

პოლიმერ დისპერსიული თხევად კრისტალური (PDLC) ფირის როგორც სათბურის საფარი მასალის გამოყენება გარი მარკარიანი

რეზიუმე

დღესდღეობით დანამდვილებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ყველაზე მარტივ და პატარა სათბურშიც კი გამოიყენება მცირეოდენი ავტომატიზაცია, არაფერი რომ ვთქვათ მსხვილ საწარმოებზე. მაღალი დონის ავტომატიზაცია მიიღწევა სისტემაში არსებული ყველა კომპონენტის ხარჯზე, ყველა ცალკეულმა კომპონენტმა უნდა შეასრულოს თავისი ფუნქციამოვალეობა ხარვეზების გარეშე. საიმედო სისტემას ყოველთვის გააჩნია რეზერვული გზები ამა თუ იმ კომპონენტის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში.

ელექტრონული კომპონენტების ზრდასთან ერთად რა თქმა უნდა იზრდება ენერგომოხმარებაც, შეიძლება ითქვას, რომ ეს არის უმნიშვნელოვანესი ფაქტორი, რომელიც ახდენს საბოლოო პროდუქტის ფასის ფორმირებას.

კონკურენტუნარიანობის შესანარჩუნებლად ნებისმიერი აგრო-საწარმო ცდილობს შესთავაზოს ბაზარს პროდუქცია, რომელიც გაუწევს კონკურენციას სხვა იგივე ტიპის პროდუქტებს, ფასის და ხარისხის მხრივ. შესაბამისად, ერთ-ერთი პირველი საზრუნავი აგრო-საწარმოსთვის არის მაქსიმალურად ენერგო-ეკონომიური წარმოების შექმნა, რაც არა მარტო დადებითად აისახება კომპანიის ბიუჯეტზე, არამედ ასევე კიდევ ერთი წინ გადადგმული ნაბიჯია, ბუნებრივი რესურსების შესანარჩუნებლად.

ნებისმიერი ენერგორესურსების გამოყენების შემცირება ნიშნავს პირველ რიგში მათ სწორ მოხმარებას და სათბურის ისეთი სისტემის აგებას, რომელიც მაქსიმალურად სასარგებლოდ გამოიყენებს გარე კლიმატურ პირობებს. სათბურისთვის ყველაზე მთავარ გარე კლიმატური ფაქტორს, რომელიც ქმნის სხვა კლიმატურ პირობებს, რა თქმა უნდა, წარმოადგენს მზე. როგორც ვიცით, მზის ენერგია უმნიშვნელოვანესია მცენარეებისთვის, მისი უკმარისობისას ნელდება მცენარეებში ძირითადი ზრდის პროცესები, ხოლო მისი მეტობისას, სულაც კი შეიძლება მცენარის დაზიანება.

ძირითადი ენერგია სათბურებში განათებაზე, გათბობაზე და გაგრილებაზე იხარჯება, სხვა მიკროკლიმატის პარამეტრებს, როგორც არის მაგალითად CO₂ და ტენიანობა,

ენერგეტიკული დანახარჯის მესამედიც კი არ სჭირდება. რა თქმა უნდა, ზუსტი ენერგეტიკული დანახარჯების მაჩვენებელი დამოკიდებულია გეოგრაფიულ ადგილმდებარეობაზე და კონკრეტულ მცენარეულ კულტურაზე.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, საჭიროა მაქსიმალურად ეფექტურად გამოვიყენოთ მზის ენერგია, რათა შევამციროთ ხარჯები ენერგომომხმარებაზე. ტრადიციულ მიკროკლიმატის ავტომატიზების სისტემებში აღნიშნული ფაქტორი რეგულირდება ელექტრო-ჟალუზების ან ფარდების მეშვეობით, რითაც ხდება დაჩრდილვის რეგულირება, მზის სხივები გადიან სათბურის ზედა საფარს და აღწევენ შიდა, დაჩრდილვის კონსტრუქციას. დაჩრდილვის კონსტრუქციის მდგომარეობიდან გამომდინარე, ხდება მზის სხივების არეკლვა და ნაწილობრივი შთანთქმა.

