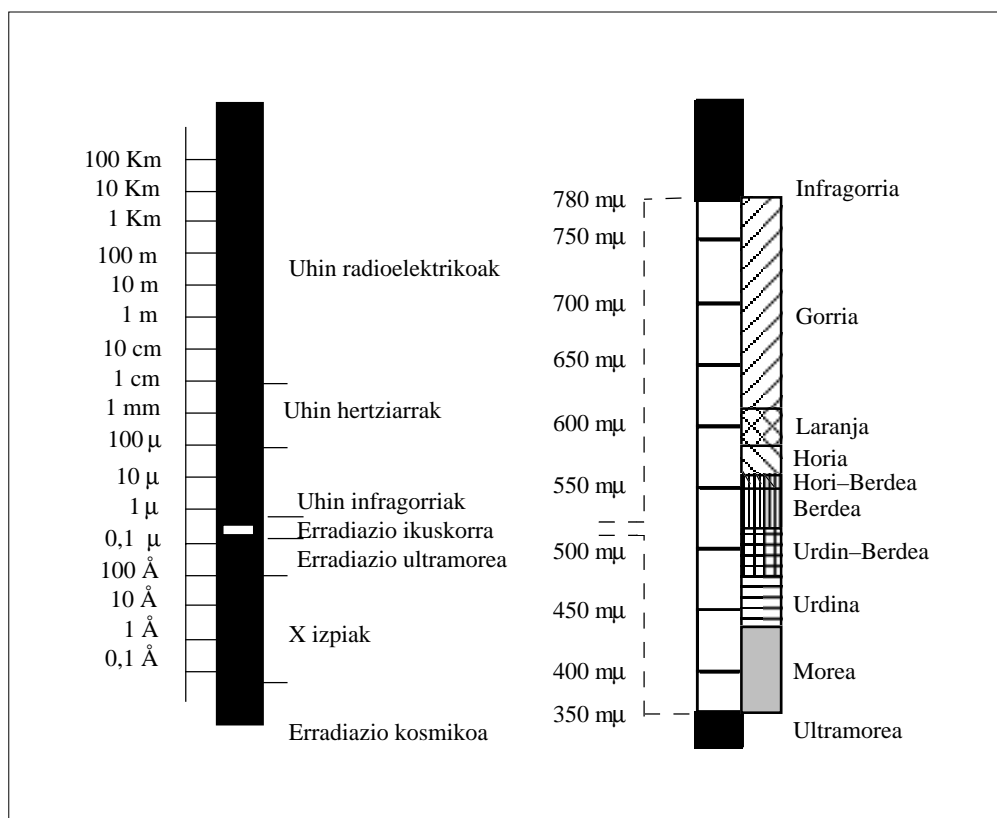


LANDAREEN ARGIZTAPEN ARTIFIZIALA

ALFONTSO MUJKA

EGUN, goi-mailako berotegietan landareen garapena gidatzen duten faktore guztiak kontrolatu eta erabili egiten dira. Faktore horietako bat argiztapena dugu. Horretarako landareetan gertatzen diren prozesu fotobiologikoak ezagutu egin behar dira lehenik, argiztapen artifizialak izango duen eragina ulertu ahal izateko. Egia esan, guzti hau ez da bat ere berria; orain 60 bat urte hasi bait zen landareen argiztapen artifiziala erabiltzen, baina egia da ere gauza berria izango dela oraindik jende askorentzat. Euskal Herrian azkar ari dira ugaltzen laborantza intentsiboak eta berotegiak azken urteotan eta baliteke aurrerantzean argiztapen artifizialak toki egitea hemen ere. Hemen-dik aurrera barretzetan farolak landatu behar direnik ez dugu esan nahi, baina berotegietako zenbait laboretarako argiztapen artifiziala interesgarria da ez bairik gabe.

