

NÖVÉNYHÁZAK SZERKEZETE, ÉPÍTÉSE
Dr. SALLAI LÁSZLÓ főiskola docens
Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar
Növénytudományi és Környezetvédelmi Intézet



Megvilágítás erősségének befolyásolása 2. olvasólecke

Jelen tananyag a Szegedi Tudományegyetemen
készült az Európai Unió támogatásával

Projekt azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014

Időigény: 45 perc

Szegedi Tudományegyetem
Cím: 6720 Szeged, Dugonics tér 13.
www.u-szeged.hu
www.szechenyi2020.hu



SZÉCHENYI 2020

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



A mesterséges megvilágítással kapcsolatos legfontosabb követelmények:

- megfelelő *erősség*
- káprázatmentesség
- árnyékhatás
- a megvilágítás térbeli egyenletessége
- a megvilágítás időbeli egyenletessége (fénycső, villogás)
- kedvező színhatás
- gazdaságosság

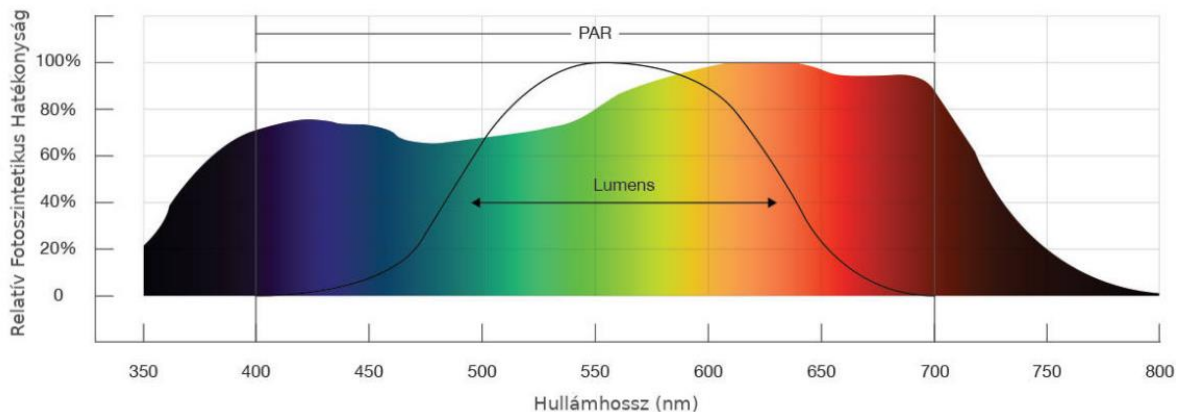
Fényáram:

Fényáram (f) vagy **fényteljesítmény** a fényforrásnak az emberi szem érzékelése alapján meghatározott sugárzási teljesítménye, az a fénymennyiség, amelyet a fényforrás az **időegység alatt** a térbe kibocsájt. Másképpen megfogalmazva:

A fényforrás által másodpercenként kisugárzott fénymennyiséget fényáramnak nevezzük.
Egysége: a Lumen (lm). vagyis $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$ (szteradián)

Egy lumennyi az a fényáram, amit egy 1 méter sugarú gömb középpontjába helyezett, pontszerű 1 candela fényerősségű fényforrás a gömb felületének 1 m^2 területére, vagyis 1 szteradián térszögbe sugároz.

A **lumen** a fényáram mértékegysége, amely az emberi látásérzékenység modelljén alapul, ezért a modell a fényadaptált (*fotopikus*) válaszgörbét használja. Amint látható, a fényadaptált válaszgörbe azt mutatja, hogy az emberi látás sokkal érzékenyebb a zöld fényre, mint a kék vagy vörös fényre.

