

MÁRTA GAJDOSNÉ SZABÓVÁ · JANINE HERMANNOVÁ · GIORGIA MESSORIOVÁ · MAAIKE SMEETSOVÁ · RICHARD SPENCER

IDEÁLNÍ HŘIŠTĚ



☛ tráva, fotbalové hřiště, fotosyntéza, světelná reakce, vlnová délka, absorpční spektrum, redoxní indikátor, chlorofyl, chloroplast

📖 biologie

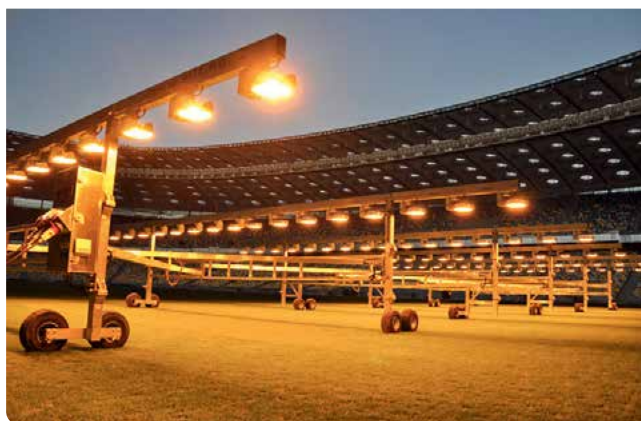
👥 16–18 let

1 | SOUHRN

Při tomto projektu využívají studenti světla různých barev (různé vlnové délky) k prozkoumání vlivu vlnové délky světla na rychlost fotosyntézy a růst trávy. Po vyhodnocení důkazů z pokusu budou moci doporučit, která vlnová délka světla by měla být použita pro osvětlení, aby byl co nejvíce podpořen růst a obnova trávy na fotbalovém hřišti mezi zápasy.

2 | PRVOTNÍ KONCEPCE

V oblastech mírného pásma je během značné části fotbalové sezóny, obzvláště za krátkých zimních dnů, přirozené denní světlo omezeno. Osvětlovací soupravy se používají pro urychlení růstu trávy ve stíněných částech hřiště a pro podporu rychlé obnovy trávy poškozené opotřebením během fotbalového zápasu (OBR. 1).



OBR. 1 Osvětlovací soupravy pro urychlení růstu trávy

OBR. 2 Viditelné spektrum světla [1]

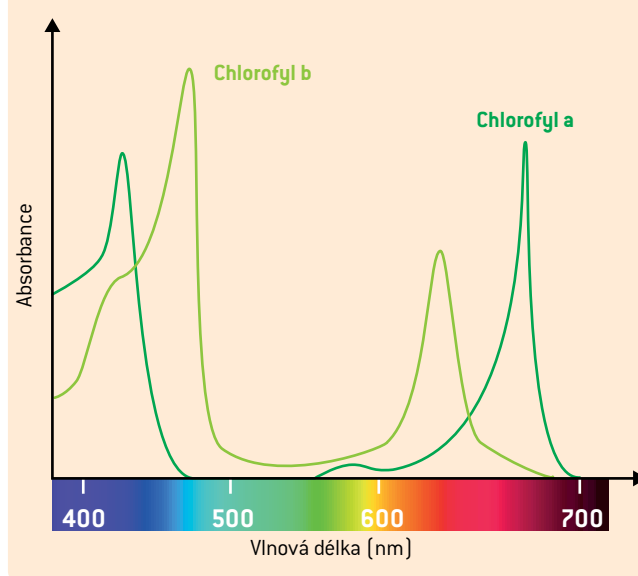


V: fialová, B: modrá, G: zelená, Y: žlutá, O: oranžová, R: červená

Spektrum viditelné pro naše oči se skládá ze světla různých vlnových délek, tj. z různých barev (OBR. 2). Nejběžnější fotosyntetický pigment v rostlinách, chlorofyl ze světla, je vlastně směs dvou pigmentů (chlorofyl a a chlorofyl b), které vstřebávají světlo určitých vlnových délek více než ostatní, přičemž vykazují maximální absorpci červeného a modrého světla a minimální absorpci zeleného světla (OBR. 3).

