

GAJDOSNÉ SZABÓ MÁRTA · JANINE HERMANN · GIORGIA MESSORI · MAAIKE SMEETS · RICHARD SPENCER

# FÉNYES KILÁTÁSOK



☞ fű, futballpálya, fotoszintézis, fényfüggő reakció, hullámhossz, elnyelési spektrum, redoxi-indikátor, klorofill, kloroplasztisz

📖 biológia

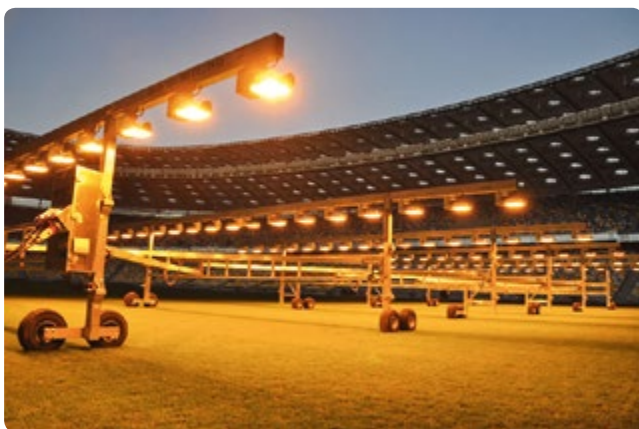
👥 16–18 év

## 1 | ÖSSZEFOGLALÓ

Ebben a projektben a tanulók különböző színű fények használatával vizsgálják a hullámhossz hatását a fotoszintézisre és a fű növekedésére. A kísérleti eredmények kiértékelését követően javaslatot fogalmazhatnak meg arra vonatkozóan, milyen színű mesterséges fényt érdemes alkalmazni, hogy minél hatékonyabb legyen a fű növekedése és helyreállítása a mérkőzések között.

## 2 | ELMÉLETI BEVEZETŐ

A mérsékelt övi régiókban a természetes napfény mennyisége a szezon nagy részében korlátozott, különösen a téli hónapok rövid napjain. A pálya árnyékos területein ezért mesterséges megvilágítást alkalmaznak, hogy felgyorsítsák a fű növekedését és elősegítsék a mérkőzés során megrongálódott gyeppotának helyreállítását (1. ÁBRA).



1. ÁBRA A fű növekedését gyorsító megvilágítóegységek

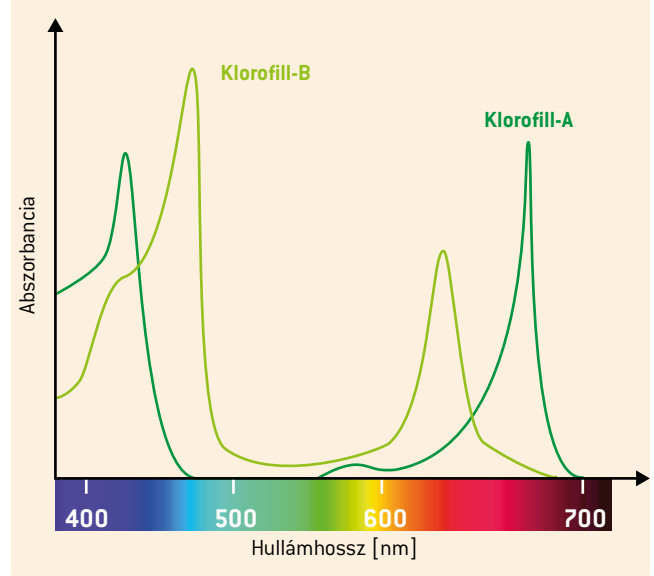
## 2. ÁBRA A látható spektrum [1]



V: ibolya, B: kék, G: zöld, Y: sárga, O: narancssárga, R: vörös

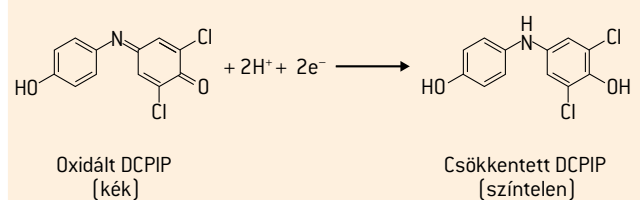
A látható spektrum számos különböző hullámhosszú fényből, vagyis különböző színekből áll össze (2. ÁBRA). A leggyakoribb fotoszintetizáló pigment, a klorofill valójában két pigment (klorofill-A és klorofill-B) keveréke, amelyek egyes hullámhosszúkat hatékonyabban nyelnek el, mint másokat – az elnyelési arány a vörös és kék szín esetében a legmagasabb, míg a zöld szín esetében a legalacsonyabb (3. ÁBRA).

