. Yra augalų, kuriems reikia dar 3 ar 6, bet vasarinių kviečių atveju pakanka 17. Tai C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, B, Cu, Zn, Mo, Ni, Cl (makro ir mikro elementai). (Mn, Fe, Mo, Ni – sunkieji metalai, kurių per didelis kaupimasis dirvoje ir augaluose, pertręšimo atveju, kenksmingas).

10 Kiekvienas iš šių elementų atlieka skirtingas funkcijas augalo augimo ir brendimo procese. Kiekvienas iš elementų augale yra nepakeičiamas, vieno trūkumas negali kompensuotis kitu.

Augaluose šviesą sugeria pigmentai. Pigmentų molekulių geba perduoti sužadinimo energiją kitoms molekulėms, vykstant fotosintezei, yra nepaprastai svarbi, nes šitaip šviesos spindulių sugerta energija pasiekia specialius reakcinius taškus. Kai sužadinamos šių centrų
15 molekulės, prasideda reakcijos, per kurias šviesos kvanto energija transformuojama į cheminę energiją ir naudojama anglies dioksidui asimiliuoti.

Augaluose surasti net keli šimtai įvairių spalvų pigmentų. Atsižvelgiant į cheminę sudėtį ir struktūrą, jie skirstomi į keturias grupes: chlorofilus, karotinoidus, fikobilinus ir flavonoidus. Fotosintezėje iš jų dalyvauja chlorofilai, fikobilinai ir karotinoidai.

20

Technikos lygis

Dauguma spektrofotometrinių augalų augimo sąlygų įvertinimo metodų yra paremti augalų savybe spinduliuoti fluorescencinį spinduliavimą. Šis spinduliavimas pasireiškia augalą apspinduliavus regimąja balta šviesa, kurios bangos ilgio spektras yra 400-650 nm. Po augalo
25 apspinduliavimo balta šviesa, jis tamsoje pradeda skleisti infraraudonos ir artimos infraraudonajai šviesos bangas, kurių bangos ilgiai turi išreikštas komponentes ties 690 nm ir 740 nm. Augalo fluorescencinis švytėjimas šių bangos ilgių komponentėmis atspindi augalo savybes sintetinti chlorofilą bei parodo vandens kiekį augale (biomasės indeksu) ir tuo pačiu azoto, kuris reikalingas chlorofilo gamybai, kiekį augaluose.

30 Šiuo efektu yra paremta eilė išradimų, skirtų augalų augimo sąlygų diagnostikai:

Vokietijos patentinėje paraiškoje DE10148737 aprašytas biofizinių augalo lapų parametrų įvertinimo metodas, kurio veikimas paremtas augalo lapo atspinduliavimu šviesos blyksniu (ksenono blyksnio dirbtinės šviesos lempa) ir atspindėtos šviesos (matomų ir infraraudonųjų spindulių) spektro analize. Atspindėtos šviesos spektras praleidžiamas per
5 optinius filtrais suderintus skirtingiems šviesos bangos ilgiams, skirtingo bangos ilgio komponentės priimamaos keliais atskirais šviesos detektoriais.

Jungtinių Amerikos Valstijų patentinėje paraiškoje US2005072935 aprašytas portatyvinis augalų augimo diagnostikos prietaisas, kurio veikimas paremtas augalo atspinduliavimu 400-650 šviesos spektru (naudojant LED diodų matricą) ir priimto
10 fluorescencinio augalo švytėjimo analize. Priimamos 690 ir 740 nm bangos ilgio švytėjimo komponentės, ir prietaisas priklausomai nuo to, koks yra šių spektro komponentių švytėjimo lygis, nustato chlorofilo fotosintetinio intensyvumą augale.

Tarptautinės paraiškos publikacijoje WO 99/35485 yra aprašoma, kad dominuojančios fluorescencinio švytėjimo informacinės bangos yra 700 nm ir 840 nm ilgio šviesos
15 komponentės. Šioje patentinėje paraiškoje taip pat aprašoma lęšių ir optinių filtrų sistema, kurios pagalba atskiriamos šių bangos ilgių šviesos komponentės, ir elektroninis prietaisas, skirtas šių šviesos komponentių detektavimui ir intensyvumo įvertinimui. Prietaisu, išmatavus šių šviesos komponentių lygius, nustatomas chlorofilo kiekis augale.

Chlorofilo kiekis ir kiti augalo parametrai gali būti nustatomi ne tik pagal fluorescencinį
20 švytėjimą, bet ir analizuojant nuo augalų lapų atspindėtos šviesos arba per lapus praėjusios šviesos spektrą.

Patente DE10002880 aprašyta augalų augimo parametrų diagnostikos sistema, kurios veikimas paremtas augalo lapo atspinduliavimu pasyvia (dienos šviesa) ar aktyvia šviesa (skirtingo bangos ilgio LED arba lazerio šaltiniais), nuo augalų priimto atspindžio ir
25 fluorescencinio spektro analize ir matavimo perdavimu (internetu). Diagnostika ir duomenų perdavimas atliekamas transporto priemonei važinėjant po laukus, kuriose auginamos kultūros, ir GPS sistema nustatant įvairių vietų augalų augimo būseną. Analizuojant augalų atspindžio ir fluorescencinio švytėjimo spektrus yra nustatomi lapų paviršiaus indeksas, chlorofilo kiekis ir vandens kiekis augaluose.

30 Japonijos patentinėje paraiškoje JP2006250827 aprašytas pasėlių (ryžių) augimo sąlygų nustatymo prietaisas, kurio veikimas paremtas tiriamų augalų fotografavimu ir nufotografuoto

atspindžio spektro analizavimu (fotografuojant iš lėktuvo ar kosminio palydovo). Analizuojant atspindžio spektro komponentes B16 ir B57 galima įvertinti proteino kiekį augaluose (pvz., ryžiuose). Fotografuojamų vaizdų analizei yra naudojami multi-regresinės analizės metodai.

5 Patente US6567537 aprašyta augalų augimo diagnostikos sistema, kurio veikimas paremtas fotografuojamų augalų vaizdų analize. Pagal priimamų skaitmeninio augalo vaizdo spektro komponentių lygius ties 550 nm nustatomas atspindėto chlorofilo kiekis, pagal spektro komponentes ties 680 nm nustatomas sugeriamo chlorofilo kiekis ir pagal spektro komponentes ties 770 nm nustatomas augalo biomasės indeksas (biomasės indeksas atspindi vandens kiekį augale).

10 Tarptautinės paraiškos publikacijoje WO2009007269 aprašytas portatyvinis vandens kiekio įvertinimo augaluose prietaisas. Prietaiso veikimas paremtas augalo apspinduliavimu dviem šviesos diodais, iš kurių vieno spinduliuojamos šviesos banga yra slopinama vandens kiekiu augale, o kito (atraminio) šviesos diodo spinduliuojama šviesa neslopinama vandens kiekiu augale. Pagal pro lapą praėjusių šių dviejų šviesos spektro komponentių ir
15 fotodetektoriais užfiksuotų šių šviesos spektro komponentių lygius yra nustatomas vandens kiekis augaluose. Šviesai formuoti naudojami tik du fiksuotos bangos ilgio LED diodai.

Minėtuose paraiškų ir patentų aprašymuose nurodyti augalų diagnostikos metodai ir įrenginiai daugiausia atspindi augalo savybes sintetinti chlorofilą bei parodo vandens kiekį augale, tačiau nesprenžia augalams reikalingų cheminių elementų trūkumo nustatymo.

20 Siūlomam išradimui artimiausi yra patente US6683970 aprašomi augalų (pasėlių lauko) diagnostikos metodas ir prietaisas, kurio veikimas paremtas skaitmeninėmis kameromis priimamo nuo pasėlių lauko atspindėtos dienos šviesos spektro analize. Atspindėtos šviesos spektras priimamas iš viso augalų lauko, stebint lauką įvairiais kampais. Atspindėtos šviesos spektro komponentių atskyrimui yra naudojami mechanškai ratu keičiami fiksuoto bangos ilgio
25 regimos šviesos (bangos ilgiai 450, 550, 625, 650, 675, 700 nm) ir infraraudonųjų bangų (750, 850, 950-1300 nm) optiniai filtrai. Pagal priimtos šviesos spektrą yra sprendžiama apie azoto kiekį skirtingose augalų lauko vietose. Taip pat šiame patente aprašytas ir portatyvinis azoto kiekio nustatymo prietaisas, kuriame analizuojamas augalo lapo spektras. Šiuo atveju naudojama ne dienos šviesa, bet fiksuoto bangos ilgio LED šviesos šaltiniai ir fiksuoto bangos
30 ilgio regimos šviesos ir infraraudonųjų bangų optiniai filtrai, kuriais formuojamas skirtingu

bangos ilgių šviesos spektras diapazone nuo 550 iki 1100 nm. Tačiau šiame patente aprašytas tik vieno iš augalui būtinų cheminių elementų - azoto nustatymo būdas.

Išradimo esmė

5 Kadangi kiekvienas iš cheminių elementų augale skirtingai įtakoja pigmentų veiklos intensyvumą, susidarymą ir gyvavimo trukmę, šio išradimo tikslas nustatyti pagrindinių cheminių elementų (pvz., Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo) trūkumą augalo vegetacijos laikotarpiu.

Kiekvienas iš cheminių elementų augale pasižymi skirtingu mobilumu. Augalas naujai augančiai daliai (lapui) kiekvieno elemento trūkumą kompensuoja skirtingai – vieni elementai
10 perkeliama iš senų lapų į naujus tiek, kiek reikia, kiti – tik iš dalies, tretį nepajuda iš senų dalių (lapų). Jaunuose lapuose vyksta vegetatyviniai procesai, kurių metu vyksta lapo formavimasis ir augimas. Toks lapas būna šviesesnės spalvos. Senesniuose, susiformavusiuose lapuose prasideda fotosintezės procesai, kurių metu lapas gamina ir atiduoda energiją augalui. Tokie lapai būna tamsesnės spalvos. Šie skirtumai yra susiję su tuo, kad juose vyksta skirtingi
15 procesai, todėl makro- ir mikroelementų kiekis jaunuose ir senuose lapuose yra skirtingai įsisavinamas ir tuo pačiu jaunesnių ir senesnių lapų fotosintezės procesai šiuose lapuose vyksta skirtingai. Taip pat yra skirtingas nuo šių lapų atspindėtos šviesos spektras.