Nekazaritza Industrial delakoa agertu denetik, gi-

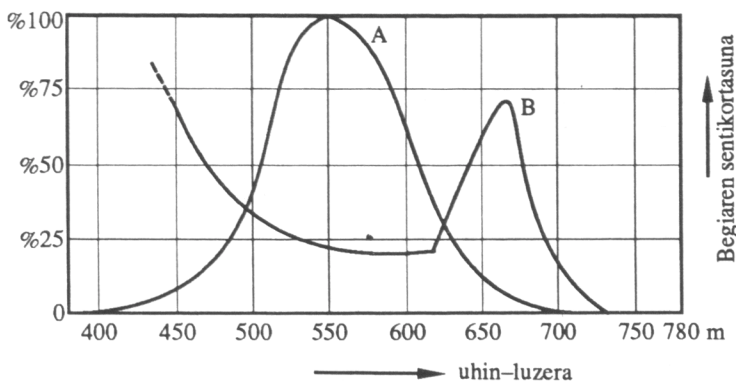


Erradiazio kosmikoen espektroa eta espektro ikuskorra.

zakiak bide guztiak erabili ditu landareen garapen naturala aldatzeko, loraketan eragiteko, landare eta fruituen kalitatea hobetzeko, haziera azkarragotzeko eta baita uzta biltzeko eta ondorioz produktua saltzeko epeak eta garaiak aldatzeko ere, beti ere errenta-

garritasun ekonomikoa azken helburu izanik. Urte osoan zehar nahi da laboratu kontrolpeko baldintzatan, naturaren zikloak eta sasoiak gaintuz. Sareak, plastikoak eta kristalak erabiltzen dira laborelurrak edota baratzak estaltzeko: berotegiak dira.

Berotegien bidez tenperatura eta ureztapena oso erraz kontrolatzen dira. Baina bidea ez da hor amaitu. Hortik abiatutako gainerako faktore guztiak kontrolatzen dira gaur egun produkzio-sistema itxi bilakatu diren goi-mai-



Giza begiaren sentikortasun-kurba (a) eta fotosintesi-kurba (b)

lako berotegietan, fabrika berde izena ematen zaizalirik.

Landareen haziera-faktoreen artean argiztapena erabakiorra da; argiak parte hartzen bait du landarearen ernaketan, garapenean, loraketan eta fruitu-ematean. Baratzantzenaren industrian berezko argia –eguzkia– eta argi artifiziala elkarrekin erabiltzen dira. Beraz, argiturri desberdinak, luminariak eta argiztapen-sistema desberdinak produkzio-prozesuaren osagai dira; ura, tenperatura, ongarriak etab. diren bezainbeste.

Argiak oinarritzko hiru prozesuren bidez eragiten du landaretan: fotosintesi, fotomorfogenesi eta fotoperiodismoaren bidez, hauetako bakoitzaren garrantzia landare bakoitzaren fisiologiaren arabera aldatzen delarik.

FOTOSINTESIA

Jakina denez, landareek konposatu organikoak eta oxigenoa ekoizten dituzte ur eta karbono(IV) oxidotik (konposatu inorganikoetatik alegia) abiatuturik, baina horretarako argia behar dute energi iturri gisa erabiltzeko. Argi-energia zurgatzen dute landareen

pigmentuek (klorofila) eta airean dagoen ura eta CO₂-a karbohidrato bihurtzen dute erreazio fisikokimikoen bidez. Prozesu metaboliko horri fotosintesi deritzen. Horren bidez eta lurretik hartzen dituzten gatz mineralak eskuratzen dituzte landareek hazteko eta garatzeko beharrezko elikagaiak.

Fotosintesia irradiazioaren iraupenarekiko eta argi-fluxuarekiko proportzionala da asetasun-punturaino. Puntu hau desberdina da landareen arabera. Gainera, argiaren konposizio espektralarekiko sentikorra da fotosintesia eta landareek ez dute giza begiak duen sentikortasun berdina argiaren uhin-luzera desberdinekiko, hau da, ez dute guk bezala “ikusten”. Giza begiaren sentikortasuna uhin-luzera desberdinekiko kurba batean adierazten da, kurba horrek 555 nm-ko uhin-luzerarako gailurra duelarik (argi hori-berdeska). Landare bakoitzak ere badu bere sentikortasun-kurba. Landare desberdin asko aztertu ondoren, landareen batezbesteko sentikortasun- edo fotosintesi-kurba kalkuatu da. Kurba honek 675 nm-ko uhin-luzerarako (argi gorria) du gailurra.