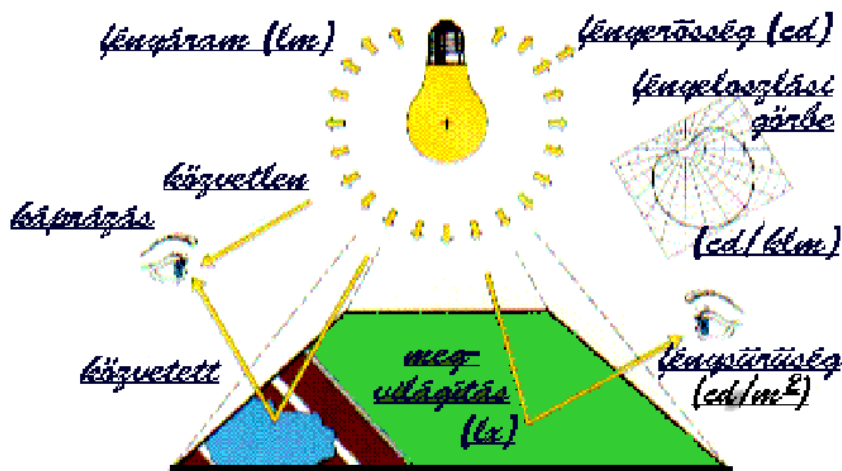


1. ábra Fényadaptált válaszgörbe

Megvilágítás (erőssége):

A megvilágítás (**E**) - vagy a megvilágítás erőssége - a fény által megvilágított egységnyi felületre (**F**) eső fénysűrűség nagysága, ha a fénysűrűség a felületre egységesen elosztva jut.

A megvilágítás egysége a **lux (lx)**. Ha 1 m² nagyságú felületre 1 lm fénysűrűség esik, akkor a megvilágítás erőssége 1 lux.



2. ábra A világítástechnikai mennyiségek összefüggései

A felületegységre eső fénysűrűséget nevezik megvilágításnak. A megvilágítás (szokásos jele: **E**, egysége a lux, lx) ezek szerint $E = d\Phi / dA$, ahol „A” a megvilágított felület.

A fényforrás fénysűrűségének és az általa felvett villamos teljesítmény értékének hányadosát nevezik fényhasznosításnak, melynek egysége a lm/W.

Megvilágítás

A növények fotoszintézisének intenzitása részben a megvilágítás erősségétől függ. Ezért lehet fontos a megvilágításnak a kívánt értékre történő beállítása. Ennek módja:

- *csökkentés*, ami elhelyezése alapján lehet: belső, külső árnyékoló vagy amikor eleve a burkolat fényáteresztő képességét „rontjuk”, ún. satírozással,
- *megszüntetés* sötétítés kialakításával,
- *növelés* mesterséges fényforrások működtetésével.

A termesztett kultúra nyugalmi idő tartamainak (azaz fotoperiodizmusának) szabályozhatósága azt is szükségessé teheti, hogy a megvilágítás időtartamát az adott napon aktuális napsugárzás időtartamához képest növelni is lehessen. Ilyen igény hazánkban főleg a téli hónapokban merülhet fel, és ez csak mesterséges fényforrások üzemeltetésével lehetséges. A beépítendő mesterséges fényforrások teljesítményének meghatározásához legfontosabb a kultúra megvilágítási igénye. Ez alapján jelenleg két csoportba sorolják a növényeket:

- árnyékkedvelő (megvilágítási igényük: 3 klx körüli),
- fénykedvelő (minimum szükséges megvilágítási igényük: 5 klx).

A maximum 1 klx-nyi megvilágítást kiegészítő (alap) megvilágításnak nevezik a termesztési gyakorlatban.

A fenti csoportosítás, illetve megvilágítási igény alapján a megfelelő mesterséges megvilágítás a fényforrások fényhasznosítása, esetleg a kibocsátott fényáram értékének ismerete alapján tervezhető. A fényhasznosítás megadja, hogy a fényforrás a felvett energia hányad részét alakítja átlátható (380–780 nm) hosszúságú elektromágneses hullámokká. Természetesen figyelemmel kell lenni a kibocsátott fényáram spektrális eloszlására is, ezért célszerű felhasználni a növénytermesztési célra kifejlesztett fényforrásokat.