Augalų augimo sąlygas galima įvertinti pagal jų lapų spalvą. Augalo lapus apšvietus regimąja ar infraraudonųjų spindulių šviesa, bus atspindėtas šviesos spektras, pagal kurį galima
20 charakterizuoti augalo lapų spalvą ir įvertinti augalo augimo sąlygas.

Nuo lapų atspindėtos šviesos spektras yra skirtingas sveikam augalui, augusiam aprūpinant jį visais augimui reikalingais makro- ir mikroelementais, ir augalui, kuris augdamas negavo reikiamo makroelementų ir mikroelementų kiekio.

Atspindėtos šviesos spektrai taip pat skirsis ir tarp skirtingų to paties augalo lapų, (pvz.,
25 kviečiai užaugina iki 6 lapų). Sveiko vasarinio kviečio jauniausias lapas, kuriame fotosintezės intensyvumas mažesnis, bus šviesesnės žalios spalvos, o vyresnis lapas, kuriame fotosintezės procesas intensyvus, bus tamsesnės žalios spalvos. Atspindėtos šviesos spektrai tarp šių lapų skirsis. Jei lapo formavimosi metu ir susiformavus lapui, augalui nepakaks cheminių elementų, lapuose esančių pigmentų tankis ir aktyvumas bus skirtingi. Šis skirtumas bus kitoks, nei sveiko,
30 pilnai makro- ir mikroelementais aprūpinto augalo lapuose. Tuo pačiu skirtumai tarp atspindėtos

šviesos spektrų tarp šių lapų, augusių esant makroelementų ir mikroelementų stygiui, bus mažesni lyginant su sveiko augalo atveju.

Priklausomai nuo to, kokie yra nuo jaunesniojo ir vyresniojo lapo atspindėtos šviesos spektrai ir koks yra skirtumas tarp šių spektrų, galima diagnozuoti augalo augimo sąlygas ir nustatyti, kokių cheminių elementų trūko arba trūksta augalui vegetacijos metu. Laiku
5 diagnozavus, kokių makroelementų ir mikroelementų trūksta augalams, galima imtis priemonių augalų augimo sąlygoms gerinti (pvz., tręšti trūkstamais cheminiais elementais).

Todėl taikant augalo augimo sąlygų diagnostikos būdą, apimantį augalo lapo apšvietimą regimajai arba artima infraraudonajam spinduliavimui šviesa, šviesos spektro analizę, keičiant
10 šviesos bangų ilgius, nauja yra tai, kad, vykdant nuo lapo atspindėtos šviesos spektro analizę, analizuojami mažiausiai dviejų skirtingo amžiaus lapų atspindėtos šviesos intensyvumai ir jų skirtumai kaip funkcija nuo bangos ilgio, lyginamas nuo optimaliomis sąlygomis augusio augalo skirtingo amžiaus lapų atspindėtos šviesos intensyvumų skirtumas su tiriamojo augalo to paties amžiaus kaip etaloninių lapų atspindėtos šviesos intensyvumų skirtumu, pagal spektrų skirtumus
15 sprendžiama apie cheminių elementų trūkumą augalo vegetacijos laikotarpiu. Atliekant tyrimą, augalo lapas talpinamas tamsioje matavimo kameroje, o diodo skleidžiama šviesa į augalo lapą nukreipiama šviesolaidžiu. Tiriamuoju ir etaloniniu augalu gali būti žemės ūkyje auginami augalai: kviečiai, rugiai, miežiai, kvietrugiai, rapsai ir kt.

Siūlomam augalo augimo sąlygų diagnostikos būdai atlikti naudojamas įrenginys, turintis kamerą tiriamajam lapui talpinti, šviesos diodą, skirtą augalo lapui apšviesti, fotodetektorių šviesai priimti, stiprintuvą bei analoginį-skaitmeninį keitiklį ir mikroprocesorių duomenims apdoroti ir kaupti. Siūlomas įrenginys pasižymi tuo, kad įrenginyje sumontuotos mažiausiai dvi tamsios matavimo kameros augalo lapams talpinti ir bent du šviesos diodai su elektronine valdymo schema kiekvienai kamerai, taip pat mažiausiai du fotodetektoriai nuo lapų
20 atspindėtai šviesai priimti, o mikroprocesorius turi funkciją atlikti nuo mažiausiai dviejuose skirtingose kamerose patalpintų lapų atspindėtos šviesos spektrų skirtumo matavimus.

Be to, diodo skleidžiamai šviesai į augalo lapą nukreipti sumontuotas šviesolaidis. Spektro diapazono išplėtimui iki infraraudonosios šviesos naudojamas papildomas infraraudonosios šviesos diodas, kurio šviesa su RGO diodo šviesa sumaišoma papildomu
30 lešiu. Geriausiu atveju įrenginyje gali būti sumontuotos keturios tamsios kameros tiriamiems lapams talpinti ir keturi šviesos diodai su elektronine valdymo schema kiekvienai kamerai, taip

pat keturi fotodetektoriai nuo lapų atspindėtai šviesai priimti. Diagnostikos įrenginys kalibruojamas atraminiais baltos spalvos ir juodos spalvos popieriaus lapais.

Trumpas brėžinių aprašymas

5 Fig. 1 pateiktas vasarinio kviečio lapų skaičiavimas ir numeracija;

Fig. 2 pateikta augalų auginimo diagnostikos įrenginio struktūrinė schema (1-as variantas);

Fig. 3 – augalų auginimo diagnostikos įrenginio struktūrinė schema (2-as variantas);

Fig. 4 – augalų auginimo diagnostikos įrenginio struktūrinė schema (3-as variantas);

10 Fig. 5 pateiktas vasarinio kviečio, augusio optimaliomis sąlygomis, skirtumai tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų spektrų grafikas;

Fig. 6A – atspindėtos šviesos spektrų skirtumų palyginimo tarp vasarinio kviečio, augusio esant geležies (Fe) trūkumui, ir kviečio, augusio optimaliomis sąlygomis, grafikas; taškinė linija - skirtumai tarp jauniausiųjų 1A lapų, ištisinė linija – skirtumai tarp vyresniųjų 1B lapų;

15 Fig. 6B – vasarinio kviečio, augusio esant geležies (Fe) trūkumui, skirtumo tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų atspindėtos šviesos spektrų (taškinė linija) ir kviečio, augusio optimaliomis sąlygomis, skirtumo tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų atspindėtos šviesos spektrų (ištisinė linija) palyginimo grafikas;

20 Fig. 7A – atspindėtos šviesos spektrų skirtumų palyginimo tarp vasarinio kviečio, augusio esant boro (B) trūkumui, ir kviečio, augusio optimaliomis sąlygomis, grafikas; taškinė linija - skirtumai tarp jauniausiųjų 1A lapų, ištisinė linija – skirtumai tarp vyresniųjų 1B lapų;

Fig. 7B – vasarinio kviečio, augusio esant boro (B) trūkumui, skirtumo tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų atspindėtos šviesos spektrų (taškinė linija) ir kviečio, augusio optimaliomis sąlygomis, skirtumo tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų atspindėtos šviesos spektrų (ištisinė linija) palyginimo grafikas;

25 Fig. 8A – atspindėtos šviesos spektrų skirtumų palyginimo tarp vasarinio kviečio, augusio esant mangano (Mn) trūkumui, ir kviečio, augusio optimaliomis sąlygomis, grafikas; taškinė linija - skirtumai tarp jauniausiųjų 1A lapų, ištisinė linija – skirtumai tarp vyresniųjų 1B lapų;

30

Fig. 8B – vasarinio kviečio, augusio esant mangano (Mn) trūkumui, skirtumo tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų atspindėtos šviesos spektrų (taškinė linija) ir kviečio, augusio optimaliomis sąlygomis, skirtumo tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų atspindėtos šviesos spektrų (ištisinė linija) palyginimo grafikas;

5 Fig. 9A – atspindėtos šviesos spektrų skirtumų palyginimo tarp vasarinio kviečio, augusio esant cinko (Zn) trūkumui, ir kviečio, augusio optimaliomis sąlygomis, grafikas; taškinė linija - skirtumai tarp jauniausiųjų 1A lapų, ištisinė linija – skirtumai tarp vyresniųjų 1B lapų;

Fig. 9B – vasarinio kviečio, augusio esant cinko (Zn) trūkumui, skirtumo tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų atspindėtos šviesos spektrų (taškinė linija) ir kviečio, 10 augusio optimaliomis sąlygomis, skirtumo tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų atspindėtos šviesos spektrų (ištisinė linija) palyginimo grafikas;

Fig. 10A – atspindėtos šviesos spektrų skirtumų palyginimo tarp vasarinio kviečio, augusio esant vario (Cu) trūkumui, ir kviečio, augusio optimaliomis sąlygomis, grafikas; taškinė linija - skirtumai tarp jauniausiųjų 1A lapų, ištisinė linija – skirtumai tarp vyresniųjų 1B lapų;

15 Fig. 10B – vasarinio kviečio, augusio esant vario (Cu) trūkumui, skirtumo tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų atspindėtos šviesos spektrų (taškinė linija) ir kviečio, augusio optimaliomis sąlygomis, skirtumo tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų atspindėtos šviesos spektrų (ištisinė linija) palyginimo grafikas;

Fig. 11A – atspindėtos šviesos spektrų skirtumų palyginimo tarp vasarinio kviečio, 20 augusio esant molibdeno (Mo) trūkumui, ir kviečio, augusio optimaliomis sąlygomis, grafikas; taškinė linija - skirtumai tarp jauniausiųjų 1A lapų, ištisinė linija – skirtumai tarp vyresniųjų 1B lapų;

Fig. 11B – vasarinio kviečio, augusio esant molibdeno (Mo) trūkumui, skirtumo tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų atspindėtos šviesos spektrų (taškinė linija) ir kviečio, 25 augusio optimaliomis sąlygomis, skirtumo tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų atspindėtos šviesos spektrų (ištisinė linija) palyginimo grafikas;

Išradimo įgyvendinimo aprašymas

Įrenginio struktūrinė schema pateikta Fig. 2.

30 Šio įrenginio veikimas paremtas šia schema.