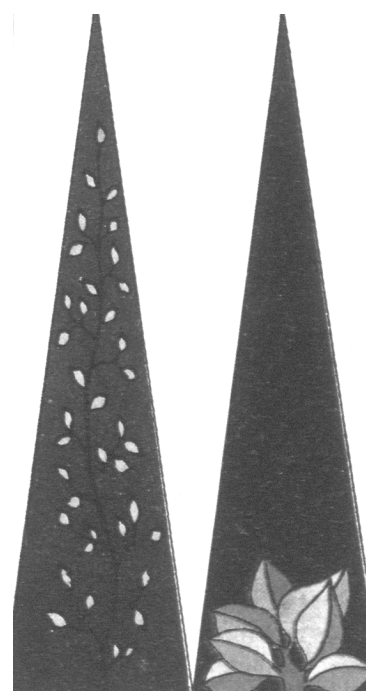
Landareak zurgatzen duen CO₂-aren kopurua argiaren uhin-luzeraren arabera da. Hori horrela izanik, argiztapen artifizialerako lanpararik eraginkorrena energia guztia 675 nm-tan igortzen duena izango litzateke, baina ez dela horrela gertatzen frogatu da. Horren zergatia fotomorfogenesiak argituko digu.

FOTOMORFOGENESIA

Argiaren espektroaren konposizioak landarearen garapen eta itxurari eragiten dio. Fenomeno horri fotomorfogenesi deritzen. Ikerketek frogatu dutenez, erradiazio ultramoreak eragin kaltegarria du landarean (hau ez bait da behar bezala hazten), hostoak handiagotu egiten dira eta landarea zabaldu egiten da, baina gorantz hazi gabe. Beste muturrera joanez, erradiazio infragorriak ez du ia eraginik landarearen

garapenean, bero-efektua ez bada. Beraz, landarearen garapenean, espektro ikuskorrek hartzen duen uhin-luzeren sortak baino ez du eragin positiborik. Esan nahi bait da, fotosintesia espektro ikuskor osoan zehar gertatzen dela. Esandakoaren lehenengo ondorioa begibistakoa da: argiztapen orokorrerako diseinatutako lanparek landareen hazkuntza kontrola dezakete.

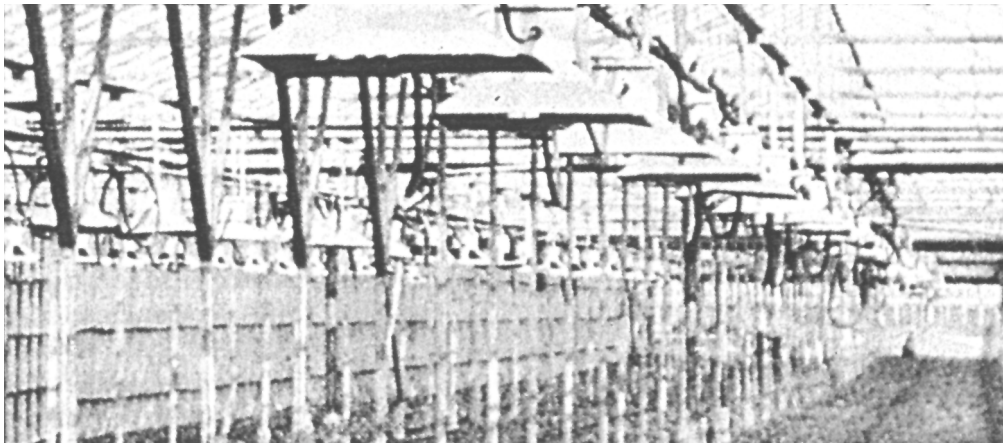
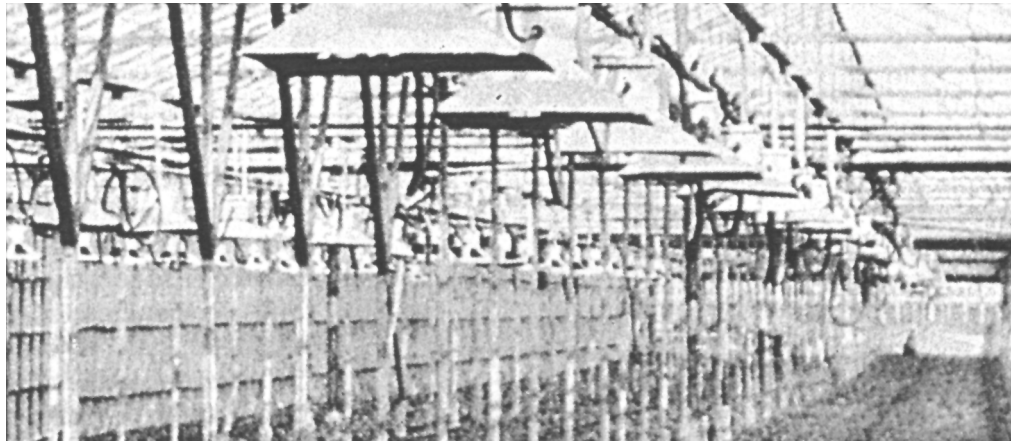
Frogatuta dago erradiazio gorriak karbohidratoen produkzioa sustatzen duela eta erradiazio urdinak berriz, proteinen metatzea. Zenbait landare egindako ikerketetan ikusienez, argi gorriaz argiztatuz gero landareak hosto txikiak eta zurtoin luze-egiak eratzen ditu; argi urdinaz berriz, landarea txapar hazten da eta argi-iturrirantz zuzentzeko joera du. Beraz, argi-espektro orekatua behar da. Argi-iturriaren espektroak