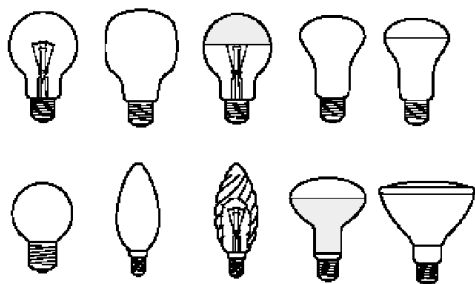
Izzólámpa

A magas olvadáspontú fémek (mint a wolfram) ötvözetéből készített ellenálláshuzalt U potenciálkülönbségre kapcsolva abban Ohm törvénye szerint $I = U/R$ áramerősség alakul ki. Az áramerősség hatására $I^2 \cdot R$ villamos energia alakul át hő-, illetve sugárzásos energiává. Ez az energiaérték a fényforrás névleges teljesítménye. A felszabaduló hőenergia hatására a fémzárl oxigénmentes térben izzásig hevül és a napsugárzás spektrális eloszlási görbéjéhez hasonló jellegű, ún. haranggörbe szerinti eloszlásban sugároz. A látható tartományba eső hányadot

befolyásolja az izzószálat körülvevő gáz összetétele, valamint az, hogy mekkora feszültség hajtja át az áramot. Ezért a semleges gázok (pl. nitrogén) helyett a nemesgázok (argon, kripton, xenon, illetve keverékeik) alkalmazása javítja a hatásfokot, amely kb. 3%. Ez alapján 100 W villamos energiát felvevő izzólámpa csak 3 W értékű fényáramot ($1 \text{ lm} = 1/683 \text{ W}$ alapján), közel 2000 lument bocsát ki, azaz fényhasznosítása: 20 lm/W.

Az utóbbi évtized fejlesztésének eredményeképpen az izzólámpa tápfeszültségének 24, majd 12 voltra való csökkentésével a fényhasznosítás mértékét közel 5%-ra növelték.

Általános célú izzólámpák búrakivitelei



felső sor: normál, soft, tetőtükrös, gomba (kriptonlámpa), irányított fényű kripton (Superbalux)

alsó sor: gömb, gyertya, csavart gyertya, reflektorbura, préseltüveg reflektorbura (PAR)

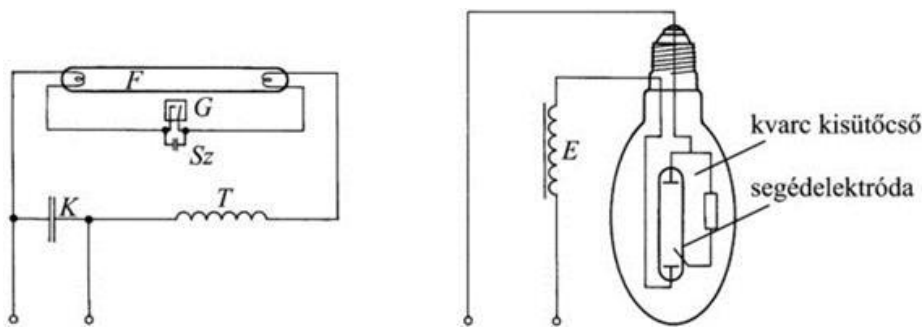
3. ábra Általános célú izzólámpák búrakivitelei

A hagyományos izzólámpák elektromágneses hullámainak spektrális eloszlása közelíti meg legjobban a nap sugárzásának spektrális eloszlását.

Kisnyomású kisülőlámpák

A különböző hosszúságú fénycsövek az utóbbi évtizedekben a legelterjedtebben alkalmazott fényforrásaink. A villamos hálózatra történő kapcsolását a 4. ábra szemlélteti.

A kvarcüvegcső (F) belső felületét egy vagy több rétegben fluoreszkáló fényporral vonják be. A feszültségre kapcsolást követően a gyújtó (G) hatására a kisnyomású semleges gázokkal kitöltött csőben megindul az ionoknak a két elektróda közötti oda-vissza áramlása. Fényhasznosításuk 40–50 lm/W, mértéke 8% körüli. A T fojtótekercs a már fényt kibocsátó cső áramfelvételét korlátozza induktív ellenállása révén (4. ábra). Az induktivitás kedvezőtlen kihatásainak csökkentése vagy teljes megszüntetése miatt van a K fázisjavító kondenzátor párhuzamosan a hálózati feszültségre kötve.