აღნიშნულ დაჩრდილვის მეთოდს გააჩნია რამოდენიმე უარყოფითი მხარე, პირველ რიგში ის, რომ მისი დაჩრდილვის მახასიათებლები უცვლელია, მას გააჩნია ფიქსირებული მზის ენერგიის გამტარუნარიანობა, არეკლვის და შთანთქმის კოეფიციენტი, მისი გამოყენება ან შესაძლებელია და ან არა. შესაბამისად, ასეთი ტიპის დაჩრდილვის მეთოდი შეიძლება იძლეოდეს მაქსიმალურ ეფექტურობას მხოლოდ და მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მზის ინტენსიურობა ზუსტად ისეთია, რაც აღნიშნული დაჩრდილვის კონსტრუქციის პარამეტრებს შეესაბამება ისე, რომ მცენარემდე მოდის ზუსტად იმდენი ენერგია, რამდენიც მას სჭირდება, კონკრეტული მცენარეული კულტურისა და ამ კულტურის კონკრეტული „ასაკიდან“ გამომდინარე. რა თქმა უნდა გასაგებია, რომ ასეთი მეთოდით, ამდენი პარამეტრების შენარჩუნება პრაქტიკულად შეუძლებელია, რადგანაც ყველა ამ ჩამოთვლილი ფაქტორის გათვალისწინებით, ზუსტი ბუნებრივი განათების მიღება შეიძლება მოხდეს მხოლოდ წელიწადის გარკვეულ პერიოდში, და ისიც დღის გარკვეულ დროს, სულ მცირეოდენი ხნით.

ყველა სხვა შემთხვევაში, მცენარე იღებს ან მეტ, ან ნაკლებ განათებას, და საჭიროა მეტი დრო. უმეტეს დროს სათბურის მიკროკლიმატის ავტომატიზირებულ სისტემას ევალება დააბალანსოს მიკროკლიმატის პარამეტრების აცდენა, ხდება გათბობის, განათების და გაგრილების ჩართვა, რაც ცხადია გამოიწვევს დამატებით ენერგომომხმარებას. გარდა იმისა, რომ აღნიშნული დაჩრდილვის კლასიკური მეთოდი არ იძლევა მაქსიმალურ ეფექტურობას უმეტესი დროის მანძილზე, ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს, რომ მოცემული დაჩრდილვის სისტემა განლაგებულია სათბურის შიდა ნაწილში და მიუხედავად იმისა თუ რა მასალისგან არის დამზადებული, რა არეკლვის მახასიათებლები აქვს, ყველა შემთხვევაში გარკვეული მზის ენერგიის შთანთქმის შედეგად, შთანთქმის მაჩვენებლის დიაპაზონი, როგორც წესი, შეადგენს 8-15%, იგი გაცხელდება და შემდგომ მოხდება ამ სითბოს გავრცელება სათბურის შიდა ნაწილში, რის შემდეგაც მოხდება ტემპერატურული პარამეტრების ცვლილება, გახდება საჭირო სათბურში ტემპერატურის დაგდება, ჩაირთვება გაგრილების სისტემა, ან გარე, დაბალ ტემპერატურის მქონე ჰაერის შეშვება, რაც, ცხადია, ისევ აისახება ენერგომომხმარებაზე და მიკროკლიმატზე.

აქედან გამომდინარე ჩანს, რომ დღეისათვის არსებულ სათბურში მიკროკლიმატის ავტომატიზაციის სისტემები და კონკრეტულად კი დაჩრდილვის მეთოდები არ იძლევიან სრულყოფილ შედეგს, რის გამოც ხდება მუდმივი დამატებითი კომპონენტების გამოყენება, რათა მოხდეს საჭირო მიკროკლიმატის შენარჩუნება. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ ერთი პარამეტრის აცდენის შედეგად, მაგალითად, ტემპერატურის მატებასთან ერთად, მოხდება ასევე სხვა პარამეტრების ცვლილებაც, შეიცვლება ტენიანობის კონცენტრაცია, ხოლო ტემპერატურის დაბალანსებისთვის საჭირო იქნება ან გარე ჰაერის შეშვება, ან გაგრილების გამოყენება. ამ ეტაპზე უკვე ირღვევა საჭირო მიკროკლიმატი, შემდგომ გარე ჰაერის შეშვების შედეგად, თუ ეს ვარიანტი არის მისაღები, დაირღვევა ტენიანობის და CO₂ კონცენტრაცია, ამის შემდეგ სისტემამ ისევ უნდა დახარჯოს ენერგორესურსები, რათა მოხდეს სასურველი მიკროკლიმატის პარამეტრების შენარჩუნება, გაგრილების სისტემის ჩართვაც რა თქმა უნდა გამოიწვევს ელექტროენერჯის მოხმარებას.