Landareen garapen-mota desberdinak: a) argi gorripean, b) argi urdinpean.

Argiztaturiko
berotegia. Á

Á



landarearen fotosintesi-kurbaren zenbat eta antz handiagoa izan, orduan eta emaitza hobeak lortuko dira.

FOTOPERIODISMOA

Egunaren eta gauaren luzera erlatiboari landareak ematen dion erantzun fisiologikoa da fotoperiodismoa. Landareak argitasuna behar du, baina iluntasuna ere behar du soberan hartutako CO₂-a atmosferara itzuli ahal izateko. Landareek erloju biologiko bat daukate eta

horren bidez loraketa-unea aurrezarrira dute gauaren iraupenaren arabera. Zenbait landaretan, egunak halako iraupenak duenean soilik ematen zaio hasiera loraketa-prozesuari. Aldiz, beste landaretan, egunaren iraupena aski laburra denean soilik hasiko da. Halaber, egunaren laburtzeak aldaska berrien haztea geraraziko du zurezko landareetan edo, alderantziz, tuberkuluen eratzea sustatuko du; patatak eratzea adibidez.

Loraketa noiz gertatzen

denaren arabera sailkatzen dira landareak: egun luzekoak, egun laburrekoak eta egunarekiko neutralak izan daitezke. Esate baterako, egun laburreko landare batean, urrelilia kasu, iluntasun-epe aski luzeak landarearen loraketa ekarriko du. Ezkialorea berriz, egun-argiaren iraupenak balio kritiko bat gainditzen badu, eta orduan soilik, loratuko da. Azkenik, loratzeko egunaren eta gauaren luzeraren menpe ez dauden landareak ere badaude; tomateak adibidez.

ARGIZTAPEN ARTIFIZIALAREN APLIKAZIOAK

Lehen esandakoa go-goan, argiztapen artifizialak baratzantzan izan ditzakeen bi erabilpen nagusiak berehala antzematen dira:

- 1) Argi-energi gehigarria ematea, urtearen garairik ilunenean landarearen hazkuntza gehigarri bat lortzeko, hots, *fotosintesarako argiztapena*.
- 2) *Argiztapen fotoperiodikoa*, loraketa-garaia kontrolatzeko; hain zuzen ere gaur egun gehien erabiltzen den aplikazioa.

Aurreko bi aplikazioez gainera, badago egon besterik: argiztapen “fotosintetikoa” lokal itxitan, eguzkia erabat ordezkatzeko, baina arrazoi ekonomikoek (garestia da) ondoko baldintza bat edo

batzuk betetzen direnean soilik erabiltzera mugatzen dute:

- Irradiazio-maila apala baino ez dute behar
- Temperatura handia behar dute.
- Azkar hazten dira, espazioa denboraldi laburrean baizik hartzen ez dutelarik.