4. ábra A fénycső és a nagynyomású higanylámpa felépítése és áramköre

A fénycső geometriai kialakítása miatt a kiegészítő világítások fényforrása, néha azonban alkalmazzák mesterséges megvilágításokhoz is. Ilyenkor azonban figyelemmel kell lenni arra, hogy a fénycsőcsoport jelentősen árnyékolja a belteret. A fénycső kedvezőtlen stroboszkópikus hatása kiküszöbölhető, ha a három fázisra szimmetrikusan elosztva kapcsolják a fényforrásokat.

A izzólámpák fejlesztési tapasztalatait (a tápfeszültség csökkentésének fényhasznosítására gyakorolt hatását) felhasználva jelentek meg a kompakt fénycsövek. Hatásfokuk lényegesen nagyobb, minimum 100 lm/W, azaz 15%. A hatásfok további javítását eredményezte, hogy fojtótekercs helyett rezgőkört építenek be az áramkörbe.

Nagynyomású kisülőlámpák

E fényforrások kisfeszültségű, hideg elektródájú, fémgőz (Na vagy Hg) töltésű lumineszcenciát valósítanak meg bevonattal vagy anélkül.

A higannyal és nagynyomású nemesgázzal töltött kvarc kisülőcső végein aktivált főelektrodák, valamint segédelektrodák vannak elhelyezve. A kisülőcsövet – részben hőszigetelés, részben a színtkorrekció végett – nemesgázzal töltött üvegbura veszi körül. Az üvegbura belső felületén a fénycsőhöz hasonló fluoreszkáló fénypor van. Bekapcsolást követően a fő- és segédelektrodák közötti parázfény-kisülés a higanyt elpárologtatja és a higanygőz teret ionizálja. 3–5 s felfűtési idő után megindul a főkisülés, amikor az ionizált higany ultraibolya sugarakat bocsát ki. Ez a fénypor némely alkotója gerjeszti, majd jellemző hosszúságú (látható tartományba eső) elektromágneses hullám kibocsátása mellett szűnik meg gerjesztett állapota (4. ábra).

Az ábrán látható E előtét-ellenállás (fojtótekercs) induktív ellenállása révén lehet a kisülőcső áramfelvételét üzemi állapotban a kívánt értékre korlátozni. Természetesen itt is szükséges a fázistényező javítása, itt a kondenzátort azonban – térfogatigénye miatt – központilag helyezik el. A higanygőzlámpa fényének spektrális eloszlása kevésbé fedi le a napsugárzás görbáját.

Vörös színben a legszegényebb, ezért is tűnik „hidegnek”. Fényhasznosítása 65 lm/W, azaz 10% körüli.

A fémgőzt a kisülőcsőben alacsony nyomású nátrium is szolgáltathatja (nátriumlámpák). Ezeket igen széles körben alkalmazzák, pl. közutak éjszakai megvilágítására. Fényük jellegzetes narancssárga. Monokromatikus fényáramuk miatt a termesztési gyakorlatban csak speciális esetekben alkalmazzák. A nátriumlámpák fényhasznosítása akár 110 lm/W, vagyis 16%-ot is elér.

A mesterséges világítás kialakításakor az alábbiakat kell figyelembe venni:

A fényforrások, illetve szerelvényeinek megválasztásakor a szabvány által előírt legalább IP 55 értékű védelmet kell biztosítani. Az 55-ös szám első számjegye jelzi a mechanikai hatásokkal szembeni ellenállóságot, a második a villamos védettség mértékét, esetünkben a csepegő vízzel szembeni védettséget.

A fényáramnak a növények felé való irányítása érdekében célszerű fényesített felületű reflektáló- (paraboloid vagy parabola keresztmetszetű csatorna) felület gyújtópontjába vagy tengelyébe helyezni a fényforrást. Ezt a célt szolgálják az armatúrákban a fényforrást körülvevő fényesített felületek. A nyitott, illetve zárt kivitelű armatúrák közül a választáskor célszerű figyelembe venni, hogy a nyitott kialakítás ugyanakkora teljesítményfelvételnél nagyobb értékű fényáramot ad, olcsóbb, de pl. öntözéskor a felfröccsenő víz tönkre teheti.