- Vyresnysis ir jaunesnysis augalo lapai 1A, 1B apspinduliuojami RGB arba RGBA (R, G, B ir A – 4 elementų šviesos diodas, Red-Green-Blue-Amber) LED šviesos diodų 4 skleidžiama šviesa. Spinduliuojamos šviesos bangos ilgis keičiamas diskretiškai ribose nuo 400 nm – 1100 nm, valdant RGBA ir infraraudonųjų spindulių LED šviesos diodus elektroniniu būdu elektronine valdymo schema 6 (srovės stiprintuvai). (Tipinis RGBA LED šviesos diodų 5 spinduliuojamas diapazonas yra 400 – 700 nm. Išplėstiniam diapazone iki 1100 nm yra naudojami papildomi fiksuoto bangos LED šviesos diodai ilgio).

- Į lapus šviesa nuo RGBA ir infraraudonųjų spindulių LED diodų nuvedama lanksčiais šviesolaidiniais vamzdeliais 3 į tamsias kameras 2, kuriose padėti tiriamo augalo lapai 1A, 1B 10 (dvi kameros, kiekvienam lapui atskirai). Šviesolaidžio vamzdelių 3 skersmuo nuo 1 mm iki 5 mm. Šviesolaidinių vamzdelių paviršius yra izoliuotas tamsia, šviesą absorbuojančia medžiaga (arba iš vidaus šviesą atspindinčia danga) tam, kad šviesa sklistų tik šviesolaidiniu vamzdeliu.

- Nuo kiekvieno lapo atspindėta šviesa patenka į priėmimo šviesolaidinius vamzdelius 3 ir priimama dviem fotodetektoriais 7.

15 - Fotodetektoriais 7 priimta šviesa perduodama į diferencinį stiprintuvą 8. Diferencinio stiprintuvo 8 išėjime gauta įtampa keičiama į skaitmeninį kodą su keitikliu analogas-kodas 9 ir perduodama į mikroprocesorių 10. Mikroprocesorius 10 atlieka matavimo proceso valdymą ir skirtuminio spektro matavimus.

- Atspindėtos šviesos spektro skirtumas gali būti išreikštas:

20
$$U(\lambda_i) = k(\lambda_i) [I_1(\lambda_i) - I_2(\lambda_i)] + \Delta U(\lambda_i),$$

čia I_1 ir I_2 – atspindėtos šviesos intensyvumas;

k – stiprintuvo, šviesolaidinių vamzdelių ir LED šaltinių perdavimo koeficientas (priklausomas nuo bangos ilgio);

λ_i – šviesos bangos ilgis;

25 $\Delta U(\lambda_i)$ – adityvinė matavimo paklaida dėl stiprintuvo nulinio poslinkio (dreifo) ir matavimo kanalų (pirmo ir antro lapo kanalų) neidentiško (nevienodumo).

- Matavimai atliekami diskretiškai, keičiant spinduliuojamo LED švytėjimo spalvą ribose nuo $\lambda = 400$ nm iki $\lambda = 1100$ nm ir prie kiekvieno šviesos bangos ilgio nustatomas skirtumas $I_1(\lambda_i) - I_2(\lambda_i)$.

30 - k – stiprintuvo, šviesolaidinių vamzdelių ir LED šaltinių perdavimo koeficientas yra priklausomas nuo bangos ilgio. Priklausomybė $k(\lambda_i)$ yra randama, kalibruojant matavimo

sistemą baltu popieriaus lapu. Kalibruojant juodu popieriaus lapu yra surandama adityvinė paklaida $\Delta U(\lambda_i)$, kuri gaunama dėl kanalų nevienodumo ir stiprintuvo nulinio dreifo.

- Mikroprocesorius 10 atlieka spektrų skirtumo $\Delta I(\lambda) = I_1(\lambda) - I_2(\lambda)$ matavimus ir augalo lapų diagnostikos rezultatus išveda į displėjų 12 arba kompiuterį 11.

5 Supaprastintas augalų diagnostikos prietaiso variantas pateiktas Fig. 3. Šiame įrenginio variante yra naudojamas RGBA ir infraraudonųjų spindulių LED šviesos šaltinis 4 su šviesą sumaišančiu lęšiu 5. Šviesa nuo šio šviesos šaltinio į abi matavimo kameras 2 perduodama lanksčias šviesolaidiniais vamzdeliais 3. Tokio augalų diagnostikos prietaiso privalumas yra mažesnis naudojamų komponentų (šviesos šaltinių) kiekis.

10 Fig.2 ir Fig. 3 pateikti įrenginiai leidžia vienu metu įvertinti atspindėtos šviesos spektrų skirtumus tarp jaunesniojo ir vyresniojo lapų. Pilnesnei diagnostinei informacijai apie augalo augimo stadijas gauti matavimo prietaisas gali būti išplėtotas iki 4 matavimo kanalų, su kuriais būtų galima matuoti spektrų skirtumus tarp įvairių lapų:

- tarp jauniausiojo lapo 1A ir vyresniojo lapo 1B,
- 15 - tarp jauniausiojo lapo 1A ir vyresniojo lapo 1C
- tarp jauniausiojo lapo 1A ir vyresniojo lapo 1D
- tarp vyresniojo lapo 1B ir vyresniojo lapo 1C,
- tarp vyresniojo lapo 1B ir vyresniojo lapo 1D,
- tarp vyresniojo lapo 1C ir vyresniojo lapo 1D,

20 Vasarinio kviečio atveju čia 1A – jauniausias lapas, 1B – vyresnis lapas, susiformavęs 7 dienom anksčiau nei 1A, 1C – dar labiau vyresnis lapas, susiformavęs 14 dienų anksčiau nei 1A, 1D – pats vyriausias iš visų tiriamų lapų, susiformavęs 21 dienų anksčiau nei 1A (Vasarinio kviečio atveju, lapai leidžiami kas 7 dienos).

25 Tokie spektrų skirtumų tarp įvairių lapų matavimai leistų nustatyti, kurie lapai jau yra pilnai susiformavę ir juose vyksta efektyvūs fotosintezės procesai, ir tuos lapus, kuriuose fotosintezės procesai dar nėra pilnai vykdomi (dėl trūkstamų makro- ir mikroelementų arba dėl nepasibaigusių vegetatyvinių procesų jaunesniuose lapuose).

30 Augalų diagnostikos įrenginio, turinčio galimybę atlikti spektrų skirtumų tarp įvairių lapų matavimus variantas pateiktas Fig. 4. Šiame prietaiso variante yra naudojamas RGBA ir infraraudonųjų spindulių LED šviesos šaltinis 4 su šviesą sumaišančiu lęšiu 5. Šviesa nuo šio šviesos šaltinio į keturias matavimo kameras 2 perduodama lanksčias šviesolaidiniais

vamzdeliais 3. Kiekvienoje matavimo kameroje apspinduliuojami keturi skirtingi to paties augalo lapai 1A, 1B, 1C ir 1D. Spektrų skirtumų tarp įvairių lapų kombinacijos matuojamos šešiuose diferenciniuose stiprintuvuose 8 ir keitikliuose analogas-kodas 9. Mikroprocesorius 10 atlieka skirtuminių spektrų matavimų apdorojimus ir perduoda augalo diagnostinę informaciją į displejų 12 ir kompiuterį 11.

Tokio augalų diagnostikos prietaiso privalumas yra gaunama kompleksinė informacija apie tai, kuriuose augalo lapuose yra pilnai funkcionuojantys fotosintezės procesai ir kuriuose lapuose dar vyksta vegetaciniai procesai.

10 Eksperimentinių matavimų rezultatai

Eksperimentiniais tyrimais buvo nustatyta, kad sveikam augalui atspindėtos šviesos intensyvumai $I_1(\lambda)$, $I_2(\lambda)$ ir skirtumas $I_1(\lambda) - I_2(\lambda)$ kaip funkcija nuo atspindėtos bangos ilgio yra tipiniai vienos rūšies augalams (vasariniams kviečiams). Augalų kurie augimo laikotarpiu augo su tam tikrų mikroelementų (Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, B) trūkumais, atspindėtos šviesos intensyvumai $I_1(\lambda)$, $I_2(\lambda)$ ir skirtumas $I_1(\lambda) - I_2(\lambda)$ buvo skirtingi tarpusavyje ir skirtingi sveikai užaugusio augalo sąlygomis.

Eksperimentinių tyrimų rezultatai pateikti Fig. 5-11:

Iš bandymų rezultatų matyti, kad sveiko augalo atspindėtos šviesos skirtumai tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų spektrų yra didžiausi visame šviesos bangų spektre. Atvejais, kai augalams buvo dirbinai sukeltas atitinkamų cheminių elementų trūkumas, šis atspindėtos šviesos skirtumas tarp jauniausiojo 1A ir vyresniojo 1B lapų spektrų buvo mažesnis ir turėjo individualų charakterį kiekvieno trūkstamo cheminio elemento atveju.

Fig. 5A, 6A, 7A, 8A, 9A, 10A ir 11A pateikti išmatuoti atspindėtos šviesos spektrų skirtumai tarp 1A ir 1B lapų vasarinio kviečio, augusio esant atitinkamų mikroelementų trūkumui, ir kviečio, augusio optimaliomis sąlygomis, palyginimas. Šie grafikai rodo, kad ir šie skirtuminiai spektrai taip pat suteikia diagnostinę informaciją ir kiekvieno trūkstamo elemento atveju turi individualų charakterį. Tokius matavimus galima nesunkiai realizuoti keturių kanalų matavimo įrenginiu, pateiktu paveiksle 4.

Eksperimentiniai tyrimai, kurių rezultatai pateikti Fig. 5-11, buvo atlikti spektrofotometru Lambda 35. Tyrimuose naudoti vasarinių kviečių bandomieji pavyzdžiai, išauginti laboratorijoje vegetaciniuose induose. Vasarinių kviečių bandomieji pavyzdžiai auginti

skirtingomis sąlygomis: optimaliai aprūpinant visai būtinais mikroelementais; auginant su geležies trūkumu, bet aprūpinant kitais mikroelementais; auginant su boro trūkumu, bet aprūpinant kitais mikroelementais; auginant su mangano trūkumu, bet aprūpinant kitais mikroelementais; auginant su cinko trūkumu, bet aprūpinant kitais mikroelementais; auginant su vario trūkumu, bet aprūpinant kitais mikroelementais; auginant su molibdeno trūkumu, bet aprūpinant kitais mikroelementais.

Pramoninis pritaikymas

Išradimo aprašyme pateiktas naujas augalų diagnostikos būdas ir įrenginys, paremtas atspindėtų nuo augalo lapų šviesos spektro skirtumo matavimu. Toks būdas nėra paminėtas nei viename iki šiol žinomame patente. Nuo lapo atspindėtas šviesos spektras priklauso nuo lapo pigmentų, kurie yra tiesiogiai įtakoti cheminių elementų, kuriuos augalas gauna augimo metu.