- Txikiak dira.
- Salneurri handia dute, dagokien urtarotan biltzen ez direlako.
- Argi txikiko neguko hilibeteetan landatu behar dira.

Hortaz, argi naturalaren erabateko ordezkapena, erraboilak azkar hazterazteko, ereiteko patataren er-

neketa kontrolatzeko eta haziak eta aldaskak errezatzeko soilik erabiltzen da.

Bestetik, argiztapen zientifikoa dugu, landareen hazierari buruzko ikerketetan erabiltzen dena (oso argiztapen-maila handiak erabiltzen dira) eta azkenik, barruko landareak, hau da, eguzkia ikus-

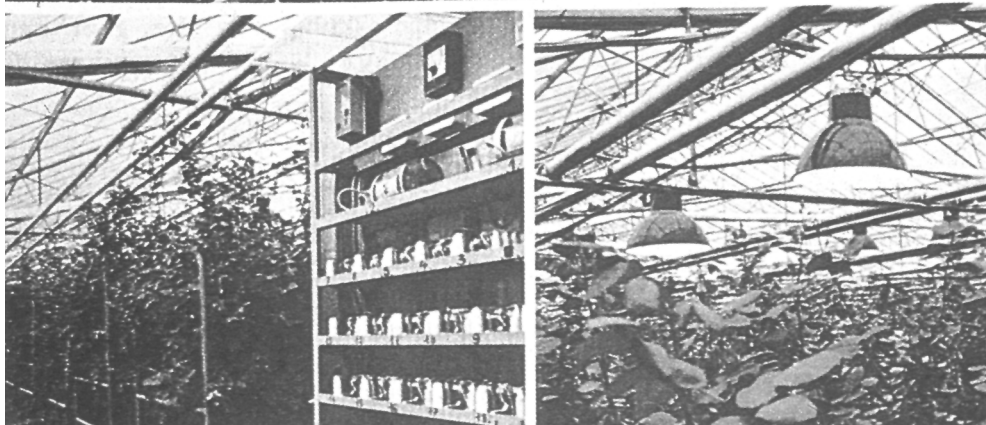
ten ez dutenak, argizatzea helburu duena, haien barnean akuarioko landareak sartzen direlarik (ur-landareen garapena laguntzeko, ondorioz uretako oxigenoaren kontzentrazioa gehituz eta gas karbonikoa sortzea galeraziz, arrainei arnasa hartzea errazteko).

Fotosintesisirako argiztapena

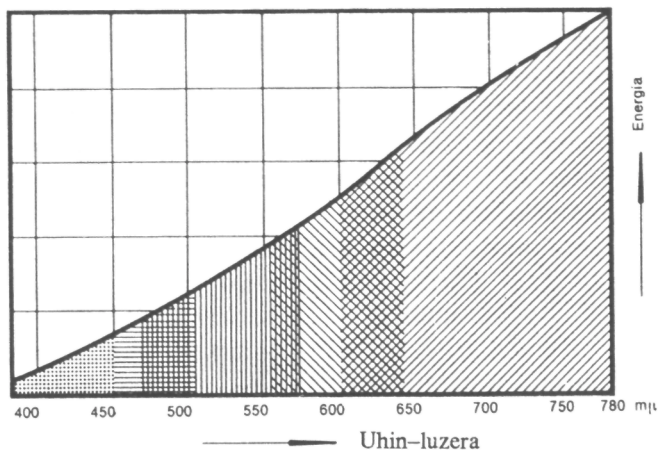
Urte osoan zehar loreak, lorontzitarako landareak eta barazkiak produzitu ahal izateko, barazantzak eta lorazantzak eguzkikolektoreak erabiltzen dituzte, hala nola plastikozko tunelak eta plastikozko edo kristalezko berotegiak. Hauetan, ureztatze-sistemak, haizemaileak eta bestelako tresnak erabiltzen dira produkzio gehigarria lortzearren. Zenbait kasutan sistemak oso sofistikatuak dira, landareen hazierafaktore guztiak ordenadorez kontrolatuz. Faktore guztiak, argiztapena ezik.