Az armatúrák elhelyezését illetően pedig arra kell törekedni, hogy a növényfelülettől legalább 1 m távolságra legyenek. Ezzel lehet a koncentrált hőáram hatását csökkenteni.

Programozott megvilágítást célszerű megfelelően felosztott felületeken kialakítani. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy pl. a fényforrások harmadát 8 órán keresztül folyamatosan üzemeltetjük, majd megtörténik a második ugyanilyen egység bekapcsolása 8 órán keresztül, illetve ezt követően a harmadik egysége. Ezzel elérhető, hogy a folyamatos villamos fogyasztás révén kedvezőbbek legyenek az energiaköltségek.

A kiegészítő, illetve alapmegvilágítással rendelkező felület nagyságához képest hazánkban a nagyobb (3–5 klx/m²) értékű mesterséges megvilágítással felszerelt felületek összesen csak néhány száz négyzetmétert tesznek ki, tekintettel a kialakítás beruházásigényére, illetve az éves üzemeltetési időtartamok alapján a megtérülés éveinek számára.

LED világítás

Egy **LED lámpa** kiválasztásánál és használatakor a **PAR, PPF, PPFD, PE, IP értékeket** szükséges ismerni az elvárt eredmények eléréséhez.

PAR: Photosynthetic Active Radiation

A fotoszintézis irányításához szükséges aktív sugárzás hullámhosszát a PAR kifejezés jelzi, melyet a nanométer értékkel határoznak meg. A növények a fotoszintézishez 400-740 nanométer közötti fény spektrumot igényelnek a fejlődésük különböző szakaszaiban. A csírázás és a palánta ciklusban több kékre (400-550nm) a virágzási ciklusban több vörös (650-740nm) fényre van szüksége a növényeknek, ezért az a legjobb, ha a naphoz hasonló kevert fény spektrumot biztosítunk egy full spektrumú lámpával.

PPF: Photosynthetic Photon Flux

A PPF érték a LED fényforrás által másodpercenként generált fotonok mennyisége, ennek mértékegysége mikromol/másodperc ($\mu\text{mol/s}$). A PPF értéket egy speciális ún. kvantum szenzor (PAR mérő) segítségével lehet mérni.

PPFD: Photosynthetic Photon Flux Density

A PPFD érték a LED megvilágítás erősségét jelzi, tehát a fényforrás által másodpercenként generált fotonok négyzetméterre vetített mennyisége, ennek mértékegysége mikromol/m²/másodperc ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$).