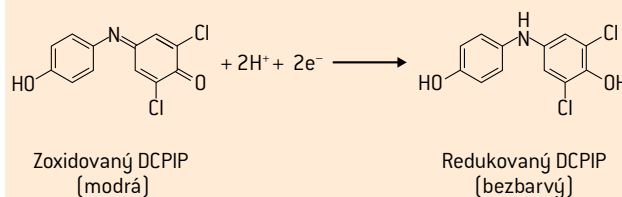
Energie absorbovaná chlorofylem se využívá při světelných reakcích fotosyntézy (tj. reakcích závislých na světle) pro vybu-

OBR. 3 Absorbce světla chlorofylem v závislosti na vlnové délce světla [2]



zení jeho elektronů na vyšší energetické hladiny. Energie získaná těmito elektrony se následně používá v redoxních reakcích pro uvolnění energie, která se využívá k produkci ATP. Tento produkt pak společně s dalším produktem světelných reakcí (redukovaným NADP) používá rostlina v rámci Calvinova cyklu k tvorbě glukózy. Pro rostlinu je glukóza zdrojem energie a surovinou pro syntézu široké škály organických látek potřebných pro její zdravý růst.

OBR. 4 DCPIP: 2,6-dichlorofenolindofenol



Rychlost fotosyntézy lze zkoumat pomocí redoxního indikátoru nazvaného DCPIP, který je při oxidaci modrý a v oxidované formě modrý a redukované formě bezbarvý. (OBR. 4). Je-li DCPIP přidán k chloroplastům právě extrahovaným z rostlin, dojde při osvětlení chloroplastů k jeho redukcí během světelných reakcí fotosyntézy. Čím jsou tyto reakce rychlejší, tím je rychlejší i redukce DCPIP. Při jednom zkoumání stanoví studenti rychlost redukce (odbarvení) DCPIP při světle různých barev, aby určili vliv vlnové délky světla na rychlost fotosyntézy. V druhém případě studenti po dobu jednoho týdne osvětlují tácky s trávou světlem různých barev a následně trávu odeberou a určí její hmotnost v čerstvém stavu, která tak bude měřítkem objemu růstu trávy. Následně studenti vyhodnotí výsledky obou pokusů a doporučí barvu světla, která by měla být použita v osvětlovacích soupravách pro co nejučinnější podporu růstu a obnovy trávy na fotbalovém hřišti.

3 | CO STUDENTI DĚLAJÍ

3 | 1 Bezpečnostní pokyny

Chemikálie používané při tomto zkoumání jsou jen málo nebezpečné, avšak studenti by měli být seznámeni s obecnými riziky používání elektrických zařízení (lampičky, mixér a elektronická váha) a v rámci osvědčených laboratorních postupů musejí používat ochranné brýle.

3 | 2 Příprava

Kompletní seznam veškerého nezbytného materiálu lze stáhnout z internetových stránek Science on Stage.^[3]

1. Zasejte semena jílku vytrvalého do sedmi malých táček (8 cm × 16 cm × 5 cm hloubka). Každý tácek musí obsahovat stejný objem půdního substrátu a musí v něm být rovnoměrně zaseto stejné množství semen trávy (dostatečný počet na pokrytí povrchu substrátu). Umístěte tácky s osivem na slunný okenní parapet a nechte pět týdnů růst. Dle potřeby pravidelně sledujte a udržujte vlhkost substrátu pomocí destilované vody; do každého táčku přidávejte stejný objem vody. Není možné přesně řídit faktory prostředí, jako například vlhkost a teplotu, ale jelikož jsou všechny tácky umístěny na stejném místě, bude kolísání okolních podmínek pro každý tácek s trávou stejné.
2. Po pěti týdnech trávu nůžkami ostříhejte tak, že ponecháte pažit o výšce 3 cm. Použijte ostříhanou trávu pro hodnocení „rychlosti fotosyntézy“ (kroky 3–12) a sedm táček s trávou pro hodnocení „rychlosti růstu“ (3.4). Obě šetření vyžadují sedm stolních lampiček, každou vybavenou kulovou LED žárovkou RGB 3W B22 (tyto žárovky jsou k dispozici za dostupnou cenu v běžných internetových obchodech). Každá žárovka se dodává s dálkovým ovladačem, pomocí kterého lze nastavit barvu na červenou, oranžovou, žlutou, zelenou, modrou, fialovou nebo bílou (**OBR. 5**). Za účelem snížení nákladů lze těchto sedm lampiček a žárovek použít pro obě zkoumání.



