

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

# GRÖNT LJUS FÖR FOTBOLLSPLANEN



☞ gräs, fotbollsplan, fotosyntes, ljusberoende reaktion, våglängd, absorptionsspektrum, redoxindikator, klorofyll, kloroplast

📖 biologi

👥 16–18 år

## 1 | SAMMANFATTNING

I det här projektet använder eleverna ljus av olika färger för att undersöka hur våglängden påverkar fotosyntesens hastighet och gräsets tillväxt. När eleverna har gått igenom försöksresultaten kommer de att kunna rekommendera vilken färg ljuset i belysningsmasterna ska ha för att gräset på fotbollsplaner ska växa och återhämta sig så bra som möjligt mellan matcherna.

## 2 | PRESENTATION AV VIKTIGA BEGREPP

I de tempererade områden är dagsljuset begränsat under större delen av fotbollssäsongen, i synnerhet under de korta dagarna under vintermånaderna. Belysningsmaster används för att påskynda grästillväxten på de delar av planen som ligger i skugga eller för att gräs som har skadats genom nötning under en fotbollsmatch snabbt ska återhämta sig (FIG. 1).



FIG. 1 Belysningsmaster för att påskynda gräsets tillväxt

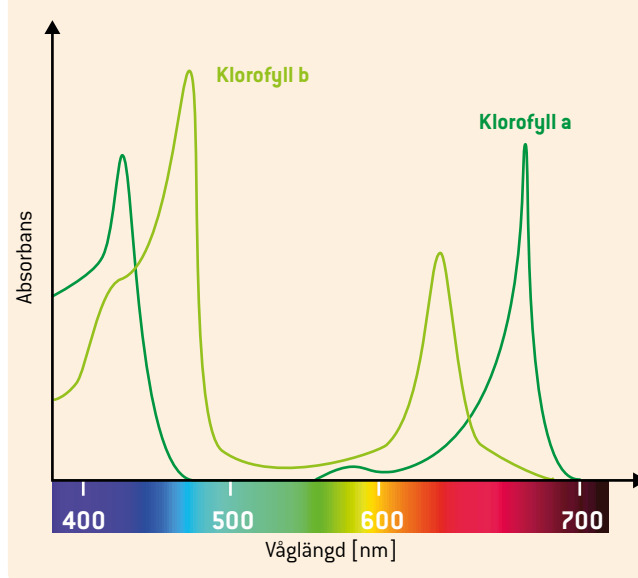
FIG. 2 Det synliga spektrumet [1]



V: violett, B: blått, G: grönt, Y: gult, O: orange, R: rött

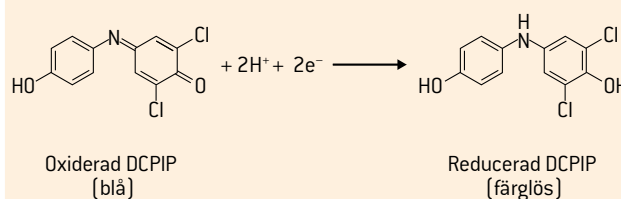
Det synliga spektrumet består av ljus av flera olika våglängder, dvs. med olika färger (FIG. 2). Det vanligaste fotosyntespigmentet, klorofyll, är i själva verket en blandning av två pigment, klorofyll a och klorofyll b, som tar upp ljus av vissa våglängder bättre än andra. De absorberar mest rött och blått ljus och minst grönt ljus (FIG. 3).

FIG. 3 Klorofylllets absorption i förhållande till ljusets våglängd [2]



Energien som tas upp av klorofyllet används i en ljusberoende reaktion i fotosyntesen som exciterar klorofylllets elektroner till högre energinivåer. Den energi som elektronerna tar upp används i en redoxreaktion som frisätter energi. Energin används sedan för att producera ATP. Denna produkt använder växten sedan tillsammans med en annan produkt från den ljusberoende reaktionen (reducerat NADP) i Calvencykeln för att framställa glukos. Växten använder glukos som energikälla och råmaterial för att syntetisera många olika organiska material som krävs för att växten ska växa och hålla sig frisk.

