



Biologie mit Minze – Plants 'R' Mint

Dr. Richard Spencer

Lehrer für Biologie und Chemie am Middlesbrough College, England

„Was ich am Unterrichten liebe? Das Privileg, mit jungen Menschen zusammenzuarbeiten, ihre Leidenschaft zu wecken und ihre Energie zu nutzen. Die Möglichkeit, kreativ zu sein und Wissenschaft auf verschiedenen Wegen zu vermitteln... und das erhebende Gefühl solcher Aha-Momente, wenn ein kompliziertes Thema plötzlich von den Schülern durchschaut wird und man merkt, dass sich die vielen Stunden der Planung gelohnt haben. Zu sehen, wie das Selbstbewusstsein meiner Schüler wächst, und zu wissen, dass ich dazu beitragen kann, sie für künftigen Erfolg vorzubereiten und zwar lange über die Zeit in meinem Klassenzimmer hinaus.“

Mit dieser Einstellung gewann er mehrere Lehrpreise und schaffte es 2015 unter die 10 Nominierten des Global Teacher Prize.





Klassenstufe: 11–13

Fächer: Biologie, Chemie

Zeitlicher Rahmen der Einheit: ca. 2 Stunden

Schlüsselwörter: Fotosynthese, Chromatografie

Bezug zum Lehrplan: Die Schülerinnen und Schüler vertiefen und erweitern ihre Kenntnisse über Ökosysteme (und Fotosynthese) und deren Strukturierungselemente. Mit dieser Unterrichtseinheit wird das fächerübergreifende Lernen unterstützt. Das Auswerten statistischer Daten, das Erstellen sachgerechter Diagramme sowie das Erörtern der Tragweite und der Grenzen von Untersuchungsergebnissen wird gefördert.

Einführung

Plants 'R' Mint ist eine innovative Lerneinheit, recherchiert und entwickelt von Dr. Richard Spencer, gefördert durch einen SAPS Associate Award (GB) und vorgestellt auf dem Science on Stage Festival 2013 in Stübice/Frankfurt (Oder). Ursprünglich wurde sie dazu entwickelt, ein breiteres Verständnis von Biologie auf Abiturniveau zu vermitteln.

Von der Auswirkung von Menthol auf Raucher bis hin zu Mutationen und ihren Folgen für die Evolution bringt diese Lerneinheit Schüler dazu, Verbindungen zwischen verschiedenen Themen herzustellen, und fördert ihre Fähigkeit, bestehendes Wissen in neuen Zusammenhängen anzuwenden.

Zusätzlich zu diesem Unterrichtsmaterial nutzen die Schüler einen eigenen „Studienorganismus“ – eine Minzpflanze, die sie selbst ziehen und im Laufe des Schuljahres wachsen lassen. Ein solcher Studienorganismus ist wichtig für die Schüler, um die abgedeckten biologischen Themen mit einem Beispiel aus dem echten Leben verknüpfen zu können.

Die Lerneinheit besteht aus fünf Lernpaketen, in denen verschiedenste Bereiche der Biologie der Tiere, Menschen und Pflanzen um ein gemeinsames Thema herum zusammengebracht werden. Die Lernpakete sollen für Schüler eine Herausforderung sein und sie in ihrem Wissen weiterbringen. Sie zeigen vor allem, dass Pflanzen und Tiere voneinander abhängige Organismen sind, deren biologische Eigenschaften sich gegenseitig beeinflussen.

In dieser Unterrichtseinheit wird ein Auszug aus dem Projekt Plants 'R' Mint vorgestellt.

A. Extraktion fotosynthetisch aktiver Pigmente aus Minzblättern:

Separation und Identifikation von vier Arten fotosynthetisch aktiver Pigmente in Minzpflanzen mithilfe von Papierchromatografie.