წარმოდგენილ სტატიაში შემოთავაზებულია სათბურებში ბუნებრივი განათების დაჩრდილვის ახალი მეთოდი, რომელიც უფრო ზუსტად და ეფექტურად განახორციელებს ბუნებრივი განათების რეგულირებას, ასევე მისი გამოყენებით ნაკლებად გაცხელდება სათბურის შიდა ნაწილი, აღნიშნული მეთოდის საშუალებით შესაძლებელი გახდება სათბურში ბუნებრივი განათების ზუსტი და სეგმენტური მართვა.

სტატიაში განხილულია ელექტრონული ტონირების ფირის გამოყენების, როგორც ალტერნატიული დაჩრდილვის მეთოდის თვისებები და მოყვანილია შედარება სხვა სათბურის საფარ მასალებთან. ნაჩვენებია, რომ ბუნებრივი განათების რეგულირება ელექტრონული ტონირების ტექნოლოგიის გამოყენებით ტრადიციულთან შედარებით უფრო ზუსტია და უზრუნველყოფს მაღალ ეფექტურობას და ენერგომოხმარების შემცირებას. დამატებითი ინფორმაცია იქნება გამოქვეყნებული სადისერტაციო ნაშრომში, სადაც იქნება მოყვანილი ეფექტურობის ამ მაჩვენებლებზე დაყრდნობით შემუშავებული დაჩრდილვის სისტემის მოდელი ელექტრონული ტონირების ტექნოლოგიის გამოყენებით, განხილული იქნება მუშაობის პრინციპები, შეიარჩევა შესაფერისი პროტოკოლები, ინტერფეისები და შემუშავდება მუშაობის ალგორითმი, რომლის მეშვეობითაც მოხდება სათბურის ცალკეული ნაწილების დამუშავება, ბუნებრივი განათების ინტენსიურობის რეგულირება.

საკვანძო სიტყვები: სათბური, სათბურის საფარი მასალა, პოლიმერ დისპერსიული თხევად კრისტალური ფირი, სმარტ შუშა, ჭკვიანი შუშა

დღეისათვის სათბურის დაფარვის მასალად ძირითადად გამოიყენება სამი მასალა, ხოლო ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია სპეციალური სათბურის ცელოფანი სისქით 100-200 მიკრონი, ფიჭური პოლიკარბონატი სისქით 4-6-8 მილიმეტრი და სხვადასხვა სისქის შუშა.

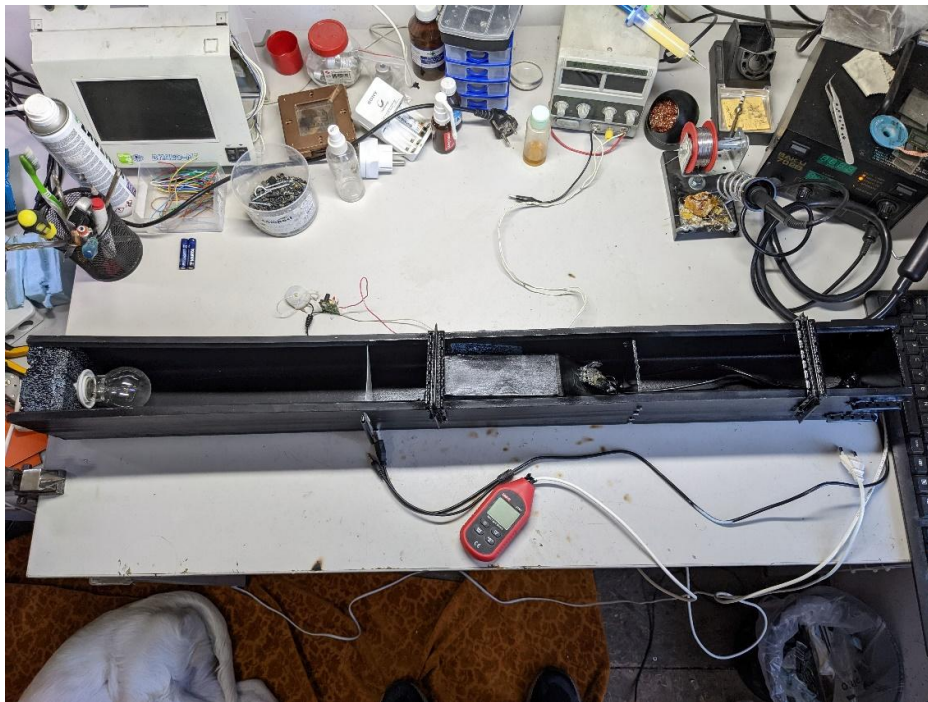
იმისათვის, რომ განვიხილოთ სმარტ-შუშების გამოყენება სათბურის დაფარვის მასალის სახით, საჭიროა აღნიშნული მასალების თვისებების შედარება.