## 3. ÁBRA A klorofill által elnyelt energia a fény hullámhosszától függően [2]



A klorofill által elnyelt energiát a növény a fotoszintézis fényfüggő reakcióiban használja fel, hogy az elektronokat magasabb energiaszintre gerjessze. A gerjesztett elektronok többletenergiája redoxireakciókban energiafelszabadításra és ATP készítésére szolgál. Ez az anyagot, valamint a fényfüggő reakciók egy másik termékét (redukált NADP) a növény a Calvin-ciklusban használja fel glükóz készítésére. A növény a glükózt energiaforrásként, valamint az egészséges növekedéshez szükséges számos különféle szerves anyag szintézisének alapanyagaként alkalmazza.

## 4. ÁBRA DCPIP: 2,6-diklórfenol-indofenol



A fotoszintézis mértéke a DCPIP redoxi-indikátorral vizsgálható, amely oxidált állapotban kék, redukált állapotban pedig színtelen (4. ÁBRA). Ha a növényekből frissen kinyert kloroplasztiszokhoz DCPIP-t adnak, a kloroplasztiszok megvilágításakor a fotoszintézis fényfüggő reakciója során létrejött elektronok redukálják azt. Minél gyorsabbak ezek a reakciók, annál gyorsabb a DCPIP redukciója. Az első vizsgálat során a tanulók a DCPIP redukciójának (színtelenné válásának) sebességét mérik meg különböző színű fények hatására, hogy megállapítsák a fény hullámhosszának hatását a fotoszintézis mértékére. A második vizsgálatban a tanulók egy hétig világitanak meg tálcában növesztett fűvet különböző színű fényekkel, majd megméri a levágott fű friss tömegét, hogy megállapítsák a növekedés mértékét. A két kísérlet eredményének kiértékelését

követően a tanulók javaslatot fogalmazhatnak meg arra vonatkozóan, milyen színű mesterséges fényt érdemes alkalmazni, hogy minél hatékonyabb legyen a fű növekedése és helyreállítása a futballpályán.

### 3 | A TANULÓK TEVÉKENYSÉGE

#### 3 | 1 Biztonsági tanács

A vizsgálat során használt vegyszerek alacsony kockázatúak, de a tanulóknak tisztában kell lenniük az elektromos berendezések (lámpák, mixer és elektromos mérleg) használatának általános kockázataival, továbbá – a helyes laboratóriumi gyakorlatnak megfelelően – védőszemüveget kell viselniük.

#### 3 | 2 Előkészületek

A szükséges anyagok teljes listája letölthető a Színpadon a tudomány webhelyéről.<sup>[3]</sup>

1. Vessünk angolperjemagokat hét kis tálcába (8 cm × 16 cm × 5 cm mélység). Mindegyik tálcában egyezzen meg a virágföld mennyisége, és mindegyiket ugyanannyi fűmaggal, egyenletesen vessük be (úgy, hogy a fűmagok elfedjék a virágföld felületét). Helyezzük a tálcákat napos ablakpárkányra öt hétig. Rendszeresen öntözzük desztillált vízzel, hogy a föld nedves maradjon, és minden tálcához ugyanannyi vizet használjunk. A környezeti tényezők – például a páratartalom és a hőmérséklet – nem kontrollálhatók, de ha mindegyik tálcát egy helyen tartjuk, akkor ugyanazoknak a környezeti hatásoknak lesznek kitéve.
2. Öt hét elteltével ollóval vágjuk le a fűvet, 3 cm-es gyepmagasságot hagyva. A levágott fűvet használjuk a „fotoszintézis sebességének” vizsgálatára (3–12. lépés), a hét tálcát pedig a „növekedés gyorságának” megállapítására (3.4). Mindkét vizsgálatához hét asztali lámpa szükséges, amelyek RGB 3W B22 LED Global Bulb Light izzóval vannak ellátva (az izzók olcsón beszerezhetők a legtöbb online áruházban). Minden izzóhoz távvezérlő tartozik, amellyel a színe vörösre, narancssárgára, sárgára, zöldre, kékre, ibolyaszínűre vagy fehérre állítható (5. ÁBRA). A költségtakaré-