- Einführung: Seite 26
- Versuchsanleitung für Schüler: Seite 28
- Fragen zum Versuch für Schüler: Seite 30
- Hinweise für Lehrkräfte: Seite 31

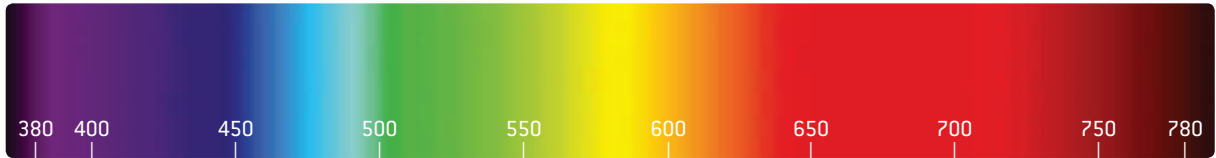
B. Auswirkungen der Wellenlänge von Licht auf die Fotosyntheserate:

Verwendung von DCPIP (Dichlorphenolindophenol auch bekannt als Tillmans Reagenz) als Indikator für die Fotosyntheserate von Minzpflanzenextrakt, das Licht mit unterschiedlicher Wellenlänge ausgesetzt wird.

- Versuch: Seite 32
- Fragen zum Versuch für Schüler: Seite 34
- Hinweise für Lehrkräfte: Seite 36

Das vollständige Material (in englischer Sprache) finden Sie auf: <http://www.saps.org.uk/secondary/teaching-resources/1262>

Dort finden sich Unterrichtseinheiten mit Arbeitsblättern, Versuchsbeschreibungen, Lösungsblättern etc. zu verschiedenen Themen: Zellmembran, Nerven, Hormone, Atmung, Gesundheit und Krankheit, Fotosynthese, Meiose, Gentechnologie, Biodiversität, Zellstruktur, Ökosystem u. v. m.



Sichtbares Spektrum · Quelle: Wikipedia

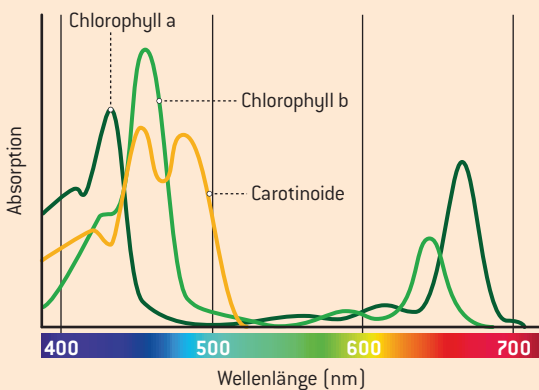
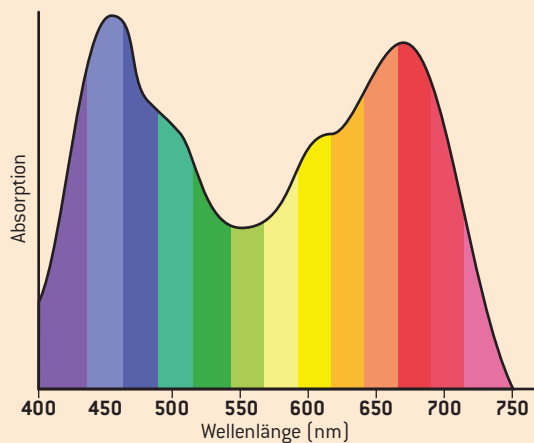
1. Fotosynthetisch aktive Pigmente – Einführung

Sichtbares Spektrum:

Das sichtbare Spektrum (weißes Licht) besteht aus unterschiedlichen Wellenlängen und verschiedenen Farben.

Farbe:

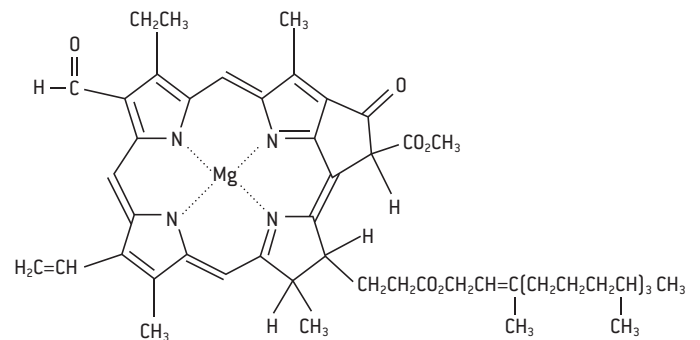
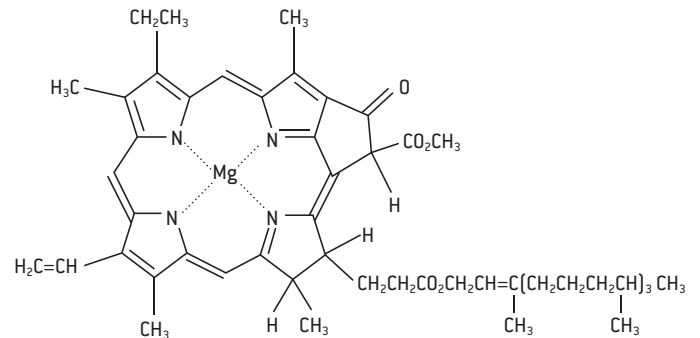
Die Farbe eines Gegenstands oder einer Lösung hängt davon ab, welcher Teil des sichtbaren Spektrums übertragen oder reflektiert wird und welcher Teil absorbiert wird. Fotosynthetisch aktive Pigmente haben die Farbe des Lichts, das sie reflektieren [geringe Absorption].