ამ მიზნით ჩატარდა კვლევა, რომელშიც არის შედარებული სათბურის ცელოფანი 150 მიკრონი, ფიჭური პოლიკარბონატი 4 მმ და PDLC-ფირი.

კვლევა ჩატარდა ქ. თბილისში, ადგილმდებარეობა: თბილისის წყალსაცავის მიმდებარედ, ზუსტი ლოკაცია: 41.718129, 44.880107, თარიღი: 12.09.2022, დრო: 17:56. კვლევა ჩაავატარე მე, ნაშრომის ავტორი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დოქტორანტი გარი მარკარიანი

კვლევის განსახორციელებლად გამოყენებული იყო:

- განათების ინტენსიურობის საზომი მოწყობილობა - ლუქსმეტრი: UNI-T UT383;
- სპექტრომეტრი Thermano Spectrometer V3.1 და შემუშავებული საზომი, რომელშიც გამოიყენება განათების დეფრაქციული გისოსი, ვებ-კამერა და კორპუსი განათების რეგულირების საშუალებით (სურათი)



სურათი.





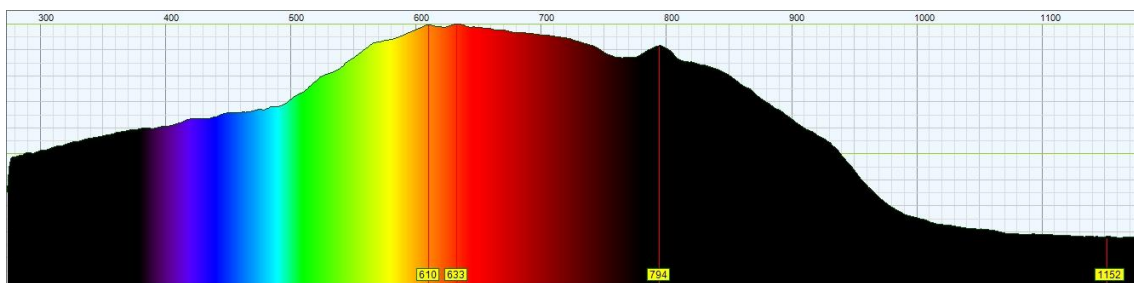
PDLC ფირი გათიშულ მდგომარეუბაში (დაბურული)



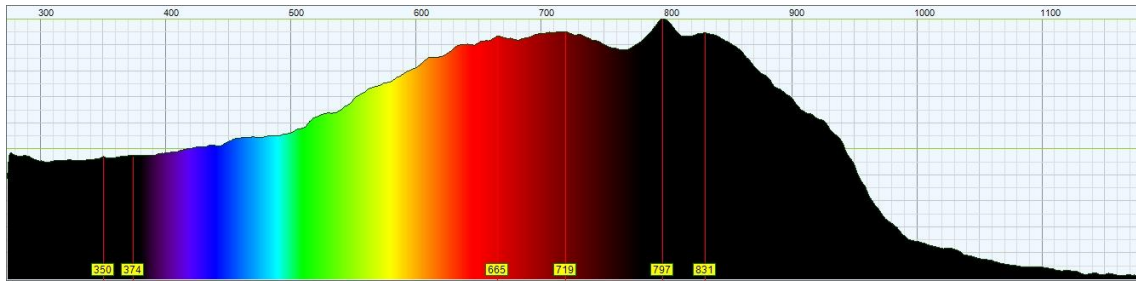
PDLC ფირი ჩართულ მდგომარეობაში (გამჭვირვალე)

კვლევა ისე იყო გათვლილი, რომ აღნიშნული მოწყობილობით ჯერ იყო გაზომილი პირდაპირი მზის სხივების განათება და სპექტრები, ხოლო შემდგომ დამონტაჟდა სხვადასხვა საფარები: სათბურის ცელოფანი, პოლიკარბონატი და PDLC ფირი და განხორციელდა აღნიშნული პარამეტრების დაფიქსირება