FIG. 4 DCPIP: 2,6-diklorfenolindofenol



Fotosyntesens hastighet kan undersökas med redoxindikatorn DCPIP, som är blå när den är oxiderad och färglös när den är reducerad (FIG. 4). När DCPIP tillsätts till kloroplaster som nyss har extraherats från växter reduceras det av elektronerna som har bildats under fotosyntesens ljusberoende reaktion när kloroplasterna belystes. Ju snabbare reaktionerna sker, desto snabbare reduceras DCPIP. I en undersökning bestämmer eleverna med vilken hastighet DCPIP reduceras (avfärgas) av ljus av olika färger för att avgöra vilken effekt ljusets våglängd har på fotosynteshastigheten. I en annan undersökning belyser eleverna bricker med gräs i en vecka med ljus av olika färger och skördar sedan gräset för att bestämma dess färskvikt som ett mått på hur mycket gräset har växt. Studenterna utvärderar se-

dan resultaten av båda experimenten för att kunna rekommendera den färg på ljuset som är effektivast när det gäller att främja grässets tillväxt och återhämtning på en fotbollsplan.

### 3 | VAD ELEVERNA GÖR

#### 3 | 1 Riskbedömning

De kemikalier som används vid undersökningen är lågriskämnen, men eleverna måste vara medvetna om de allmänna riskerna med att använda elektrisk utrustning (lampor, mixer och elektrisk våg) och bör använda skyddsglasögon som en del av god laboratoriesed.

#### 3 | 2 Förberedelser

En fullständig lista med allt material som behövs kan laddas ner från webbplatsen Science on Stage.<sup>[3]</sup>

1. Så rajgräsfrön i sju små brickor (8 cm × 16 cm × 5 cm djup). Varje bricka ska innehålla samma mängd (vikt) blomjord och ska sås jämnt med samma mängd (vikt) gräsfrön (tillräckligt för att jordytan ska täckas). Låt fröbrickorna stå på en solig fönsterbräda och växa i fem veckor. Vattna regelbundet för att hålla jorden fuktig. Använd destillerat vatten och tillsätt samma mängd vatten till varje bricka. Det går inte att ha kontroll över miljöfaktorer som luftfuktighet och temperatur, men eftersom alla brickor står på samma ställe utsätts alla för samma miljövariationer.
2. Skörda gräset efter fem veckor med sax. Lämna ca 3 cm högt gräs. Använd det skördade gräset för undersökningen av fotosynteshastigheten (steg 3–12) och de sju brickorna med gräs för undersökningen av tillväxthastighet (3.4). Båda undersökningarna kräver sju bordslampor med en LED-lampa av typen RGB 3W B22. Varje glödlampa har en fjärrkontroll som används för att ställa in ljuset på rött, orange, gult, grönt, blått, violett eller vitt (FIG. 5). För att hålla nere kostnaderna kan samma sju glödlampor användas för båda undersökningarna.



FIG. 5 Lamporna hade LED-lampor av typen RGB 3W B22, som har en fjärrkontroll för inställning av ljuset på rött, orange, gult, grönt, blått, violett eller vitt.