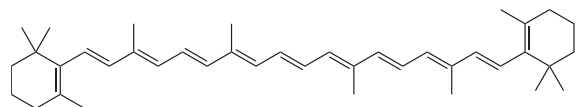
Fotosynthetische Pigmente:

Die Blätter der Minzpflanzen enthalten verschiedene fotosynthetisch aktive Pigmente mit unterschiedlichen Absorptionsspektren, die somit auch unterschiedlich gefärbt sind. Chlorophyll a hat ein anderes Grün als Chlorophyll b. Bei den Carotinoiden gibt es Betacarotin (gelborange) und Xanthophylle (gelb).

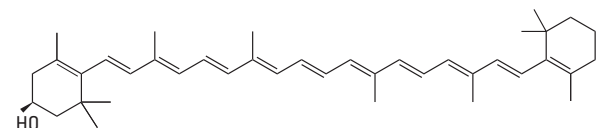
Struktur von Chlorophyll a (oben) und Chlorophyll b (unten)



Struktur von Betacarotin:



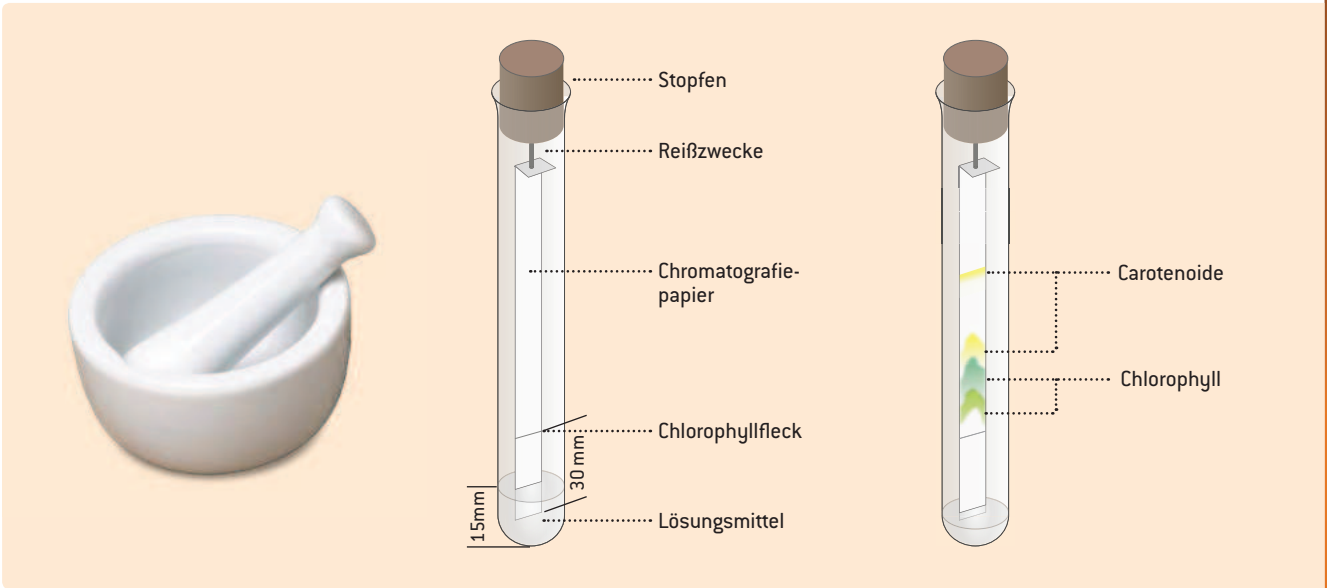
Struktur eines Xantophyll (hier Cryptoxanthin):