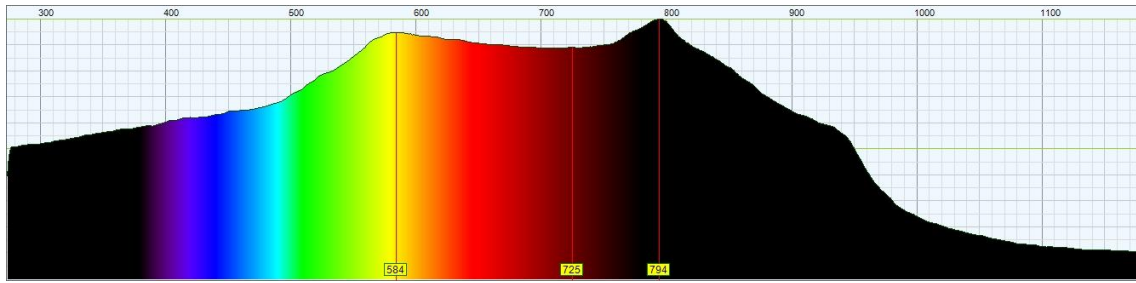
მაჩვენებელი 1: საფარის გარეშე (პირდაპირი მზის სხივები) - 48260 lux



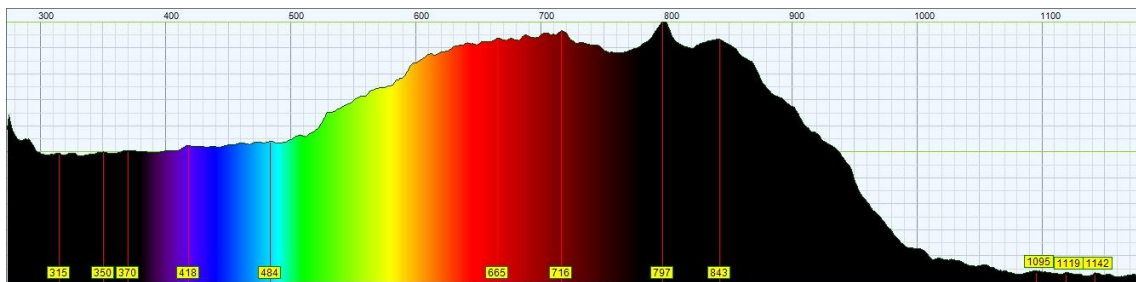
მაჩვენებელი 2: ფირი PDLC. მდგომარეობა - გათიშული (დაბურული) - 11430 lux



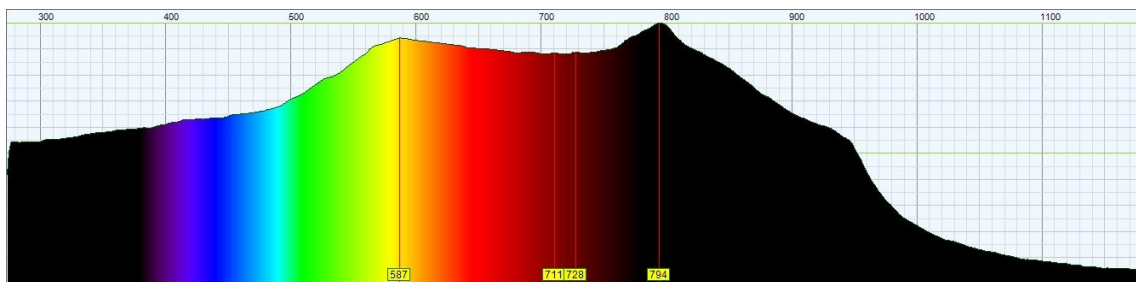
მაჩვენებელი 3: ფირი PDLC. მდგომარეობა - ჩართული (გამჭვირვალე) - 37200 lux