Esant tam tikro cheminio elemento trūkumui augale, besiformuojančiame ar seniau susiformavusiame lape, jo pakankamumas bus skirtingas. Esant cheminių elementų trūkumui, augalas skirtingai kompensuoja jų deficitą perkeldami cheminius elementus iš senesnių lapų į jaunesnius pilnai kompensuojant trūkumą, iš dalies arba visai neperkelia iš senesniųjų. Todėl šių lapų cheminė sudėtis ir tuo pačiu atspindimos šviesos spektras yra skirtingi. Matuojamas spektrų skirtumas tiesiogiai atspindi įvairių mikroelementų įsisavinimo dinamiką augale (ir tuo pačiu vykstančių fotosintezės procesų spartą), kuri yra skirtinga sveikai augusiam augalui ir augalui su kai kurių makroelementų ir mikroelementų trūkumu.

Pateiktas būdas ir įrenginys leidžia atlikti spektrų skirtumų matavimus tarp įvairių lapų:

- tarp vyresnių ir jaunesnių to paties augalo lapų (palyginant vienu metu skirtumus tarp 4 lapų). Tai leistų įvertinti kuriuose lapuose dar vyksta vegetaciniai procesai ir kuriuose lapuose prasidėjo chlorofilo gamyba ir kaip efektyviai sintetinamas chlorofilas;
- atlikti palyginimus tarp sveikai užaugintų augalo lapų ir testuojamų augalų lapų. Tarpusavio palyginimui būtų naudojami tie lapai kuriuose dar vyksta pigmentų formavimosi procesai (jauniausieji-1A) ir kuriuose jau prasidėjo intensyvus chlorofilo darbas (1B, 1C arba 1D);

- sveikai užauginti augalo lapų matavimo rezultatai (spektras) gali būti įrašomi į diagnostikos prietaiso atmintį (arba perduodami į kompiuterį) ir vėliau naudojami palyginimui kaip atraminiai spektro rezultatai.

Technine prasme, kitas šio būdo privalumas yra tas, kad realizuojant skirtumo matavimus techninėmis priemonėmis galima minimizuoti aparatinės matavimo paklaidas, susijusias su matavimo kanalų neidentifiškumu, matavimo kanalų dreifu ir šviesos perdavimo traktų šviesos spektro intensyvumo amplitudinį netolygumą. Įrenginio aparatinė paklaidų minimizavimui yra naudojami atitinkamos spalvos lapai (baltos ir juodos spalvos), su kuriais atliekamas prietaiso nulio poslinkio ir kanalų nevienodumo kalibravimas.

10 Kiti esminiai požymiai yra susiję su matavimo įrenginio konstrukciniais ypatumais:

- kaip šviesos šaltinis yra naudojamas vienas RGBA LED diodas ir vienas infraraudonųjų spindulių šviesos diodas (diapazono išplėtimui iki 1100 nm), kuriuos valdant elektroniškai galima formuoti šviesos spektrą bangos ilgių diapazone nuo 400 nm iki 1100 nm. Toks valdymas supaprastina matavimo metodo realizavimą, nes naudojami tik du LED diodai.

Lyginant su kitais patentais čia nereikia naudoti keleto (parastai būna >3) skirtingų bangos ilgių LED šviesos šaltinių matricos (kurie dėl skirtingo geometrinio išdėstymo formos netolygų atskirų bango ilgių dedamųjų apšvietimą), nereikia naudoti mechaniškai komutuojamų šviesos filtrų (nėra judančių dalių). Papildomam šviesos sumaišymui yra naudojama linzė 5 uždėta ant RGBA ir infraraudonųjų spindulių šviesos diodo.

- Spinduliuojama šviesa nuo šviesos šaltinio iki atspinduliuojamų lapų ir atspindėta nuo lapų šviesa iki fotoimtuvų nuvedama lanksčiais šviesolaidžiais. Tokiu būdu yra minimizuojamas tiesioginis (parazitinis) šviesos praėjimas nuo šviesos šaltinio iki fotoimtuvo. Šviesolaidis, priimančias atspindėtą nuo lapo šviesą, yra pastatomas tokioje padėtyje, kad į jį nepatektų šviesa iš šviesolaidžio, kuris skleidžia į lapą spinduliuojamą šviesą. Pats lapas ir šviesą spinduliuojančio bei atspindį priimančio šviesolaidžio galai yra talpinami iš vidaus juodoje kameroje, kurios sienelės sugeria visą į jas krentančią šviesą. Kamera yra optiškai izoliuota nuo bet kokio išorinio šviesos šaltinio poveikio. Be to, lanksčių šviesolaidžių panaudojimas leidžia nuvesti

šviesą nuo vieno šviesos šaltinio į kelias matavimo kameras (ir tuo pačiu tai leidžia realizuoti vienalaikius skirtuminius matavimus).

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Augalo augimo sąlygų diagnostikos būdas, apimantis augalo lapo apšvietimą regimąja arba artima infraraudonajam spinduliavimui šviesa, šviesos spektro analizę, keičiant šviesos bangų ilgius, besiskiriantis tuo, kad, vykdant nuo lapo atspindėtos šviesos spektro analizę, analizuoja mažiausiai dviejų skirtingo amžiaus lapų atspindėtos šviesos intensyvumus ir jų skirtumus kaip funkciją nuo bangos ilgio, lygina nuo optimaliomis sąlygomis augusio augalo skirtingo amžiaus lapų atspindėtos šviesos intensyvumų skirtumą su tiriamojo augalo to paties amžiaus kaip etaloninių lapų atspindėtos šviesos intensyvumų skirtumu, pagal spektrų skirtumus sprendžia apie cheminių elementų trūkumą augalo vegetacijos laikotarpiu.

2. Augalo augimo sąlygų diagnostikos būdas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad diodo skleidžiamą šviesą į augalo lapą nukreipia šviesolaidžiu.

3. Augalo augimo sąlygų diagnostikos įrenginys, turintis kamerą tiriamajam lapui talpinti, šviesos diodą, skirtą augalo lapui apšviesti, fotodetektorių šviesai priimti, stiprintuvą bei analoginį-skaitmeninį keitiklį ir mikroprocesorių duomenims apdoroti ir kaupti, besiskiriantis tuo, kad įrenginyje sumontuotos mažiausiai dvi tamsios matavimo kameros augalo lapams talpinti ir bent du šviesos diodai su elektronine valdymo schema kiekvienai kamerai, taip pat mažiausiai du fotodetektoriai nuo lapų atspindėtai šviesai priimti, mikroprocesorius turi funkciją atlikti nuo mažiausiai dviejuose skirtingose kameroose patalpintų lapų atspindėtos šviesos spektrų skirtumo matavimus.

4. Augalo augimo sąlygų diagnostikos įrenginys pagal 3 punktą, besiskiriantis tuo, kad diodo skleidžiamai šviesai į augalo lapą nukreipti sumontuotas šviesolaidis.

5. Augalo augimo sąlygų diagnostikos įrenginys pagal 3 arba 4 punktą, besiskiriantis tuo, kad regimos ir infraraudonosios šviesos sumaišymui diodai aprūpinti sumaišančiuoju lęšiu.

6. Augalo augimo sąlygų diagnostikos įrenginys pagal bet kurį iš 3-5 punktų, besiskiriantis tuo, kad įrenginyje sumontuotos keturios tamsios kameros tiriamiems lapams

talpinti ir keturi šviesos diodai su elektronine valdymo schema kiekvienai kamerai, taip pat keturi fotodetektoriai nuo lapų atspindėtai šviesai priimti.

- 5 7. Augalo augimo sąlygų diagnostikos įrenginys pagal bet kurį iš 3-6 punktų, besiskiriantis tuo, kad įrenginys kalibruojamas atraminiais baltos spalvos ir juodos spalvos popieriaus lapais.