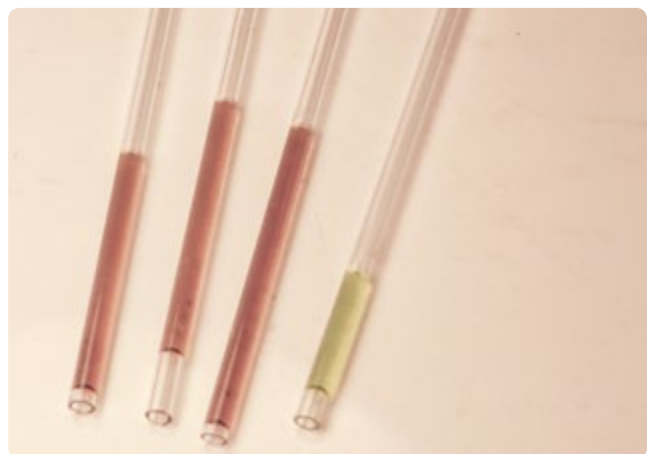


5. ÁBRA A lámpákhoz RGB 3W B22 LED Global Bulb Light izzókat alkalmaztak, amelyek távvezérlővel vörös, narancssárga, sárga, zöld, kék, ibolya vagy fehér színűre állíthatók.

kosság érdekében mindkét vizsgálatához ugyanazt a hét lámpát és izzót használjuk.

#### 3 | 3 A fény hullámhosszának hatása a fotoszintézis mértékére

3. Adjunk kb. 30 g friss fűszálat (amelyeket a 2. lépésben vágunk le) 250 cm<sup>3</sup> hideg szacharóz pH 7,5 pufferoldathoz. Ezt úgy állítjuk elő, hogy 2,7 g hidrátált dinátrium-hidrogén-foszfátot, 1,0 g vízmentes kálium-dihidrogén-foszfátot, 33 g szacharózt és 0,25 g kálium-kloridot feloldunk 250 cm<sup>3</sup> desztillált vízben.
4. 60 másodpercig mixerrel keverjük, hogy szétroncsolódjanak a sejtfalak és felszabaduljanak a kloroplasztiszok. Szűrjük át muszlinkendővel, hogy eltávolítsuk belőle a sejttörmeléket. A kivonatot jégén tároljuk.
5. Egy hajszálcsó egyik végét merítsük a kloroplasztisz-kivonatba, hogy felszívja. Vegyük ki a hajszálcsövet, és a külső részét textíliával töröljük szárazra. Ez lesz a színreferencia [zöld színű].
6. Pasteur-pipetta segítségével adjunk cseppenként 1,0%-nyi DCPIP-oldatot a kloroplasztisz kivonat maradékához, miközben a keveredés biztosításához óvatosan rázzuk a palackot. A DCPIP-oldatot úgy készítjük el, hogy 0,1 g DCPIP-t és 0,4 g kálium kloridot feloldunk 100 cm<sup>3</sup> desztillált vízben. Az oldatot frissen kell elkészíteni.
7. Adjunk hozzá elegendő DCPIP-t, amíg a kivonat színe zöldről tartósan zöldeskékre nem változik, majd csomagoljuk a palackot a lehető leggyorsabban alufóliába, hogy a kloroplasztisz- és DCPIP-kivonat sötétben legyen.
8. Helyezzünk egy ibolyaszínű fényű lámpát 8 cm-rel egy fehér csempe fölé (még ne kapcsoljuk be). Helyezzük a 6. lépésből származó színes referenciacsövet a csempe. Ezután merítsünk három hajszálcsövet a kloroplasztisz- és DCPIP-kivonatba, töröljük őket szárazra a korábbiakhoz hasonlóan, majd helyezzük őket az ibolyaszínű lámpa alá és a színreferencia mellé. Ezt a lehető leggyorsabban végezzük el. Ezek lesznek a vizsgálati minták (6. ÁBRA).