#### 3 | 3 Effekten av ljusets våglängd på fotosynteshastigheten

3. Lägg ungefär 30 g färskt gräs (skördat i steg 2) i 250 ml kall sukrosbuffert med pH 7,5. Lösningen bereds genom att 2,7 g hydrerat dinatriumvätefosfat, 1,0 g vattenfri kaliumdivätefosfat, 33 g sukros och 0,25 g kaliumklorid löses i 250 ml destillerat vatten.
4. Blanda i 60 sekunder så att cellerna går sönder och släpper ut kloroplasterna. Filtrera lösningen genom en silduk för att ta bort cellrester. Förvara filtratet på is.
5. Doppa ena änden av ett kapillär rör i kloroplastextraktet så att extraktet dras upp i röret. Ta bort kapillärröret och torka av rörets utsida med en servett. Detta rör är färgpreferensrör (det är grönfärgat).
6. Sätt till 1,0 % DCPIP-lösning med en pasteurpipett till resten av kloroplastextraktet, en droppe i taget. Blanda genom att skaka flaskan försiktigt. DCPIP-lösningen bereds genom att 0,1 g DCIP och 0,4 g kaliumklorid löses i 100 ml destillerat vatten. Lösningen måste vara nyberedd.
7. Tillsätt tillräckligt med DCPIP för att extraktet ska ändra färg permanent från grönt till blågrönt. Slå sedan in hela flaskan i aluminiumfolie så snabbt som möjligt så att extraktet med kloroplaster + DCPIP skyddas från ljus.
8. Placera en bordslampa med en violett glödlampa 8 cm ovanför en vit kakelplatta (sätt inte på lampan ännu). Placera det färgade referensröret från steg 6 på kakelplattan. Doppa nu de tre kapillärrören i extraktet med kloroplaster + DCPIP, torka av rören som tidigare och placera dem under den violetta lampan bredvid färgpreferensröret. Gör detta så snabbt som möjligt. Dessa är dina referensrör (FIG. 6).
9. Slå på lampan och starta stoppuret.
10. Notera hur lång tid det tar innan färgen på varje försöksrör matchar referensrörets färg (t) i en lämplig tabell (provdat ges i FIG. 7). Eftersom färgen på rören innehåll är mycket svår att se i ljus av olika färger används fjärrkontrollen för att växla till "vitt" ljus i en sekund var tjugonde sekund för att kontrollera färgmatchningen.

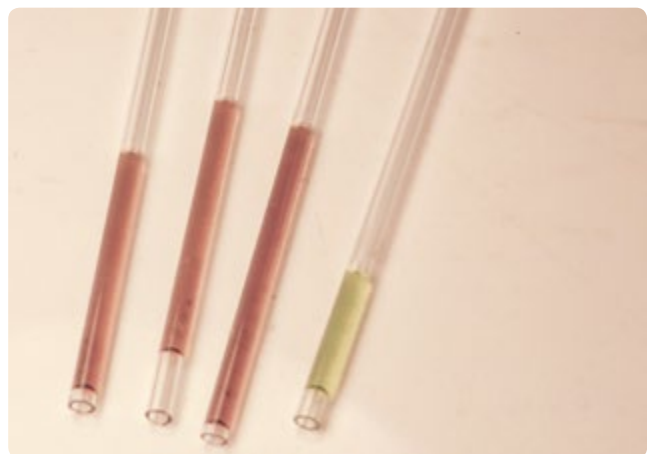


FIG. 6 Jämförelse av försöksrörens färg (med kloroplastextrakt + DCPIP) före belysning med ett färgpreferensrör (med kloroplastextrakt utan DCPIP).



FIG. 7 Provdatabeskrivning för effekten av ljusets våglängd på reduktionen av DCPIP (som ett mått på fotosynteshastigheten)

Glödlampans färg	Ljusets våglängd [nm]	Tid innan försöksrör matchade referensrörets färg [s]				Medelvärde	Medelhastighet för reduktionen av DCPIP = $\frac{1000}{t} \left[ \frac{1}{s} \right]$
		Rör 1	Rör 2	Rör 3	Medelvärde		
Violett	420	660	660	640	653	1,53	
Blått	450	520	520	520	520	1,92	
Grönt	520	>900	>900	>900	>900	0,00	
Gult	570	680	740	760	727	1,38	
Orange	620	520	520	560	533	1,88	
Rött	680	440	420	400	420	2,38	
Vitt	/	500	520	540	520	1,92	

- Upprepa steg 9 och 10 med återstående fem färger på glödlampen och med en glödlampa som ger vitt ljus (FIG. 8).
- Räkna ut medelreaktionstiden och notera medelhastigheten för färgförändringen ( $1000/t$ ). Om det inte har skett någon färgförändring efter 15 minuter skriver du "ingen förändring" och noterar hastigheten för färgförändringen som "0".