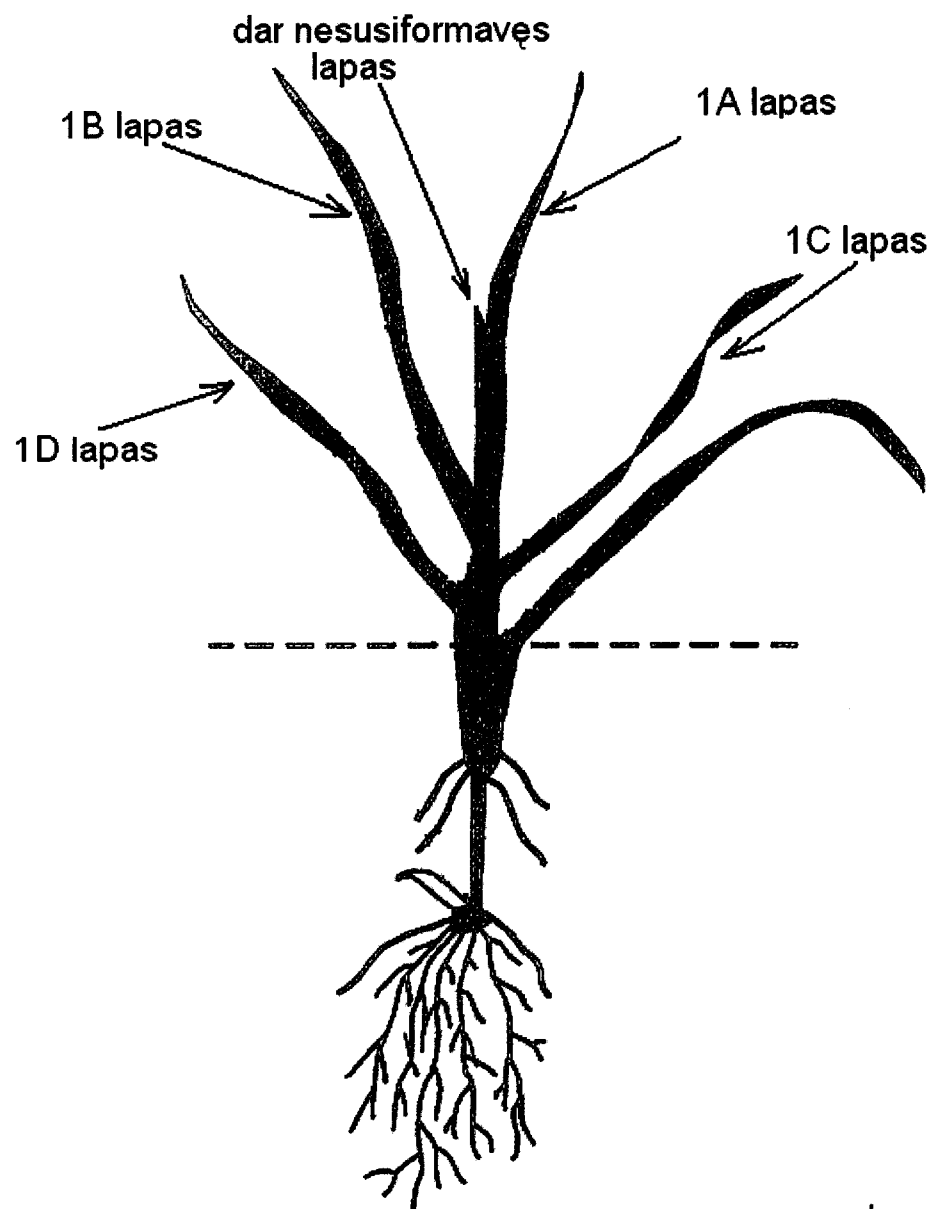


Fig. 1

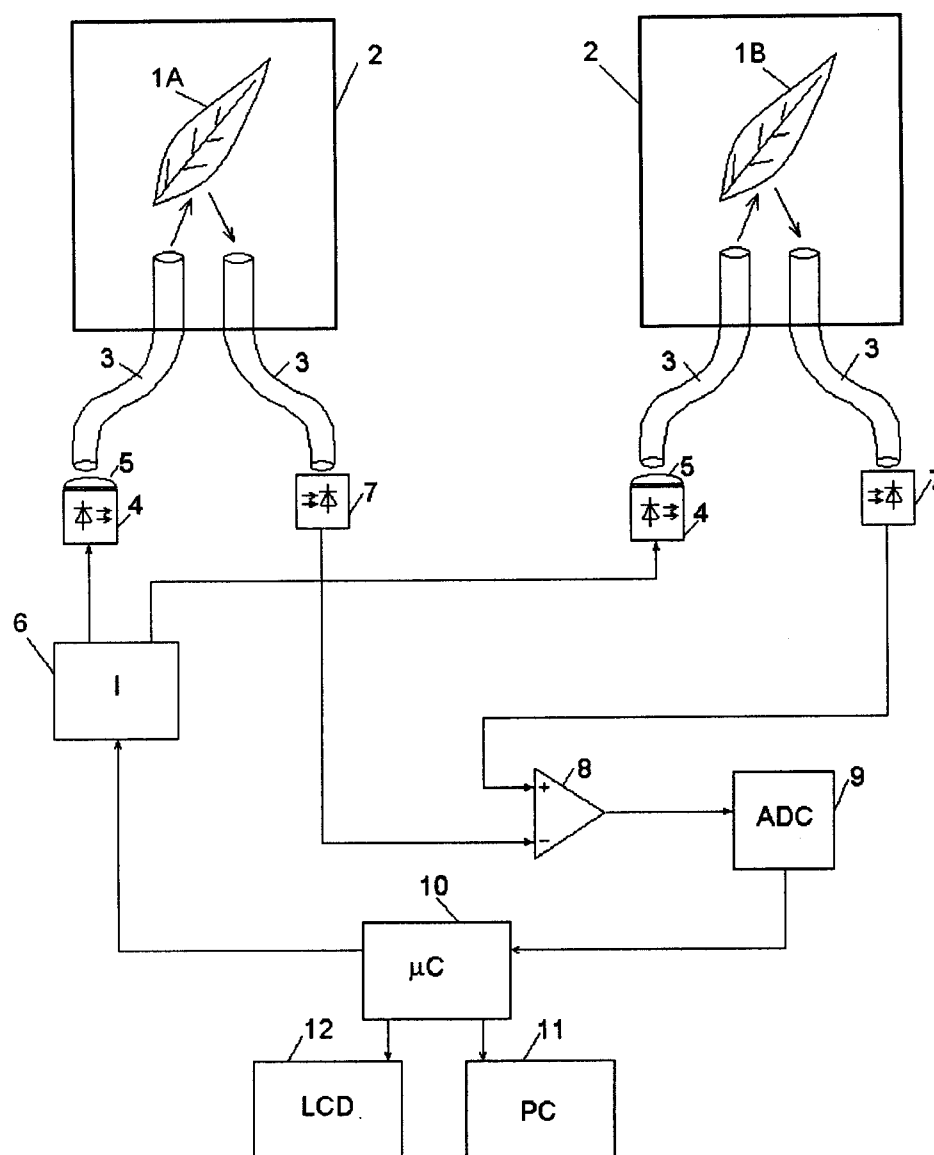


Fig. 2

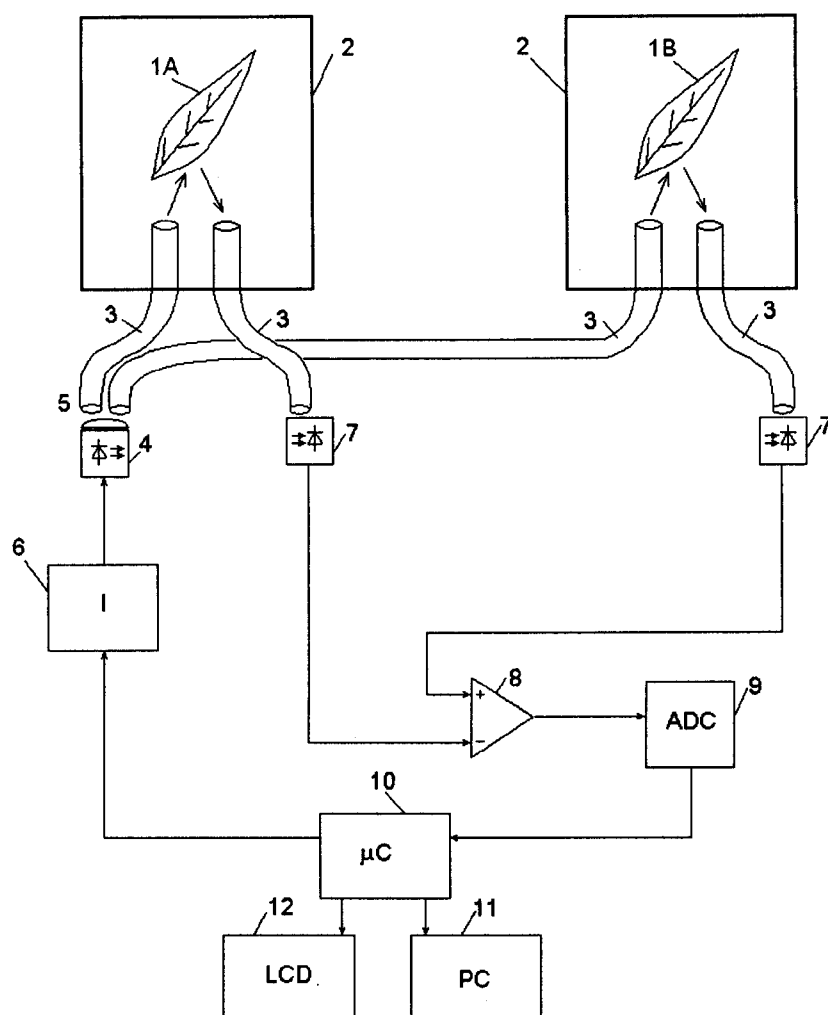


Fig. 3

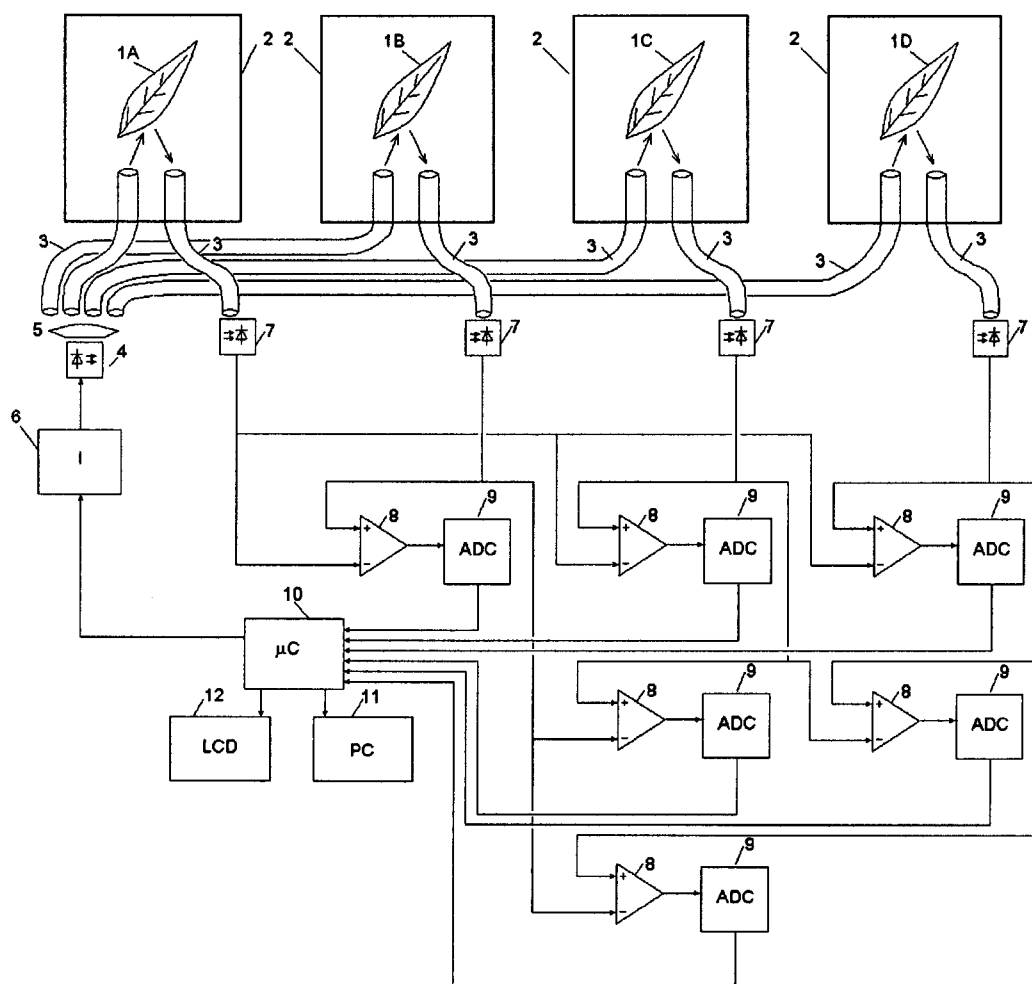


Fig. 4