OBR. 5 Lampičky byly osazeny kulovými LED žárovkami RGB 3W B22, které jsou vybaveny dálkovým ovladačem pro nastavení barvy světla na červenou, oranžovou, žlutou, zelenou, modrou, fialovou nebo bílou.

3 | 3 Vliv vlnové délky světla na rychlost fotosyntézy

3. Přidejte asi 30 g čerstvých listů trávy (ustřižených v kroku 2) do 250 cm³ studeného pufovacího roztoku se sacharózou o pH 7,5. Ten připravíte tak, že rozpustíte 2,7 g hydrátovaného hydrogenufosforečnanu sodného, 1,0 g bezvodého dihydrogenfosforečnanu draselného, 33 g sacharózy a 0,25 g chloridu draselného ve 250 cm³ destilované vody.
4. Míchejte po dobu 60 sekund, aby se buňky narušily a uvolnily se z nich chloroplasty. K odstranění buněčných zbytků přefiltrujte přes mušelínový hadřík. Filtrát uchovávejte na ledu.
5. Namočte jeden konec kapilární trubičky do extraktu s chloroplasty, aby se do ní extrakt nasál. Vyjměte kapilární trubičku a jemnou tkaninou ji z vnější strany osušte. Tato trubička vám bude sloužit jako trubička s referenční barvou (je zabarvena zeleně).
6. Pomocí Pasteurovy pipety přidejte 1,0 % roztok DCPIP do zbývajících extraktu s chloroplasty, kapku po kapce, a lahvičkou jemně zatřepete, aby došlo k promíchání. Roztok DCPIP se připraví tak, že rozpustíte 0,1 g DCIP a 0,4 g chloridu draselného ve 100 cm³ destilované vody. Roztok musí být čerstvě připraven.
7. Přidejte dostatek DCPIP, dokud se trvale nezmění barva extraktu ze zelené na modrozelenou; následně celou lahvičku co nejrychleji zabalte do alobalu, aby extrakt s chloroplasty + DCPIP zůstal v temnu.
8. Umístěte stolní lampičku s fialovou žárovkou 8 cm nad bílou dlaždici (ještě nerozsvěcujte). Dejte na dlaždici zabarvenou referenční trubičku z kroku 6. Nyní namočte tři kapilární trubičky do extraktu s chloroplasty + DCPIP, osušte je podle postupu výše a umístěte je pod fialovou žárovku vedle referenční trubičky. Postupujte co nejrychleji. Toto jsou vaše experimentální trubičky (**OBR. 6**).
9. Lampičku rozsviňte a spusťte stopky.
10. Do vhodné tabulky zaznamenejte dobu nutnou na to, aby barva každé experimentální trubičky odpovídala barvě referenční trubičky [t] (vzorové údaje jsou uvedeny v **OBR. 7**).



OBR. 6 Srovnání barvy experimentálních trubiček (obsahujících extrakt s chloroplasty + DCPIP) před osvětlením s barvou referenční trubičky (obsahující extrakt s chloroplasty bez DCPIP).

OBR. 7 Vzorové údaje o vlivu vlnové délky na rychlost redukce DCPIP (jako měřítko rychlosti fotosyntézy)

Barva žárovky	Vlnová délka světla [nm]	Doba potřebná pro zabarvení experimentální trubičky na barvu odpovídající referenční trubičce [s]				Průměrná rychlost redukce DCPIP $= \frac{1.000}{t} \left[\frac{1}{s} \right]$
		Trubička 1	Trubička 2	Trubička 3	Průměr	
Fialová	420	660	660	640	653	1,53
Modrá	450	520	520	520	520	1,92
Zelená	520	> 900	> 900	> 900	> 900	0,00
Žlutá	570	680	740	760	727	1,38
Oranžová	620	520	520	560	533	1,88
Červená	680	440	420	400	420	2,38
Bílá	/	500	520	540	520	1,92

Jelikož je velmi obtížné vidět barvu obsahu trubičky pod světlem různých barev, přepíná se každých 20 sekund barevná žárovka pomocí dálkového ovladače na jednu sekundu na bílou barvu pro kontrolu zabarvení.