Egun-argiak urte osoan zehar eragiten dio produkzioari. Udaberri betean, udan eta udazkenaren lehen partean egun-argia aski ohi da produkzio-maila mantentzeko. Baina urtearen gainerako egunetan egunak biziki laburtzen direnean, produkzioak behera egiten du, oro har, neguko produkzioa udakoaren herena delarik. Beraz, argi gehigarriak fotosintesi-prozesua hobetu eta zabaldu egingo du berotegian, urteko produkzio-maila jasoz.

Ongi aukeratutako lanparak eta horretarako



Argiztaturiko berotegia.



Goritasun-lanpararen kurba espektrala

diseinatutako luminariak erabiliz, egun laburrak luzatu egiten dira behar diren argiztapen-orduak lortu arte. Argiztapen artifiziala erabiliz eta labore-mota, landarea eta latituden arabera, %30 eta %40 bitarteko gehigarria lor daiteke neguko produktio standardarekiko. Honelako sistema erabiltzen da adibidez aldaskak produzitzeko, lorontzi-tarako landareetan, lora-gintzan, zuhaitz eta barazkietan, produkzio-zikloak laburtuz eta landare indartsuagoak emanez.

Fotosintesarako argiztapen-maila beharrezkoa, landare beraren arabera da (*irradiantzia* deritzen magnitude erradiometrika erabiltzen da hura neurtzeko, eta metro karratuko miliwattetan adierazten da). Landare desberdin askoren energi-balio beharrezkoak esperimendazio bidez jakin dira. Ohizko balioak 5.000 eta 20.000 mW/m² bitartean daude. Balio erradiometrikorik horiek magnitude fotometrikotan jarritz gero 2.000 eta 9.000 lux bitarteko argiztapena behar da (*argiztapena* argia neurtzeko erabiltzen den magnitude bat da, honela

definituta: azalera-unitateko hartzen den argi-fluxua. Beraren unitatea *luxa* da: 1 lux = 1 lumen/m²).

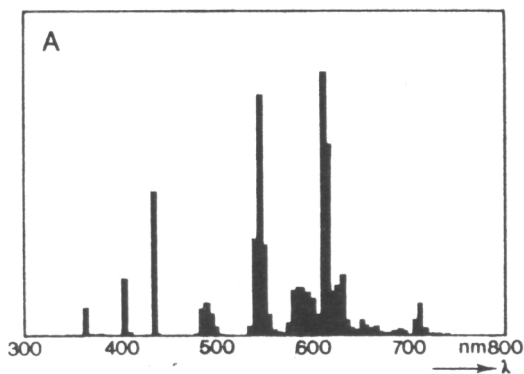
Argiztapen-maila horiek lortzeko batez ere deskargazko lanparak erabili ohi dira; halogenuro metalikozkoak eta goi-presioko sodio-lurrinezkoak nagusiki. Zergatik lanpara horiek eta ez etxeetan egoten diren bezalakoak, hau da, goritasunezkoak edo fluoreszenteak? galdera egin daiteke. Arrazoia ez da teknikoa; ekonomikoa baizik. Goritasunezko lanparen argi-efizientzia wateko 15 lumen ingurukoa den bitartean (lanpara baten *argi-efizientzia* honela definitzen da: lanparak ematen duen argi-fluxuaren eta zurgatzen duen potentzia elektrikoaren arteko zatidura), halogenuro metalikozko edo sodio-lurrinezkoena 80 eta 100 lumen/W ingurukoa da hurrenez hurren. Honek zera esan nahi du: argiztapen-maila berdina lortzeko, goritasunezko lanparez 5,5 aldiz edo handiagoa izango litzatekeela Iberdueroren faktura. Gainera, goritasunezko lanparen batezbesteko

iraupena besteena baino askoz txikiagoa da. Bestetik, lanpara fluoreszenteen argi-efizientzia handia da, halogenuro metalikozkoena bezalakoena, baina potentzia txikiagoak dira, 65 W gehiezin, besteetan 400 W-eko lanparak erabili ohi diren bitartean. Honek zera esan nahi du: fluoreszenteak jarritz gero lanpara-kopu-

behar direnean eta lanpara fluoreszenteak ere erabiltzen dira altuera txikiko lokaletan, funtzionamendu-tenperatura txikia eta argiaren banaketa oso uniformeak dutelako.