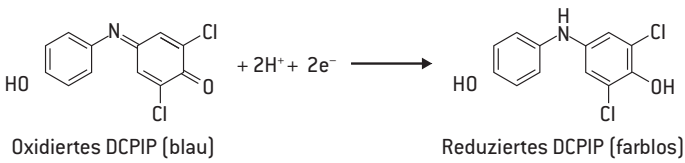
Chromatografie:

Fotosynthetisch aktive Pigmente lassen sich aus Minzblättern extrahieren und mit Papierchromatografie mit einem unpolaren Lösungsmittel separieren.

Je mehr Sauerstoffatome ein Pigment enthält, desto weniger löslich ist es im unpolaren Lösungsmittel und desto kürzer ist die Distanz, die es zurücklegt.



**2,6-Dichlorphenolindophenol – DCPIP
(Tillmans Reagenz)**



Versuch: Extraktion fotosynthetisch aktiver Pigmente aus Minzblättern

Hinweise zur Sicherheit



Das Lösungsmittel ist flüchtig und brennbar: Von offenem Feuer fernhalten und das Einatmen der Dämpfe vermeiden.

Schutzbrille und Schutzkleidung tragen!

Ziele

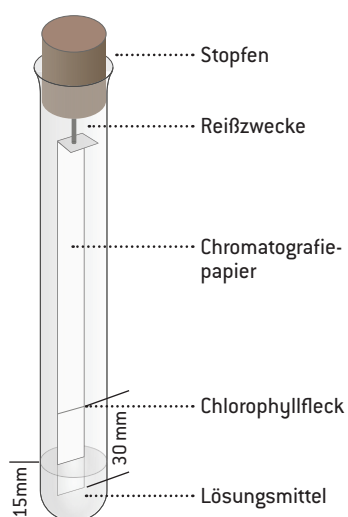
1. Extraktion und Identifikation unterschiedlicher fotosynthetisch aktiver Pigmente aus den Blättern einer Minzpflanze.
2. Erklärung, warum Minzblätter grün sind.

Material (pro Gruppe)

- frische Minzblätter (ca. 15 Stück, z. B. Grüne Minze oder Pfefferminze)
- Mörser und Stößel
- Spatel
- Sand
- Lösungsmittel
- Streifen Chromatografiepapier
- Reagenzglas mit Ständer
- (Kork-)Stopfen
- Reißzwecke
- Lineal und Bleistift
- destilliertes Wasser
- zwei 5 ml Spritzen oder Messzylinder 10 cm³
- leere Schnapdeckelflasche o.ä. mit Deckel
- Farbstifte: blau, grün, gelb und orange
- Kapillarrohr (z. B. Schmelzpunktröhrchen) für das Spotting

Durchführung

1. 15 frische Minzblätter in einen Mörser geben, einen Spatel Sand hinzufügen und mit dem Stößel zu einer Paste zermahlen.
2. Das zermahlene Material in eine Schnappdeckelflasche geben. Mit einer Spritze 10 cm³ Lösungsmittel hinzufügen. Die Flasche fest mit dem Deckel verschließen und 2 Minuten lang stehen lassen.
3. In der Zwischenzeit auf dem Streifen Chromatografiepapier 30 mm vom unteren Rand entfernt mit dem Lineal eine Bleistiftlinie ziehen.
4. Das Papier mit einer Reißzwecke an den Korkstopfen des Reagenzglas stecken. Das untere Ende des Streifens muss dabei fast den Boden des Reagenzglas erreichen und die Ränder dürfen die Innenwände nicht berühren.
5. Das Papier wieder vom Stopfen nehmen. Etwa 15 mm hoch Lösungsmittel in das Reagenzglas geben und den Stopfen wieder anbringen, damit die Atmosphäre im Reagenzglas gesättigt wird.
6. Mit einer Spritze 3 cm³ Wasser in den Extrakt in der Universalflasche geben. Kräftig schütteln und stehen lassen, dass sich zwei Schichten bilden können.
7. Mit einem Kapillarrohr einen Tropfen der oberen Schicht in der Flasche (mit dem Pigment) in die Mitte der Bleistiftlinie auf dem Chromatografiepapier geben.
8. Den Tropfen trocknen lassen und einen zweiten Tropfen darüber geben. Dieses Verfahren etwa 5 Minuten lang wiederholen, um einen konzentrierten Fleck zu erhalten (je kleiner desto besser).
9. Jetzt wird das Papier wieder an den Stopfen gesteckt und in das Reagenzglas gehängt, sodass das Ende in das Lösungsmittel eintaucht, aber **Vorsicht**: Der Pigmentfleck darf **nicht eingetaucht** werden.
10. Etwa 15 Minuten lang verschlossen lassen oder solange bis das Lösungsmittel etwa 10 mm vom oberen Rand des Streifens entfernt ist.
11. Streifen entfernen. Mit einer Bleistiftlinie wird die Lösungsmittelfront markiert (wie weit das Lösungsmittel gewandert ist).