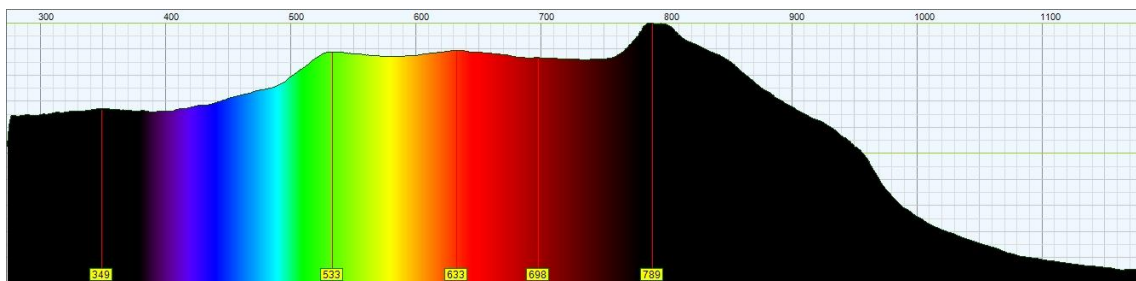
მაჩვენებელი 4: ორი ფირი PDLC. მდგომარეობა - გათიშული (დაბურული) - 7000 lux



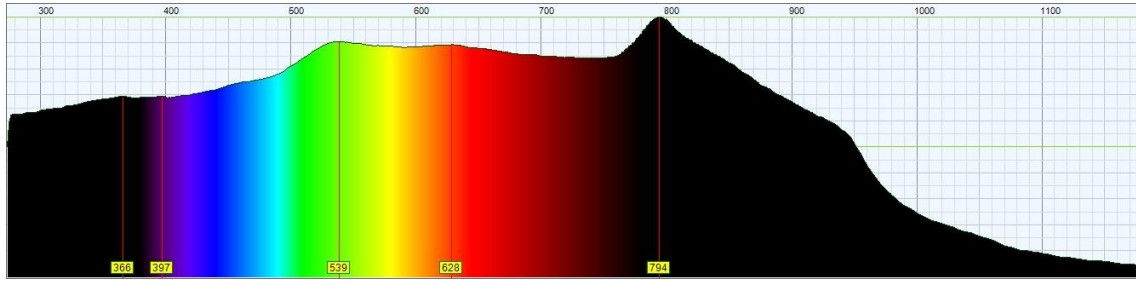
მაჩვენებელი 5: ორი ფირი PDLC. მდგომარეობა - ჩართული (გამჭვირვალე) - 28500 lux



მაჩვენებელი 6: სათბურის ცელოფანი - 27860 lux



მაჩვენებელი 7: ფიჭური პოლიკარბონატი 4მმ - 21210 lux



მონაცემების დალაგება საუკეთესო მაჩვენებლების მიხედვით:

პოზიცია	საფარი	ლუქსი
1	მზის სხივები საფარის გარეშე	48260
	შუშა	38608 - 44399
2	ფირი PDLC. მდგომარეობა - ჩართული (გამჭვირვალე)	37200
3	ორი ფირი PDLC. მდგომარეობა - ჩართული(გამჭვირვალე)	28500
4	სათბურის ცელოფანი	27860
5	ფიჭური პოლიკარბონატი 4მმ	21210
6	ფირი PDLC. მდგომარეობა - გათიშული (დაბურული)	11430
7	ორი ფირი PDLC. მდგომარეობა - გათიშული (დაბურული)	7000

აღნიშნული ცხრილიდან ჩანს, რომ PDLC-ფირს ჩართულ (გამჭვირვალე) მდგომარეობაში აქვს უკეთესი მაჩვენებელი ცელოფანთან და პოლიკარბონატთან შედარებით.

რაც შეეხება სპექტროგრამების შედარებას, ის უნდა განხორციელდეს პირველ მაჩვენებელთან, სადაც ნაჩვენებია მზის განათების სპექტრების თანაფარდობა.

თუ ჩვენ შევადარებთ 1(მზე), 6 (ცელოფანი) და 7 (პოლიკარბონატი) მაჩვენებლებს დავინახავთ, რომ 6 და 7 სურათზე ხდება მცირეოდენი 560-700 ნანომეტრი სპექტრების ვარდნა, დანარჩენი დიაპაზონი კი მხოლოდ პროპორციულ ინტენსიურობით იკლებს.

მაჩვენებელი 1(მზე) და 3(ფირი PDLC. მდგომარეობა - ჩართული (გამჭვირვალე), 5 (ორი ფირი PDLC. მდგომარეობა - ჩართული (გამჭვირვალე)) შედარებით კი ჩანს, რომ ცვლილება მოხდა უფრო ვიწრო დიაპაზონში, დაახლოებით 630-700 ნანომეტრი და დანარჩენი

სპექტრების ინტენსიურობას უფრო დაბალი სხვაობა აქვს ცელოფანთან და პოლიკარბონატთან შედარებით.