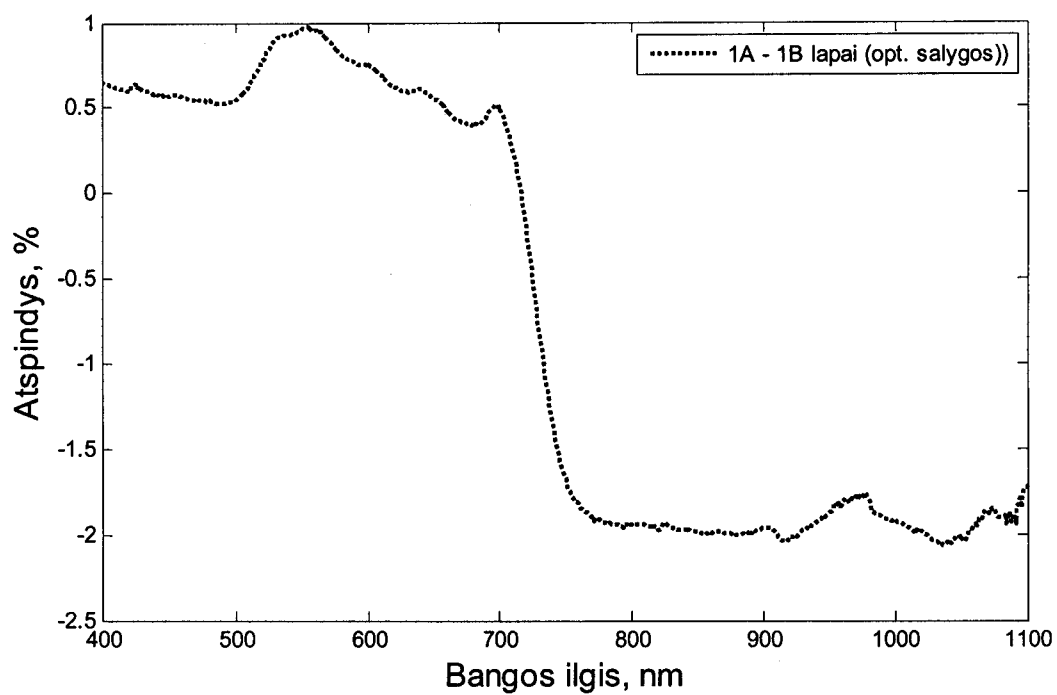


Fig. 5

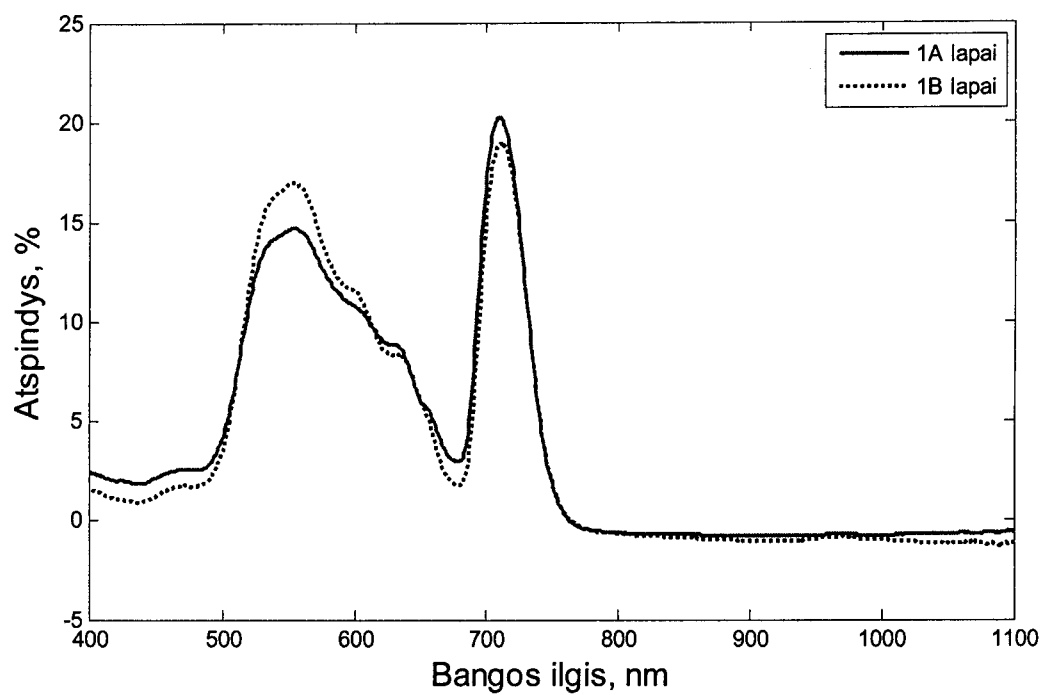


Fig. 6A

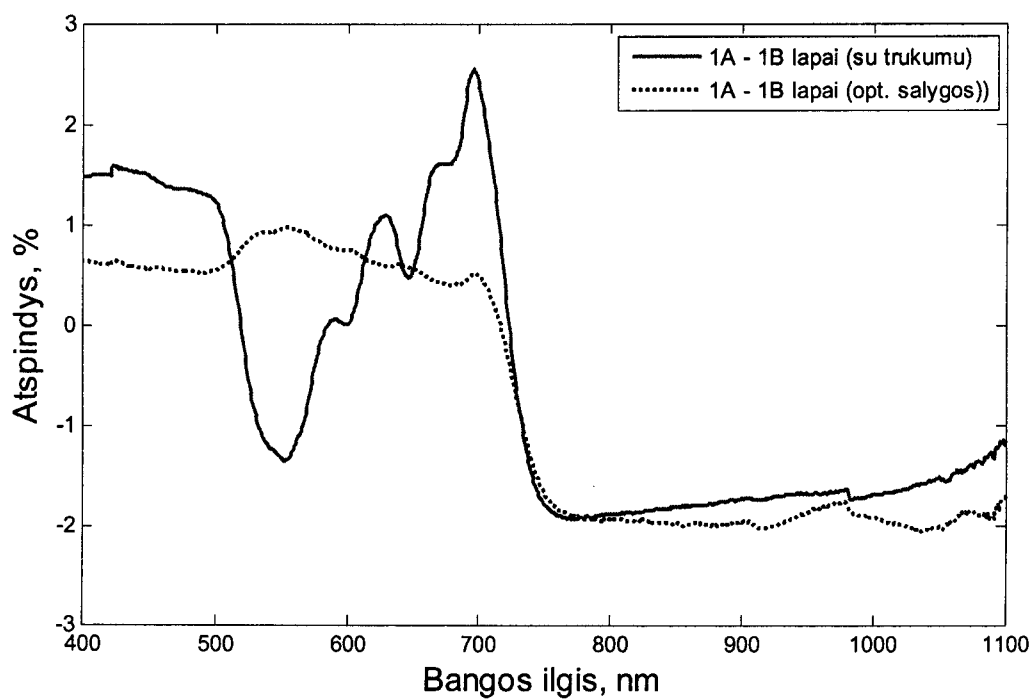


Fig. 6B

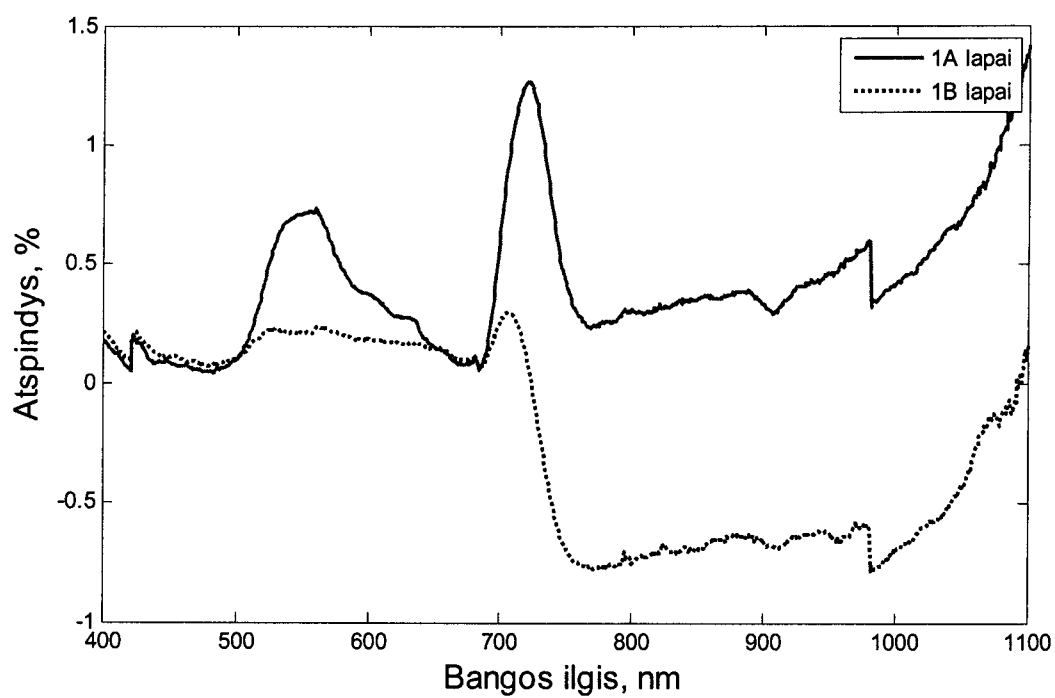


Fig. 7A

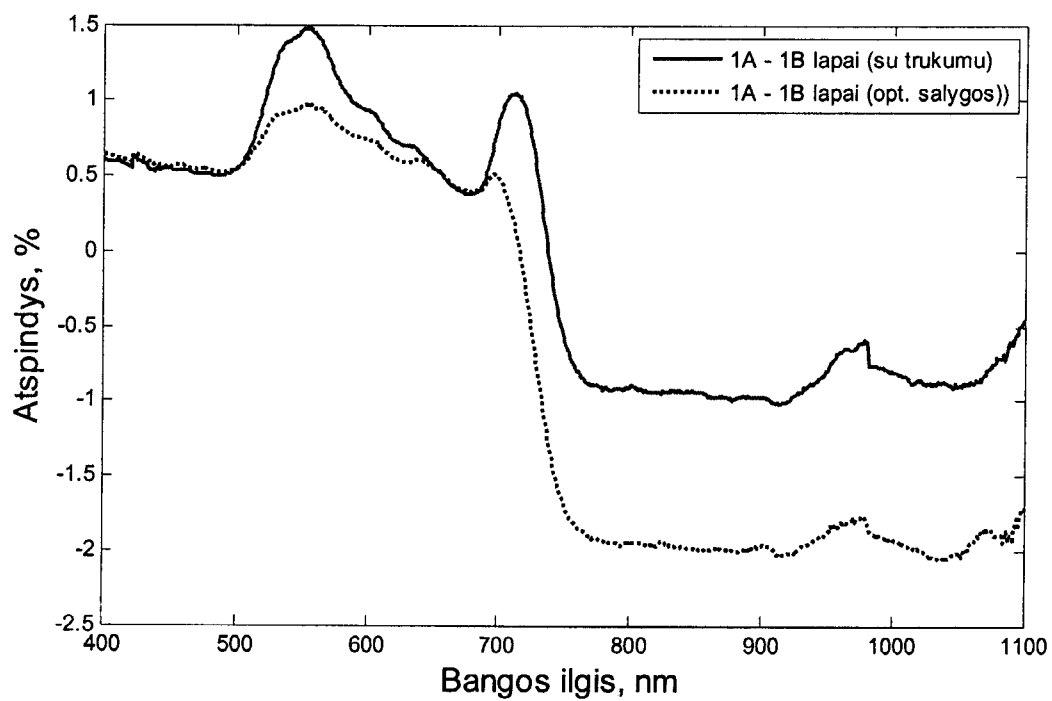