Beraz, badakigu zein motatako lanparak erabili, baina hauen arteko ez edozein; baizik eta energia gehiena 400 eta 700 nm bitarteko uhin-luzeran ematen dutenak aukeratu behar dira, landareen fotosintesi-kurbari dagokiona hain zuzen. Bestalde, landarearen hazierarik onena lortzeko gainerako faktoreek, hala nola tenperatura, hezetasuna, ongarririk etab, irradiazio-maila eta denborari egokituta egon behar dute.

Azkenik, ez da nahikoa lanpara egokia izatea. Lanparak ematen duen argia



Lanpara fluoreszentearen kurba espektrala

ria 6 aldiz handiagoa izango litzatekeela, hau da, instalazioa garestiagoa. Gainera, fluoreszenteen dimentsioak handiak dira eta erabiltzen duten erre-flektorea are handiagoa, argi naturala berotegira sartu eta landareetara iristea eragozten dutelarik.

Dena den, esan beharra dago goritasunezko lanparak erabiltzen direla irradiazio-balio txikiak

ahalik eta erarik uniformeanean banatu behar da. Berotegietan altuera oso handia ez dela izaten kontutan harturik, luminaria bereziak behar dira (lanparak igortzen duen argi-fluxua argiztatu beharreko azalera bideratu eta banatzen duten aparatuek dira luminariak), hedatzaile motakoak, uniformitatez zabalean lortzearen ahalik eta lu-

minaria-kopuru txikiarenekin.

Instalatu beharreko potentziaren ideia izateko, aukeratutako argiztapen-mailaren arabera, goipresioko sodio-lurrinezko lanparak erabiltzen direnean 15 eta 150 W/m²-ko potentzia instalatu ohi dela esan daiteke (pepinoak, tomateak, arrosak, krabelinak), halogenu metalikoekin 150 W/m² inguru (urrazak) eta goritasunezko lanparekin 25 W/m² (urreliliak).

Argiztapen fotoperiodikoa

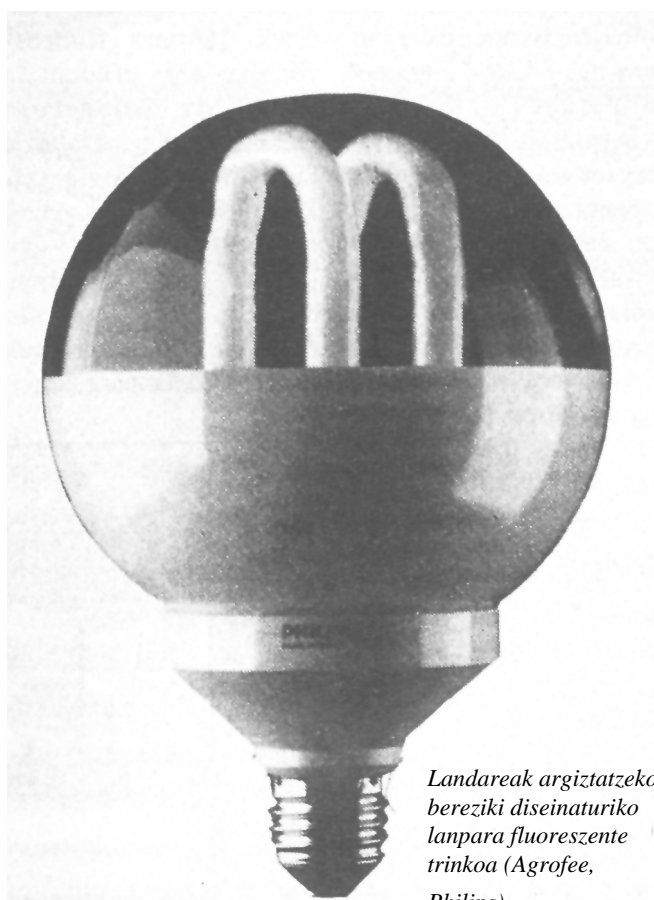
Landarean dagoen fitokromoaren bidez kontrolatzen da loraketa-prozesua gauaren iraupenaren arabera. Fitokromoaren maila balio eragileraren iristen denean, landarearen statusa begetatibo izatetik generatibo izatera igaroko da eta pipilak, loreak edo haziak garatzen hasiko dira. Prozesu hau erabiltzen da loraketa-unea kontrolatzeko. Horrela, urte osoan zehar produzitu egiten da urtaroari dagoen egun-argiaren menpe egon gabe.