FIG. 8 Försöks- och färgreferensrör belystes med ljus av olika färger och tiden till färgmatchning noterades som en indikation på hastigheten för avfärgning av DCPIP och därmed fotosynteshastigheten.

#### 3 | 4 Effekten av ljusets våglängd på tillväxthastigheten

Placera de sju brickorna från steg 2 i ett mörkt rum och belys varje bricka med en bordslampa med en LED-lampa av typen RGB 3 W B22. Använd den medföljande fjärrkontrollen för att ställa in färgen på rött, orange, gult, grönt, blått, violett eller vitt. Låt brickorna stå fullt belysta i sex dagar. Vattna när det behövs (FIG. 9).

Skörda gräset från varje bricka efter sex dagar med sax (klipp ner gräset till stammens bas) och använd en elektronisk våg för att bestämma färskvikten för gräset från varje bricka. Notera data i en lämplig tabell (se exempeldata i FIG. 10).



FIG. 9 Brickor med gräs belystes med ljus av olika färger i sex dagar innan gräset skördades för bestämning av färskvikten som ett mått på tillväxthastigheten.

FIG. 10 Provdatabeskrivning för effekten av ljusets våglängd på färskvikten av gräs skördat efter sex dagars belysning (som ett mått på gräsets tillväxthastighet)

Glödlampans färg	Ljusets våglängd [nm]	Färskvikten för skördat gräs efter 6 dagars belysning [g]
Violett	420	4,15
Blått	450	6,02
Grönt	520	3,66
Gult	570	4,09
Orange	620	5,54
Rött	680	6,23
Vitt	/	5,43

#### 4 | SLUTSATS

Eleverna som deltog i detta projekt fick en bättre förståelse av ljusberoende och ljusoberoende reaktioner (Calvincykeln) i fotosyntesen, i synnerhet hur produkterna från ljusberoende reaktioner används i Calvincykeln och hur detta påverkar växtens tillväxthastighet. De hade nytta av att diskutera vikten av att kontrollera så många variabler som möjligt under gräsfrönas groning och tillväxt (till exempel jorddjup, vattningsschema, avstånd mellan de färgade lam-

pora och brickorna med gräs] och även under undersökningen av fotosynteshastigheten (till exempel avståndet mellan de färgade lamporna och kloroplastextraktet). Diskussionerna gav dem en bättre förståelse av vikten av en lämplig försöksdesign.

När de hade utvärderat resultaten av båda experimenten drog eleverna slutsatsen att det fanns ett samband mellan fotosynteshastigheten och grässets tillväxthastighet i ljus av olika färger och att fotosyntesen och tillväxthastigheten var högst i rött och lägst i grönt ljus. Dessa resultat är de förväntade med tanke på absorptionsspektrumet för klorofyll (**FIG. 3**).

Resultaten för blått ljus var inte så höga som man hade kunnat vänta sig, och detta gav upphov till en intressant diskussion om varför det blev så. Eleverna föreslog att det kunde ha att göra med olika andelar av klorofyll a och klorofyll b i kloroplasterna (eftersom klorofyll a absorberar mindre blått ljus än klorofyll b). Men blått ljus innehåller mer energi än rött ljus och borde därför teoretiskt excitera fler elektroner än rött ljus, vilket skulle ge en snabbare fotosyntes och en snabbare tillväxthastighet. Vidare forskning visade på en möjlig förklaring: kloroplaster innehåller ytterligare en grupp fotosyntetiska pigment som kallas karotenoider och innehåller orange (karotener) och gula (xantofyller) pigment. Dessa pigment visar maximalt upptag av blått ljus, och liksom klorofyll b överför de energin de tar upp till klorofyll a och ger excitation av elektroner i den ljusberoende reaktionen. Men energiöverföringen är ineffektiv. Detta kan förefalla vara slöseri med energi men kan vara nödvändigt för att skydda växten från potentiella skadliga effekter av den höga energin i blått ljus.