Fig. 7B

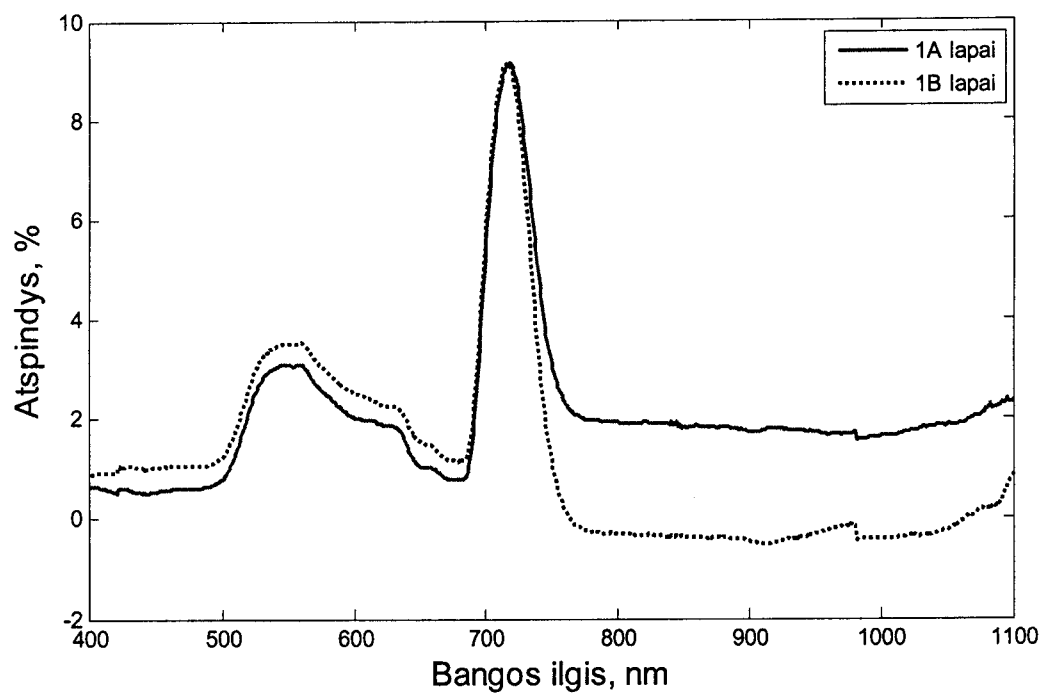


Fig. 8A

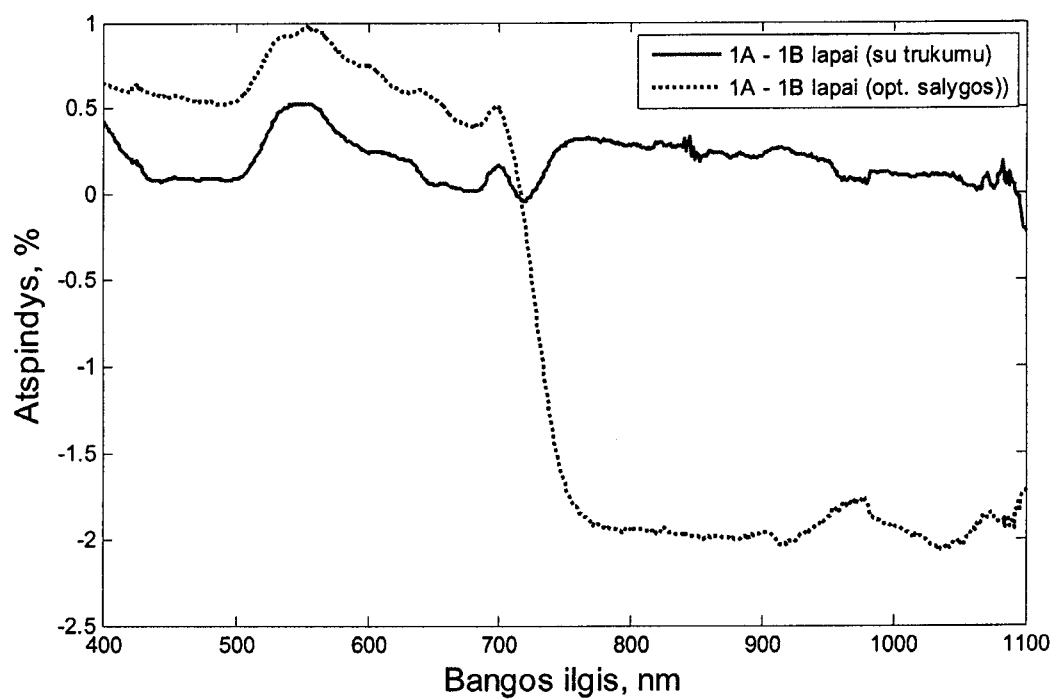


Fig. 8B

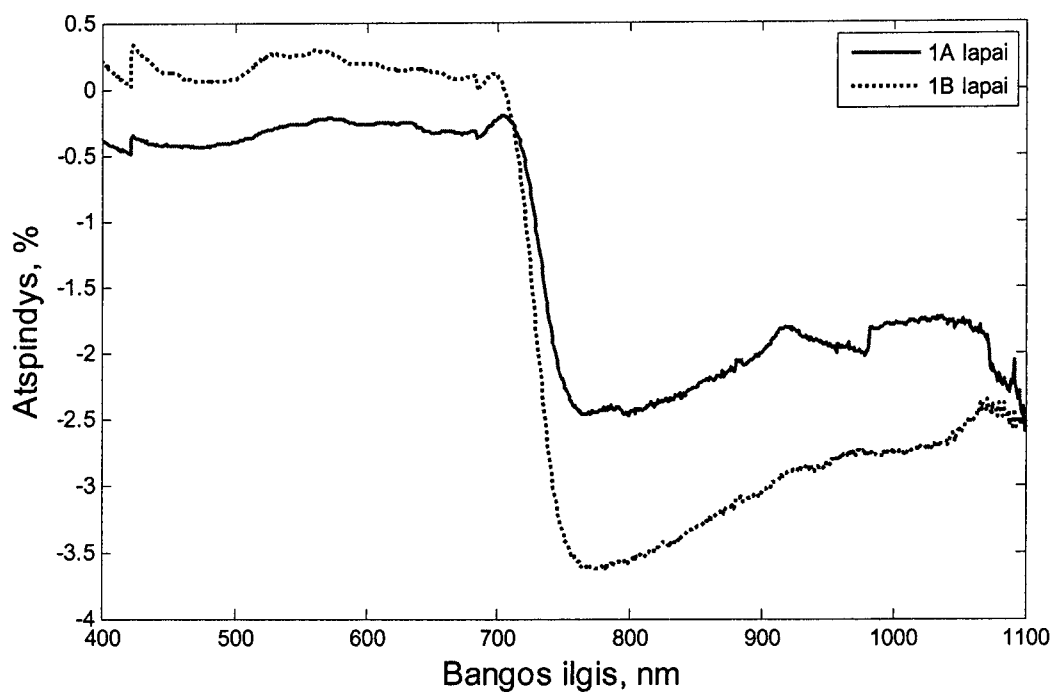


Fig. 9A

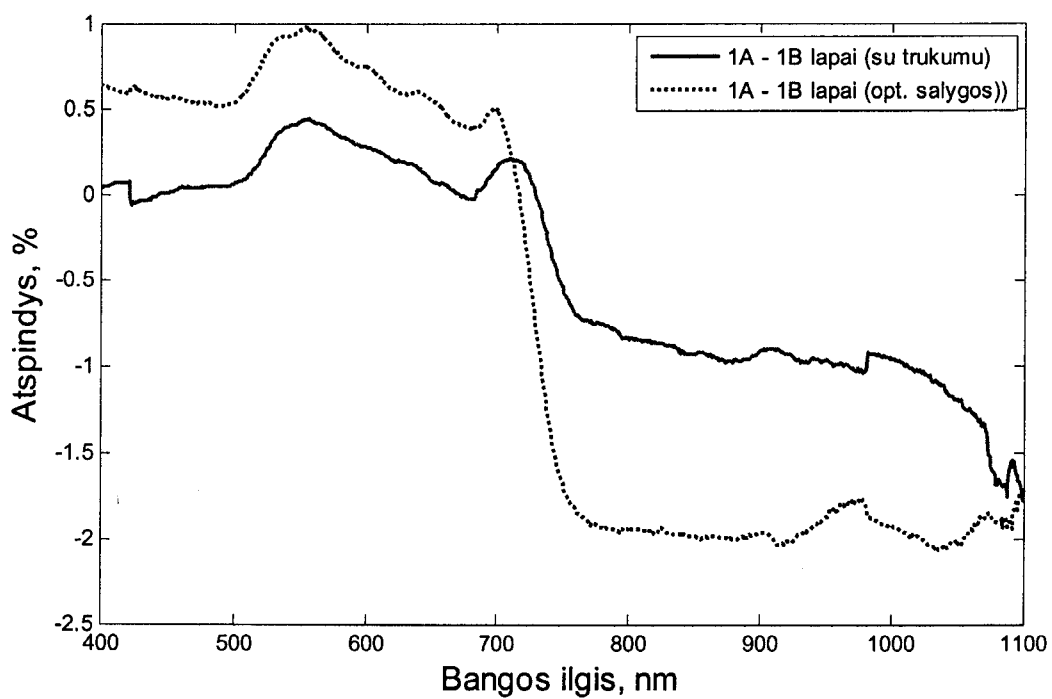