- Zopakujte kroky 9 a 10 pro ostatních pět zabarvených žárovek i bílou žárovku (**OBR. 8**).
- Vypočítejte průměrnou dobu redukce a zaznamenejte průměrnou rychlost změny barvy ($1000/t$). Pokud nedojde ke změně barvy ani po 15 minutách, запиšte „beze změny“ a jako rychlost změny barvy uveďte „0“.

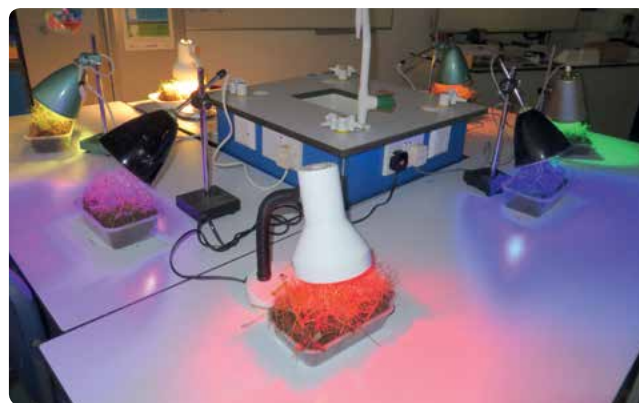


OBR. 8 Experimentální trubičky i referenční trubička byly osvětleny světlem různých barev a byla zapsána doba potřebná pro vyrovnání barev jako ukazatel rychlosti odbarvení DCPIP, tj. rychlosti fotosyntézy.

3 | 4 Vliv vlnové délky světla na rychlost růstu

Umístíte sedm táček z kroku 2 do temné místnosti a každý tácek osvětlíte stolní lampičkou osazenou kulovou LED žárovkou RGB 3W B22. Pro každý tácek nastavte pomocí dodaného dálkového ovladače barvu na červenou, oranžovou, žlutou, zelenou, modrou, fialovou nebo bílou. Nechte tácky pod úplným osvětlením po dobu šesti dnů a dle potřeby pravidelně zalévejte (**OBR. 9**).

Po šesti dnech trávu z každého táčku nůžkami ostříhejte (až ke spodní části stonku) a pomocí elektronické váhy zjistíte hmotnost ustřižené čerstvé trávy z každého táčku. Zapište hodnoty do vhodné tabulky (viz vzorové údaje na **OBR. 10**).



OBR. 9 Táčky s trávou byly osvětleny světlem různé barvy po dobu šesti dnů a pak byla tráva ustřižena pro změření hmotnosti v čerstvém stavu jako měřítko rychlosti růstu.

OBR. 10 Vzorové údaje o vlivu vlnové délky světla na hmotnost čerstvé trávy ustřižené po šesti dnech osvětlení (jako měřítko rychlosti růstu trávy)

Barva žárovky	Vlnová délka světla [nm]	Hmotnost čerstvé trávy ustřižené po 6 dnech osvětlení [g]
Fialová	420	4,15
Modrá	450	6,02
Zelená	520	3,66
Žlutá	570	4,09
Oranžová	620	5,54
Červená	680	6,23
Bílá	/	5,43

4 | ZÁVĚR

Studenti, kteří se zúčastnili tohoto projektu, lépe porozuměli světelným a temnostním reakcím (Calvinův cyklus) fotosyntézy, obzvláště tomu, jak se produkty temnostních reakcí při Calvinově cyklu využívají a jak to ovlivňuje rychlost růstu rostlin. Studenti těžili z diskuzí o důležitosti řízení co největšího počtu proměnných během klíčení a růstu semenáčků trávy (např. hloubka substrátu, režim zalévání, vzdálenost barevných sví-

tidel od tácků s trávou) i během zkoumání rychlosti fotosyntézy (např. vzdálenost barevných lampiček od extraktu obsahujícího chloroplasty). Tyto diskuze umožnili studentům lépe pochopit důležitost vhodného plánu pokusu při zkoumání.

Po vyhodnocení výsledků obou pokusů došli studenti k závěru, že mezi rychlostí fotosyntézy a rychlostí růstu trávy pro různé barvy světla existuje souvislost a že rychlost fotosyntézy i růstu je nejvyšší při červeném a nejnižší při zeleném světle. Tyto výsledky odpovídaly očekávání s ohledem na absorpční spektrum chlorofylu (**OBR. 3**).