რაც შეეხება მაჩვენებლებს 2 და 4, სადაც ნაჩვენებია ფირი PDLC, მდგომარეობა - გათიშული (დაბურული), ვხედავთ, რომ აღნიშნულ სურათზე მთლიანი სპექტრის დიაპოზონი გადაწეულია ულტრაწითელი სპექტრისკენ, ვინაიდან დაბურულ მდგომარეობაში ხდება სხივების გაფანტვა.

ეს ყველაფერი გვამღებებს საშუალებას, დანამდვილებით ვთვათ, რომ აღნიშნული მასალა შეიძლება გამოყენებულ იქნას სათბურის ზედაპირი საფარის სახით.

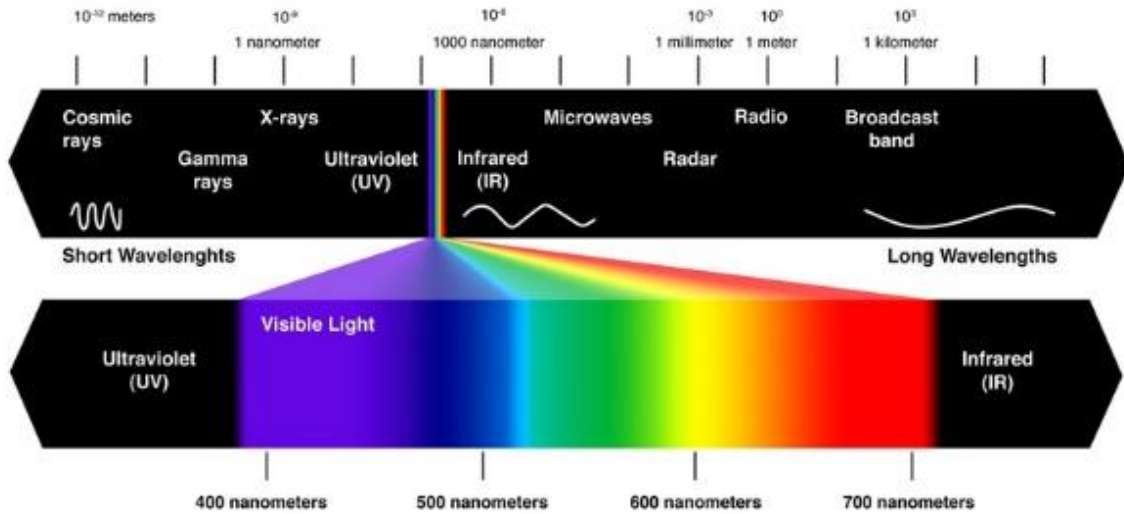
თუ დავხედავთ ცხრილს, სადაც ასევე არის ნაჩვენები დაბურულ მდგომარეობაში განათების სიმძლავრის მაჩვენებლები, ვნახავთ, რომ ერთ ფირს შეუძლია განათების სიმძლავრის დიაპოზონის 37200–11430 ლუქსი დარეგულირება, რაც ნიშნავს იმას, რომ მას შეუძლია საფარში შეღწეული განათების 70%-მდე დარეგულირება.

ხოლო ორი ფირის გამოყენებით ვმართეთ დიაპოზონი 28500-7000 ლუქსი, სადაც რეგულირების დიაპოზონი უდრის 75%. ვინაიდან ამ მეთოდის გამოყენებით მიღებულია მაჩვენებელი 28500 ლუქსი, რომელიც აღემატება მაჩვენებელ 3-ს, სადაც გამოყენებულია ცელოფანი 27860, ორმაგი ფირის გამოყენებაც რჩება აქტუალური, თუმცა კითხვის ქვეშ რჩება თუ რამდენად მიზანშეწონილია ორჯერ უფრო მეტი ფირის გამოყენება 5%-ანი სხვაობის გულისთვის.

სამწუხაროდ, კვლევის დროს გამოირჩა შუშის მახასიათებლების გაზომვა, თუმცა დღეისათვის ჩატარებულია ძალიან ბევრი კვლევა, საიდანაც შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ შუშის განათების გამტარუნარიანობა აღემატება ყველა ზემოთ აღნიშნულ მასალას. მისი გამტარუნარიანობა შეადგენს დაახლოებით 80-92%, რაც იმას ნიშნავს, რომ ჩვენს კვლევაში შუშის გამოყენების შემთხვევაში მივიღებდით მაჩვენებელს 38608 – 44399 lux

ზემოთ აღნიშნული მონაცემების საფუძველზე ჩანს, რომ აღნიშნული მეთოდი - PDLC ფირი შეიძლება გამოყენებული იყოს დაჩრდილვის მეთოდისთვის.