Beobachtung

1. Das Chromatogramm zeichnen und beschriften (Pigmentnamen und R_f -Werte).

Pigment	Farbe	R_f
Betacarotin	gelborange	0,95
Xanthophyll	gelb	0,71
Chlorophyll a	blaugrün	0,65
Chlorophyll b	gelbgrün	0,45

2. Die vorderste Kante jedes erkennbaren Pigments markieren und dessen R_f -Wert berechnen.

$$R_f = \frac{\text{Strecke zwischen Startlinie und Pigment}}{\text{Strecke zwischen Startlinie und Lösungsmittelfront}}$$

3. Mit der R_f -Werte-Tabelle (oben) kann jedes Pigment im Chromatogramm identifiziert werden.

Auswertung/Fragen:

1. Erklären Sie, warum unterschiedliche fotosynthetisch aktive Pigmente verschiedene Farben haben!

2. Begründen Sie die grüne Farbe der Minzblätter, obwohl sie aus mehreren verschiedenfarbigen fotosynthetisch aktiven Pigmenten bestehen.

3. Warum werden die Blätter sommergrüner Laubbäume im Herbst goldgelb?

4. Erläutern Sie die Vorteile für Pflanzen wie Minze, mehrere fotosynthetisch aktive Pigmente zu besitzen.

Extraktion fotosynthetisch aktiver Pigmente aus Minzblättern – Chromatografie

Hinweise zur Sicherheit



Das Lösungsmittel ist flüchtig und brennbar: Von offenem Feuer fernhalten und das Einatmen der Dämpfe vermeiden.



Schutzbrille und Schutzkleidung tragen!

Materialliste (pro Schülergruppe)

- frische Minzblätter (ca. 15 Stück, z. B. Grüne Minze oder Pfefferminze)
- Mörser und Stößel
- Spatel
- Sand
- 20 cm³ Lösungsmittel
(1 Teil Propanon, 9 Teile Petrolether)
- Streifen Chromatografiepapier (1,7 cm × 18,0 cm)
- Reagenzglas (2 cm breit × 15 cm hoch)
- (Kork) Stopfen
- Reißzwecke
- Lineal und Bleistift
- 20 cm³ destilliertes Wasser
- zwei 5-cm³-Spritzen oder Messzylinder 10 cm³
- leere Schnapdeckelflasche 20 cm³
- Farbstifte: blau, grün, gelb und orange
- Kapillarrohr (z. B. Schmelzpunktröhrchen) für das Spotting