I sina slutliga rekommendationer föreslog eleverna att belysningsmaster kunde ge effektivare grästillväxt och återhämtning om de använde rött ljus, men på fotbollsarenor används högtrycksnatriumljus (HPS). Uppfinnaren av mobila belysningsmaster (Kolbjørn Saether, personlig kommunikation) förklarade att hans företag hade deltagit i flera forskningsprogram tillsammans med det norska forskningsinstitutet Planteforsk för att undersöka effekten av artificiellt ljus på tillväxt av gräs. De har undersökt flera parametrar, bland annat ljusintensitet, ljusmängd per dag, temperatur och näring. Däremot har de inte undersökt effekten av ljusets våglängd och är mycket intresserade av utfallen av vår undersökning.

### Personlig erfarenhet

Under kloroplastextraktionen frisätter blandningen enzymer som skadar kloroplasterna och bromsar fotosyntesen (dessa enzyms aktivitet minskar om extraktionsbufferten är kall och om att kloroplastextraktet förvaras på is). Under undersökningen insåg eleverna att kloroplastextrakten förlorar aktivitet med tiden. För att lösa det problemet och göra giltiga jämförelser satte eleverna upp experimenten för att mäta fotosynteshastigheten så snabbt som möjligt. De alternerade experimenten och använde olika glödlampor så kort tid som möjligt för att alla extrakt skulle vara så färska som möjligt.

Det gick inte att jämföra färgen på kloroplastextrakten i försöksrören med färgpreferensröret under olika ljusbetingelser. Därför var en av fördelarna med att använda glödlampor som kunde styras med en fjärrkontroll att det gick att med jämna mellanrum växla till vitt ljus för att kontrollera färgöverensstämmelsen. En annan fördel med glödlamporna är att de inte värms upp, eftersom en temperaturhöjning hade kunnat påverka både tillväxthastigheten och avfärgningshastigheten för DCPIP. Detta gjorde också att eleverna kunde låta lamporna vara på oavbrutet under sex dagar utan risk.

De värden som noterats i **FIG. 7** och **FIG. 10** för våglängden av ljus av olika färger ska ses som ungefärliga eftersom varje färg består av ett intervall av våglängder i ett kontinuerligt spektrum.

### 5 | ALTERNATIV FÖR SAMARBETE

Elever från olika skolor och högskolor kan jämföra resultaten för båda undersökningarna, sina förbättringar av försöksdesignen och sina undersökningar av våglängdens effekter på fotosynteshastigheten för andra växtarter.

### REFERENSER

- <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 derivative work: M0tty [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>) or GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], via Wikimedia Commons [2016-03-08]
- <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

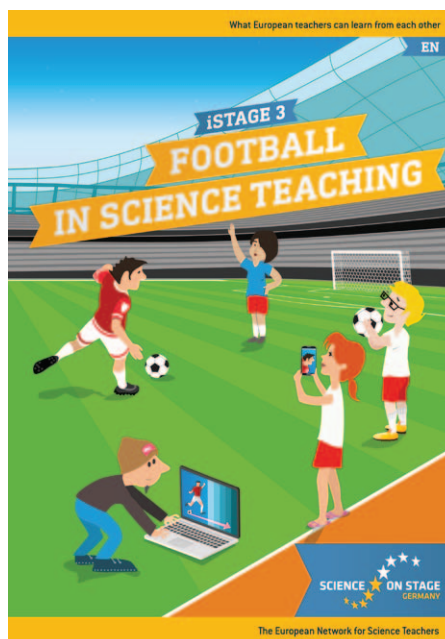
[www.science-on-stage.de](http://www.science-on-stage.de)  
[info@science-on-stage.de](mailto:info@science-on-stage.de)

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  
Ingenieur Nachwuchs

Proudly supported by