6. ÁBRA A mintákat (kloroplasztisz-kivonat + DCPIP) tartalmazó kémcsövek színének összehasonlítása a megvilágítás előtt a színreferencia (kloroplasztisz-kivonat DCPIP nélkül) alapján.

**7. ÁBRA A hullámhossz hatása a DCPIP redukciójára (a fotoszintézis mértékének mutatójaként) – mintaadatok**

Izzó színe	Fény hullám-hossza [nm]	Ennyi idő alatt vált a minta színe azonosná a referenciaszínnel [s]				Átlag	A DCPIP redukciójának átlagos sebessége = $\frac{1000}{t} \left[ \frac{1}{s} \right]$
		1. minta	2. minta	3. minta	Átlag		
Ibolya	420	660	660	640	653	1,53	
Kék	450	520	520	520	520	1,92	
Zöld	520	>900	>900	>900	>900	0,00	
Sárga	570	680	740	760	727	1,38	
Narancssárga	620	520	520	560	533	1,88	
Vörös	680	440	420	400	420	2,38	
Fehér	/	500	520	540	520	1,92	

- Kapcsoljuk be a lámpát, és indítsuk el a stopperórát.
- Megfelelő táblázatos formában jegyezzük fel, hogy az egyes vizsgálati minták színe mennyi idő alatt (t) válik azonosná a referenciaszínnel (a mintaadatokat lásd a **7. ÁBRÁN**). Mivel a minták színét különféle színű lámpák alatt nehéz megállapítani, a távvezérlővel 20 másodpercenként váltunk fehér fényre, és így ellenőrizzük a színegyezést.
- Ismételjük meg a 9. és 10. lépést az öt további színnel, valamint fehér színű izzóval is (**8. ÁBRA**).
- Számítsuk ki az átlagos redukciós időt, és jegyezzük fel a színváltozás átlagos sebességét ( $1000/t$ ). Ha 15 perc után sem tapasztalunk színváltozást, a „nincs változás” szöveget és „0” értékű színváltozási sebességet jegyezzünk fel.



**8. ÁBRA** A kísérleti mintákat és a színreferencia-mintákat különböző színű fényekkel világították meg, és feljegyezték a színegyezéshez szükséges időt, amely a DCPIP színtelenné válását és ezáltal a fotoszintézis sebességét jelzi.

**3 | 4 A fény hullámhosszának hatása a növekedés mértékére**

A 2. lépésből származó hét tálcat helyezük elsötétített helyiségbe, és minden egyes tálcat világítsunk az RGB 3W B22 LED Global Bulb Light izzóval ellátott asztali lámpával. Az egyes tálcáknál a távvezérlővel állítsuk az izzó fényét vörösre, narancssárgára, sárgára, zöldre, kékre, ibolyaszínűre, illetve fehérre. A tálcákat hagyjuk hat napig így megvilágítva, és szükség szerint rendszeresen öntözzük (**9. ÁBRA**).



**9. ÁBRA** A fűvet tartalmazó ültetőtálcákat hat napig különféle színű fényekkel világították meg, mielőtt a fűvet levágták, hogy a növekedési sebesség megállapításához megmérjék a friss tömegét.

Hat nap elteltével ollóval vágjuk le a fűvet minden egyes tálcában (egészen a szár tövéig), és elektromos mérleggel mérjük meg az egyes tálcákból nyert friss tömeget. Az adatokat megfelelő táblázatban rögzítjük (lásd a mintaadatokat a **10. ÁBRÁN**).