Fig. 9B

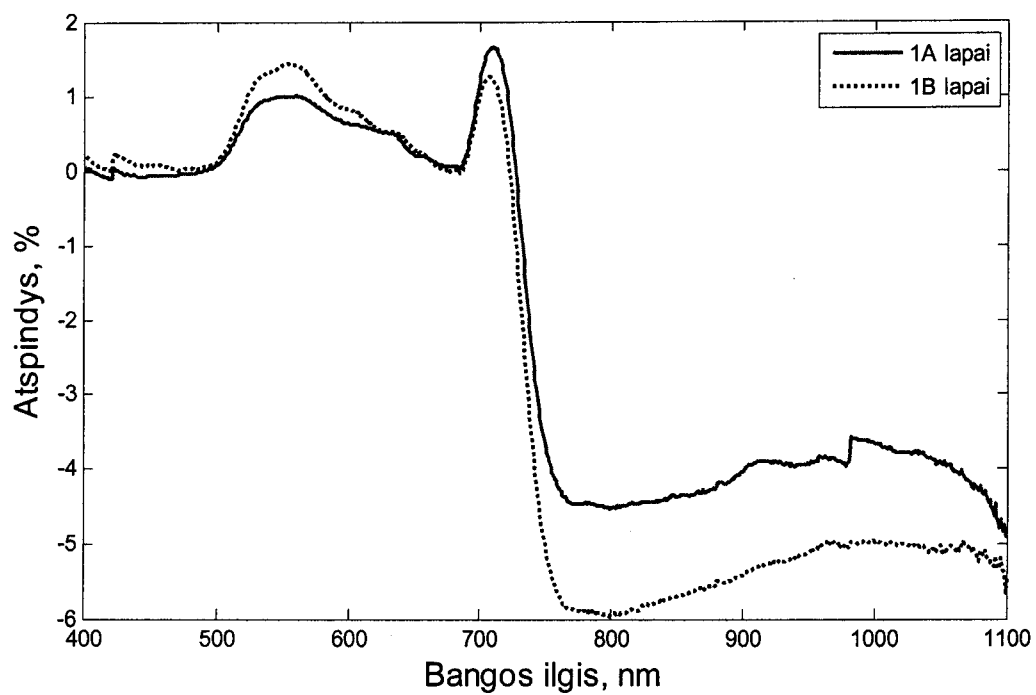


Fig. 10A

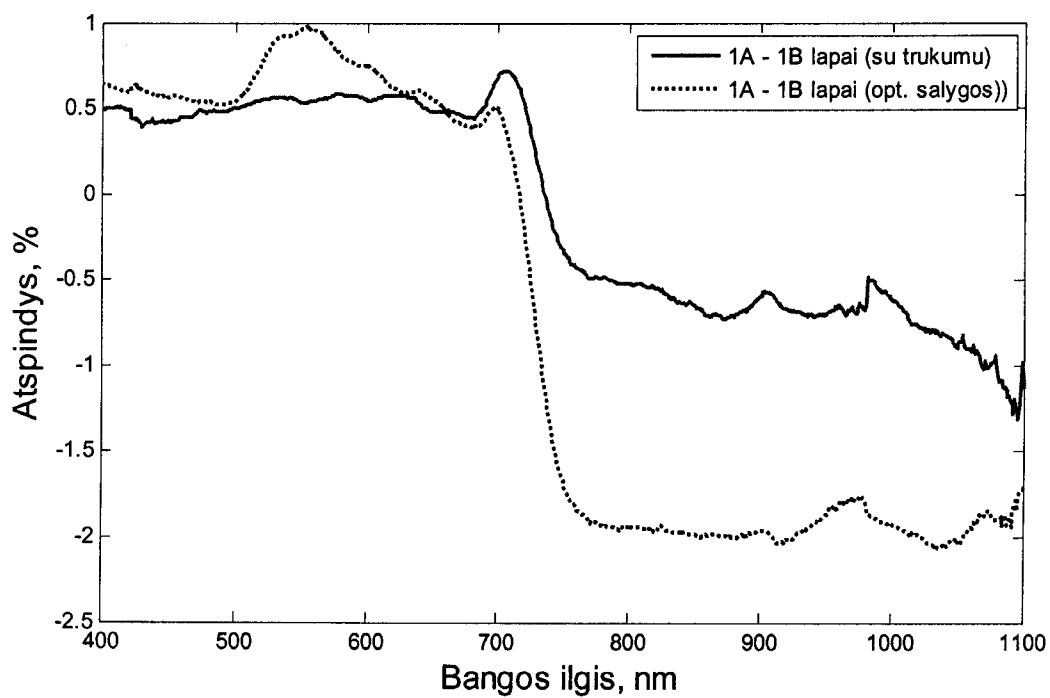


Fig. 10B

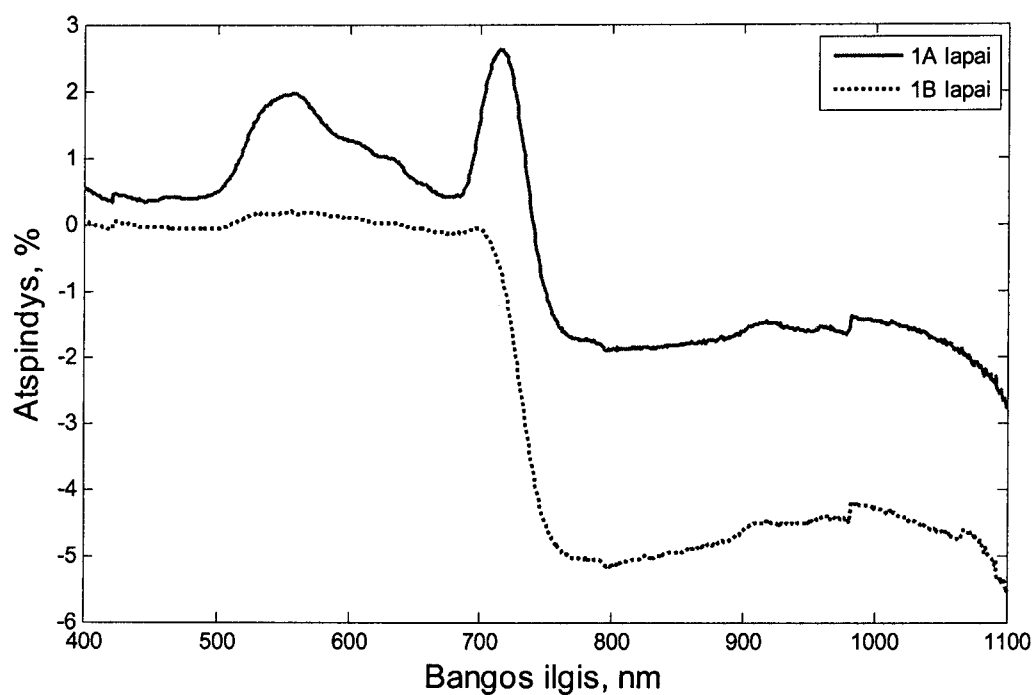


Fig. 11A

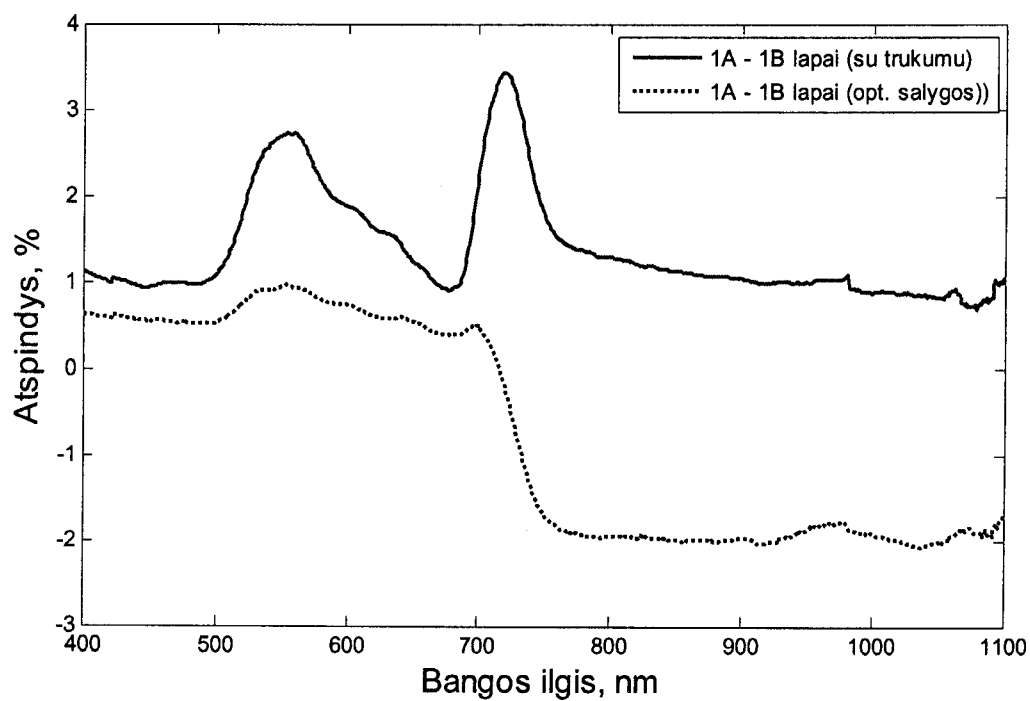


Fig. 11B