განათების სპექტრების მნიშვნელობა მცენარისათვის. როგორც ცნობილია, მზის გამოსხივება შედგება გარკვეული სიგრძის სპექტრული შემადგენლობის ტალღებისაგან. იხილეთ სურათი ტ



სურ. ტ

აღსანიშნავია, რომ თვალით ხილული სპექტრის დიაპაზონი შეადგენს 400-დან-700-ს ნანომეტრამდე. სხვადასხვა ტალღის სიგრძეს სხვადასხვა სიმძლავრე აქვს. რაც უფრო პატარაა ტალღა, მით უფრო მეტ ენერგიას შეიცავს იგი. როგორც ყველასთვის ცნობილია, ფოტოსინტეზი უმნიშნელოვანესი პროცესია მცენარეების ზრდისა და განვითარებისათვის, რადგანაც აღნიშნული პროცესის მეშვეობით გამოიმუშავება ორგანული ნივთიერებები, რომლებიც კვებავენ მცენარეს. ფოტოსინტეზისთვის საჭიროა ენერგია, წყალი და ნახშიროჟანგი. ენერგიას მცენარეები იღებენ განათების მეშვეობით.

- მცენარესთვის ყველაზე მნიშვნელოვანი განათების სპექტრებია წითელი (600-720 ნმ.) და ნარინჯისფერი (595-620 ნმ.). აღნიშნული სპექტრები შეადგენენ არა მარტო ფოტოსინტეზის საფუძველს, არამედ მოქმედებენ მცენარეში მიმდინარე პროცესების განვითარებაზე. მაგალითად, წითელი სპექტრის დოზირებით შეიძლება აყვავების პერიოდის კონტროლი, ასევე იგი ხელს უწყობს ფესვების სისტემის განვითარებას.
- ასევე ფოტოსინტეზის პროცესში პირდაპირ მონაწილეობას იღებენ ლურჯი და იისფერი განათების სპექტრები (490-380 ნმ.). ამის გარდა, მათი ფუნქცია-მოვალეობაა ცილის წარმოქმნა და მცენარის ზრდის სიჩქარის რეგულირება.
- ლურჯი სპექტრის სხივები პასუხს აგებენ ფოთლების განვითარებაზე, მცენარის ზრდაზე და ა.შ. აღნიშნული სპექტრის უკმარისობისას მცენარე იზრდება სიმაღლეში, იმისათვის რომ მიიღოს მეტი ლურჯი სპექტრის რაოდენობა, პიგმენტი, რომელიც პასუხისმგებელია მცენარის ორიენტაციაზე, ასევე მგრძნობიარეა ლურჯი სპექტრების მიმართ.

- გამოსხივება დიაპაზონით (315-380 ნმ) არ აძლევს მცენარეს სიმაღლეში ზრდის საშუალებას, და პასუხისმგებელია გარკვეული ვიტამინების სინთეზზე. ასევე ულტრაიისფერი სხივები აუმჯობესებენ სიცვიისადმი წინააღმდეგობას.
- ხოლო რაც შეეხება (565-490 ნმ.) ტალღების დიაპაზონს, მცენარე იყენებს მას, როდესაც მას აქვს სხვა ძირითადი სპექტრების უკმარისობა.

გარკვეული განათების დიაპაზონი მცენარეებში გარკვეულ პროცესებზე აგებს პასუხს, ამიტომაც ძალიან მნიშვნელოვანი იყო განხორციელებული PDLC ფირის სპექტრული ანალიზი, რათა გაგვეგოთ თუ რამდენად მისაღები იქნება მისი გამოყენება.

სპექტრული ანალიზის შედეგად ჩვენ მივიღეთ მონაცემები, საიდანაც ჩანს, რომ PDLC ფირი არ ახდენს განათების სპექტრების შთანთქმას და ტრანსფორმაციას სხვა სპექტრებში, ამიტომაც ახლა დარწმუნებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ აღნიშნული მეთოდის გამოყენება სასათბურე მეურნეობებში სავსებით შესაძლებელია.