**10. ÁBRA A fény hullámhosszának a hatnapos megvilágítást követően levágott fű friss tömegére gyakorolt hatása (a fű növekedési mértékének mutatójaként) – mintaadatok**

Izzó színe	Fény hullám-hossza [nm]	Fű friss tömege 6 napos megvilágítás után [g]
Ibolyaszínű	420	4,15
Kék	450	6,02
Zöld	520	3,66
Sárga	570	4,09
Narancssárga	620	5,54
Vörös	680	6,23
Fehér	/	5,43

#### 4 | KÖVETKEZTETÉS

A projektben részt vevő tanulók jobban megértették a fotoszintézis fényfüggő és fényfüggetlen reakcióit (Calvin-ciklus), különösen azt, hogyan történik a fényfüggő reakciók termékeinek felhasználása a Calvin-ciklusban, és hogyan befolyásolja ez a növény növekedésének mértékét. A tanulók hasznosnak találták, hogy megvitathatták, miért fontos a lehető legtöbb változót kontrollálni a fűmagok csíráztatása és növesztése során (pl. a virágföld mélysége, az öntözés ütemezése, a színes lámpák távolsága a tálcáktól), valamint a fotoszintézis mértékének vizsgálata során (pl. a színes lámpák távolsága a kloroplasztisz tartalmazó kivonattól). A megbeszélések során a tanulók jobban megértik a kísérletek helyes megtervezésének fontosságát.

A két kísérlet eredményeinek kiértékelését követően a tanulók arra a következtetésre jutottak, hogy összefüggés van a fotoszintézis mértéke és a fű növekedése között a különféle színű megvilágítások esetében, valamint hogy a fotoszintézis és a növekedés mértéke vörös fényben a legnagyobb, zöld fényben pedig a legkisebb. A klorofill elnyelési spektruma alapján pontosan ezt az eredményt vártuk (3. ÁBRA).

A kék fény esetében az eredmény a vártnál alacsonyabb volt, ami érdekes vitára adott lehetőséget. A tanulók felvetették, hogy ezt a klorofill-A és klorofill-B különböző arányai okozhatják a kloroplasztiszokban (mivel a klorofill-A kevesebb kék fényt nyel el, mint a klorofill-B). Ugyanakkor a kék fény több energiával rendelkezik, mint a vörös, ezért elméletben több elektront képes gerjeszteni, ami gyorsabb fotoszintézishez és növekedéshez vezet. A további vizsgálatok rámutattak egy lehetséges magyarázatra: a kloroplasztiszok tartalmazzák a fotoszintetikus pigmentek másik csoportját, a karotinoidokat is, amelyek narancssárga (karotinok) és sárga (xantofilok) pigmentekből állnak. Ezek a pigmentek nagy mértékben nyelik el a kék fényt, és a klorofill-B-hez hasonlóan a felvett energiát a klorofill-A számára adják át, hogy elősegítsék az elektronok gerjesztését a fényfüggő reakcióban. Az energiaátadás azonban nem elég hatékony. Habár az energia ilyen módon történő elosztása pazarlónak tűnhet, szükség lehet rá annak érdekében, hogy a növény megvédje magát a kék fény károsító hatásaitól.

A végleges javaslatokban a tanulók arra a következtetésre jutottak, hogy a vörös megvilágítás hatékonyabb teszi a fű növekedését és helyreállítását, de a valóságban a futballstadionokban nagynyomású nátriumlámpákat alkalmaznak. A mobil megvilágítóegységek feltalálója (Kolbjørn Saether) elmondta, hogy vállalata számos kutatási programban vett részt a Norvég Gabonakutató Intézettel közösen, hogy meghatározzák a mesterséges fény hatását a fű növekedésére. Számos paramétert vizsgáltak, többek között a fény intenzitását, a napi fénymenyiséget, a hőmérsékletet és a tápanyagokat. Ugyanakkor a fény hullámhosszának hatásait nem vizsgálták, és érdeklődve várják a kísérleteink eredményeit.

#### Személyes tapasztalat

A kloroplasztisz kivonása során a keverés olyan enzimeket szabadít fel, amelyek károsítják a kloroplasztiszokat és lassítják a fotoszintézis mértékét (az enzimek hatása mérsékelhető, ha hideg extrakciós puffert alkalmazunk és a kloroplasztisz-kivonatot jégen tartjuk). A vizsgálat során a tanulók megfigyelték, hogy a kloroplasztisz-kivonat idővel veszít a hatékonyságából. A probléma megoldása és az érvényes összehasonlíthatóság érdekében a tanulók a fotoszintézis mértékét vizsgáló kísérleteket gyorsan, megfelelő kísérleti ütemezéssel készítették elő, és a különböző izzókat a lehető legrövidebb idő alatt alkalmazták, hogy a kivonat mindig a legfrissebb állapotban legyen felhasználva.