Prozesu hau abiarazteko landarearen zenbait hormonaren gain baizik ez da eragin behar, ondorioz argiztapena energi maila txikiaz egitea aski delarik. Lore eta lorontzitarako landare gehienek aski dute 50 eta 100 lux bitarteko argiztapenaz prozesua abiarazteko, hau da, argi naturalaren irradiazio-maila baino askoz txikiagoa.

Bi sistema erabil daitezke argiztapen foto-

periodikorako: egun-argia luzatzea ilusentian argiteria konektatuz nahikoa argi-ordu lortu arte, edo bestela gauean pizte zikloak egitea, landareak argiztapen jarraia bailitza jokatu duelarik. Adibidez, berotegia hiru zatitan banatu eta lanparak 10 minutuz piztuz aldizka, berotegi-heren bakoitzean 10 minutuko argialdia eta 20 minutuko ilunaldia

dago, baina ikusi ahal izan denez landareak ez du hain zorrotz jokatzen horretan eta espektro ikuskorraren gainerako esparruekiko ere sentikorra da. Argiztapen-maila txikia eta irradiazio gorria behar izanik, goritasunezko lanparak erabil daitezke (ikus irudian goritasunezko lanpararen kurba espektrala), baina espektroaren beste esparruekiko ere



Landareak argiztatzeko bereziki diseinaturiko lanpara fluoreszente trinkoa (Agrofee, Philips)

txandakatuz. Horrela energia asko aurrezten da eta aldi berean landareari ez zaio uzten fitokromo-maila eragileraren iristen, argiztapen jarraien eragin berdina lortuz. Sistema hau oso emankorra da marrubiekin adibidez.

Prozesu fotoperiodikoa abiarazteko argi-espektro eragilea gorrian kokatuta

sentikorra dela kontutan izanik, azken urteotan argi-efizientzia handiagoko lanparak erabiltzen ari dira; lanpara fluoreszente trinko berriak (ikus irudian lanpara hauen espektroaren banaketa) hain zuzen.

Lanpara hauekin energia asko aurrezten da (%80 eta gehiago goritasunez-

koekiko) eta batezbesteko iraupena ere 8 aldiz handiagoa da. Gainera, frogatuta dago lanpara hauek erabiliz lore motzagoak, indartsuagoak, kalitate hobegokoak eta, beraz, balio handiagokoak lortzen direla, goritasunezko lanparek –argi gorriagatik– eragiten duten zurtainen demaseko luzatzea gertatzen ez delako.

Bukatzeko, eta laburtzeko, ondorio gisa honako hau esan liteke:

- Landareen argiztapen edo irradiazio artifiziala oso tresna eraginkorra izan daiteke baratzantzian.
- Teknika hau ez da berria, baina denboran zehar esperientzia handia metatu da eta oso hobetu da.
- Argiztapen artifizialaz emaitza arrakastatsuak lor daitezke laboreetan. Baita porrot galantak ere; landare bakoitzak desberdin jokatzen bait du eta parametro asko hartu behar dira kontutan errentagarritasuna ziurtatzeko bada.
- Gaur egun futbol-zelai bat, erakusketa-areto bat edo errepede bat argiztatzeko alde aurretik proiektua egiten den bezala, berotegiak argiztatzeko ere egiten dira proiektuak. Eta inor interesaturik balego, proiektu bat eskatu baino lehen, horrelako instalazioak dauden tokira joan, ikusi eta galde egin dezala, baserritar fidakaitz jatorrak egingo lukeen bezala.