Výsledky pro modré světlo byly nižší, než se očekávalo, což vedlo k zajímavé diskuzi o důvodech. Studenti uváděli, že by to mohlo souviset s různými podíly chlorofylu a a chlorofylu b v chloroplastech (protože chlorofyl a absorbuje méně modrého světla než chlorofyl b). I tak má modré světlo více energie než červené světlo, a teoreticky by tedy mělo vybudit více elektronů, tj. rychlost fotosyntézy i růstu by u něj měly být vyšší. Další průzkum odhalil možné vysvětlení: chloroplasty obsahují další skupinu fotosyntetických pigmentů nazvanou karotenoidy, které zahrnují oranžové pigmenty (karoteny) a žluté pigmenty (xantofyly). Tyto pigmenty vykazují maximální absorpci modrého světla a podobně jako chlorofyl b přenášejí energii, kterou absorbují, na chlorofyl a s cílem vyvolat buzení elektronů při světelné reakci. Přenos energie však není efektivní. Ačkoliv může tato disipace energie působit neúspěšně, může být nezbytné chránit rostlinu před potenciálně škodlivými účinky vysoké energie modrého světla.

Ve svých závěrečných doporučeních studenti uváděli, že osvětlovací soupravy využívající červeného světla by mohly zajistit účinnější růst a obnovu trávy, nicméně fotbalová hřiště používají vysokotlaké sodíkové (HPS) výbojky. Vynálezce mobilních osvětlovacích souprav (Kolbjørn Saether – osobní komunikace) vysvětlil, že jeho společnost je společně s norským Ústavem pro výzkum plodin zapojena do několika výzkumných programů, které se zabývají vlivem umělého osvětlení na růst trávy. Zkoumali několik parametrů, jako například intenzitu světla, množství světla denně, teplotu a výživu. Nezabývali se ale vlivem vlnové délky světla a mají velký zájem o výsledky našich pokusů.

Osobní zkušenosti

Během extrakce chloroplastů se při míchání uvolňují enzymy, které chloroplasty poškozují a zpomalují rychlost fotosyntézy (aktivita těchto enzymů je omezena použitím studeného extrakčního pufru a uchováváním extraktu s chloroplasty na ledu). Během zkoumání si studenti uvědomili, že extrakty s chloroplasty postupně ztrácejí aktivitu. Za účelem překonání tohoto problému a zajištění platných srovnání studenti stanoví rychlost fotosyntézy co nejrychleji, přičemž pokusy odstupňují a použijí různé žárovky v co nejkratším možném čase, aby byly všechny použité extrakty co nejčerstvější.

Bylo nemožné porovnat barvu extraktů s chloroplasty v experimentálních trubičkách s barvou referenční trubičky při různých světelných režimech. Jednou z výhod použití dálkově ovládaných žárovek byla možnost pravidelně přepínat barvu na bílou, aby bylo možné zkontrolovat barevnou shodu. Další výhodou těchto žárovek je, že se nezahřívají, protože nárůst teploty by ovlivnil jak rychlost růstu, tak i rychlost zbarvení DCPIP. Studenti tak mohli bezpečně nechat lampičky rozsvícené nepřetržitě po dobu šesti dnů.

Hodnoty vlnové délky světla různých barev zaznamenané na **OBR. 7** a **OBR. 10** musejí být považovány za přibližné, protože každá barva je tvořena řadou vlnových délek ve spojitém spektru.

5 | MOŽNOSTI SPOLUPRÁCE

Studenti z různých škol by mohli porovnávat své výsledky z obou zkoumání, svá vylepšení plánu pokusů i zkoumání vlivů vlnové délky světla na rychlost fotosyntézy u jiných druhů rostlin.

REFERENCE

- ^[1] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_visible_spectrum.svg (08.03.2016)
- ^[2] Chlorophyll_ab_spectra2.PNG: Aushulz – odvozená práce: M0tty [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>) nebo GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], prostřednictvím Wikimedia Commons (08.03.2016)
- ^[3] 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

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

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

PLEASE ORDER FROM

www.science-on-stage.de
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

 www.facebook.com/scienceonstageeurope

 www.twitter.com/ScienceOnStage

Subscribe for our newsletter:

 www.science-on-stage.eu/newsletter



MAIN SUPPORTER OF
SCIENCE ON STAGE GERMANY

think
ING.
Die Initiative für
Ingenieur Nachwuchs

Proudly supported by