A kísérlethez használt kémcsövekben a különböző színű megvilágítások miatt nem volt lehetséges a kloroplasztisz-kivonatok színének összehasonlítására. Többek között ezért is volt előnyös a távvezérlővel változtatható színű izzók használata, mivel így bármikor át lehetett váltani fehér fényre, hogy ellenőrizzük a színegyezést. Az izzók másik előnye, hogy nem melegszenek fel: a hőmérséklet emelkedése ugyanis befolyásolta volna a fű növekedési ütemét és a DCPIP színtelenné válásának sebességét is. A tanulók így hat napig biztonságosan bekapcsolva hagyhatták a lámpákat.

A 7. ÁBRÁN és a 10. ÁBRÁN a különféle színű fények hullámhosszával kapcsolatos adatokat hozzávetőlegesnek kell tekinteni, mivel az egyes színeket folyamatos spektrumú hullámhossztartomány alkotja.

#### 5 | EGYÜTTMŰKÖDÉSI LEHETŐSÉGEK

A különböző iskolák és intézmények tanulói összehasonlíthaták a kísérleteik eredményeit, a kísérleti elrendezésen végzett módosításait, valamint a fény hullámhosszának más növényfajok fotoszintézisére gyakorolt hatásaival kapcsolatos vizsgálataikat is.

#### REFERENCIÁK

<sup>[1]</sup> [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear\\_visible\\_spectrum.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_visible_spectrum.svg) (08/03/2016)

<sup>[2]</sup> Chlorophyll\_ab\_spectra2.PNG: Aushulz – származékos munka: M0Tty [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>) or GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], Wikimedia Commons (08/03/2016)

<sup>[3]</sup> [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials)



# IMPRINT

## TAKEN FROM

iStage 3 - Football in Science Teaching  
available in Czech, English, French, German,  
Hungarian, Polish, Spanish, Swedish  
[www.science-on-stage.eu/istage3](http://www.science-on-stage.eu/istage3)

## PUBLISHED BY

Science on Stage Deutschland e.V.  
Poststraße 4/5  
10178 Berlin · Germany

## REVISION AND TRANSLATION

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH  
[www.transformcologne.de](http://www.transformcologne.de)

## CREDITS

The authors have checked all aspects of copyright for the images and texts used in this publication to the best of their knowledge.

## DESIGN

WEBERSUPIRAN.berlin

## ILLUSTRATION

Tricom Kommunikation und Verlag GmbH  
[www.tricom-agentur.de](http://www.tricom-agentur.de)

## PLEASE ORDER FROM

[www.science-on-stage.de](http://www.science-on-stage.de)  
[info@science-on-stage.de](mailto:info@science-on-stage.de)

Creative-Commons-License: Attribution Non-Commercial  
Share Alike



First edition published in 2016

© Science on Stage Deutschland e.V.



## SCIENCE ON STAGE – THE EUROPEAN NETWORK FOR SCIENCE TEACHERS

- ... is a network of and for science, technology, engineering and mathematics (STEM) teachers of all school levels.
- ... provides a European platform for the exchange of teaching ideas.
- ... highlights the importance of science and technology in schools and among the public.

The main supporter of Science on Stage is the Federation of German Employers' Associations in the Metal and Electrical Engineering Industries (GESAMTMETALL) with its initiative think ING.

Join in - find your country on

**[WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU](http://WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU)**

 [www.facebook.com/scienceonstageeurope](http://www.facebook.com/scienceonstageeurope)

 [www.twitter.com/ScienceOnStage](http://www.twitter.com/ScienceOnStage)

Subscribe for our newsletter:

 [www.science-on-stage.eu/newsletter](http://www.science-on-stage.eu/newsletter)



MAIN SUPPORTER OF  
SCIENCE ON STAGE GERMANY

think  
ING.  
Die Initiative für  
Ingenieurwachstum

Proudly supported by