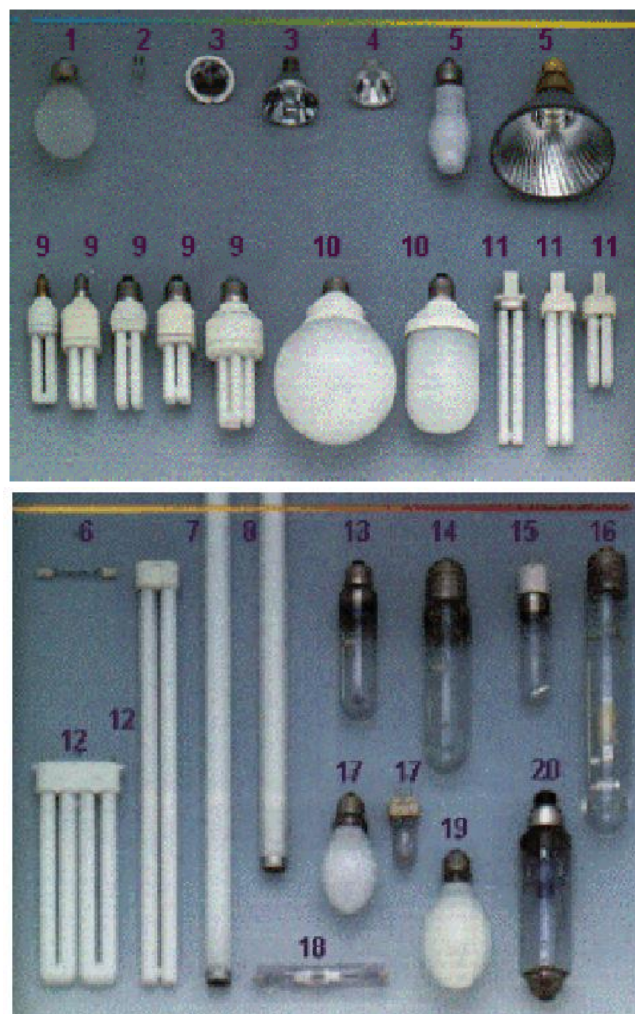
PE: Photon Efficiency

Egy grow LED lámpa foton hatékonysága (Photon Efficiency) azt jelenti, hogy a rendszer az elektromos energiát, milyen hatékonyan alakítja át fotoszintetikus aktív sugárzássá (PAR-rá), amit a mikromol/másodperc ($\mu\text{mol/J}$) értékkel adnak meg a gyártók.

IP: Ingress Protection

A víz vagy por behatolás elleni védelmi szintet az IP4X, IP5X, IP6X jelzik. A növénytermesztésre alkalmas LED-ek általában IP5X-nél magasabb védettségűek, ami 90% feletti páratartalomnál is hibátlanul működik. Az üvegházhoz és akváriumokhoz ajánlott LED lámpákat IP6X védettséggel kínálják, melyek 100% páratartalomnál is teljesen vízállóak.

	Megnevezés	Teljesítmény tartomány [W]	Fényáram tartomány [lm]	Fény- hasz- nósí- tás [lm/W]
1	Normál izzólámpák	15-1000	90-18.800	6-19
2	Törpefeszültségű, "tűlábas"; (6 - 24 V) halogénlámpák	5-150	60-3.200	12-24
3	Törpefeszültségű (6 - 24V) tükrös halogénlámpák*	10-100	-	
4	Törpefeszültségű (6 - 24V) hidegtükrös halogénlámpák*	20-75	-	
5	Kisfeszültségű (230 V) egyfejtű halogénlámpák	60-250	780-4.200	13-17
6	Kisfeszültségű (230 V) kétféjtű halogénlámpák (ceruzalámpák)	60-2000	830- 44.000	14-22
7	Normál fénycsövek	18-58	1.050- 5.000	58-86
8	Háromsávos fénycsövek	18-58	1.350- 5.200	75-90
9	Kompakt fénycsövek beépített elektronikus előtétellel, menetes foglalatlaltal	5-23	200-1500	40-65
10	Kompakt fénycsövek beépített induktív előtétellel, menetes foglalattal	9-25	415-1200	46-48
11	Kompakt fénycsövek dugaszolható foglalattal	5-32	250-2400	50-75
12	Nagy fényáramú kompakt fénycsövek 4 csapos dugaszolható foglalattal	18-55	1200-4500	42-87
13	Nagynyomású normál, egy- vagy kétféjtű nátriumlámpák	50-1000	3500- 130.000	70-130
14	Javított színvisszaadású, nagynyomású, egyfejtű nátriumlámpák	35-400	2.850- 38.000	80-95
15	Erősen javított színvisszaadású, nagynyomású, egyfejtű nátriumlámpák	35-100	1.300- 5.500	37-58
16	Nagyteljesítményű fémhalogénlámpák	250-3500	19.000- 300.000	68-86
17	Egyfejtű fémhalogénlámpák	35-150	2400- 12.500	69-83
18	Kétféjtű fémhalogénlámpák	70-150	5.000- 12.000	71-83
19	Nagynyomású higanylámpák	50-1000	1.600- 58.000	32-58
20	Kisnyomású nátriumlámpák	18-180	1.800- 32.500	100- 181



1. táblázat A különböző világító eszközök világítástechnikai paraméterei

Források:

1. <https://playgrowned.com/novenytermeszto-led-lampak-osszehasonlitasa>
2. <https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/zoldseg-disznoveny/ch03s04.html#id576426>
3. <https://webaruhaz.kertlap.hu/novenytermeszto-izzok-lampak-erejenek-hatekonysaganak-merese/>
4. <https://playgrowned.com/novenytermeszto-led-lampak-osszehasonlitasa/>
5. [Láng Z. \(szerk. 1999\): „A zöldség-, dísnövény- és szaporítóanyag-termesztés gépei és berendezései”](#)