Antworten auf die Fragen

1. Unterschiedliche fotosynthetisch aktive Pigmente haben verschiedene Farben, weil sie unterschiedliche Teile des sichtbaren Spektrums absorbieren und reflektieren. Die nicht absorbierte Wellenlänge ergibt ihre Farbe.
2. Minzblätter sind grün, weil sie vor allem Chlorophyll a enthalten, das die Farbe der anderen fotosynthetisch aktiven Pigmente verdeckt.
3. Im Herbst machen die Blätter sommergrüner Bäume eine Seneszenz (Alterungsprozess) durch, ehe sie abfallen. Wertvolle Nährstoffe werden aus den Blättern gezogen und für die Produktion neuer Blätter im nächsten Frühjahr gespeichert. Die Blätter werden gelb, weil durch den Zerfall der grünen fotosynthetisch aktiven Pigmente (Chlorophyll a und b) die gelben und orangefarbenen fotosynthetisch aktiven Pigmente sichtbar werden, die schon die ganze Zeit vorhanden waren. Übrigens: Blätter, die im Herbst rot werden, stellen neue Pigmente her, die Anthocyane genannt werden. Diese fungieren als Sonnenschutz der Zellen gegen Fotooxidation, was die Effizienz des Nährstoffrückzugs verbessert.
4. Da Minzpflanzen mehrere fotosynthetisch aktive Pigmente besitzen, können sie einen größeren Teil des sichtbaren Spektrums absorbieren und somit mehr Lichtenergie für die Fotosynthese nutzen. Übrigens: Die Schüler werden vielleicht fragen, warum Blätter nicht schwarz sind, denn das würde bedeuten, dass sie einen größeren Teil des sichtbaren Spektrums absorbieren und somit mehr Lichtenergie. Ein möglicher Grund ist, dass sich die Blätter überhitzen würden, wodurch die Enzyme und andere Proteine, die an der Fotosynthese beteiligt sind, denaturiert würden. Schwarze/dunkel gefärbte Pflanzen findet man beispielsweise in arktischen Regionen, wo die Lichtintensität gering ist und eine Überhitzung somit unwahrscheinlich.

Versuch: Auswirkungen der Wellenlänge von Licht auf die Fotosyntheserate

Hinweise zur Sicherheit

Die Lampe zur Beleuchtung der Kapillarrohre wird heiß. DCPIP ist giftig, es müssen Schutzbrillen getragen werden. Bei Kontakt von DCPIP mit der Haut muss die betroffene Stelle gründlich mit Leitungswasser abgewaschen werden.



Schutzbrille tragen!

Ziel

Untersuchung der Auswirkung der Wellenlänge des Lichts auf die Fotosyntheserate.

Hintergrundinformationen: DCPIP

DCPIP ist ein Redoxindikator, der bei Oxidation blau und bei Reduktion farblos erscheint. Es kann zur Einschätzung der Fotosyntheserate verwendet werden.

Wenn DCPIP dem Chloroplastextrakt hinzugefügt wird, wird es von den Elektronen und Protonen reduziert, die bei den lichtabhängigen Fotosynthesereaktionen gebildet werden, wenn der Extrakt beleuchtet wird. Je schneller diese Reaktionen ablaufen, desto schneller wird das DCPIP reduziert und dadurch entfärbt.

Material (pro Gruppe)

- 8 Kapillarrohre
- Pasteur-Pipette
- Weißes Papier
- Stoppuhr
- Lampe (60 W)
- 6 Filter (rot, orange, gelb, grün, blau, violett)
- Papiertücher
- Chloroplastextrakt (10 cm³)
- DCPIP-Lösung (5 cm³)
- Bogen Aluminiumfolie (20 cm x 20 cm)

Das Experiment sollte in einem Zimmer mit so wenig Tageslicht und künstlicher Beleuchtung wie möglich durchgeführt werden (sodass die Lampe am Platz die Hauptlichtquelle ist).

Durchführung

1. Die Flasche mit dem Chloroplastextrakt vorsichtig schütteln. Ein Ende eines Kapillarrohrs in den Chloroplastextrakt tauchen, damit dieser aufgesogen wird. Das Kapillarrohr herausnehmen und mit einem Tuch an der Außenseite abtrocknen. Dieses Rohr dient als Farbreferenz (es ist grün gefärbt).
2. Mit einer Pasteur-Pipette die DCPIP-Lösung tropfenweise in den übrigen Chloroplastextrakt geben und die Flasche zum Mischen vorsichtig schütteln. Ausreichend DCPIP hinzufügen bis der Extrakt dauerhaft von grün auf blaugrün wechselt, dann die ganze Flasche so schnell wie möglich in Aluminiumfolie wickeln, um den Extrakt aus Chloroplast + DCPIP im Dunkeln zu halten.
3. Eine Lampe 20 cm über einem weißen Papier platzieren (aber noch nicht anschalten). Das farbige Referenzrohr aus Schritt 1 auf das weiße Papier legen und einen Violettfilter darüber platzieren. Jetzt ein zweites Kapillarrohr in den Extrakt aus Chloroplast + DCPIP tauchen, wie zuvor abtrocknen und neben das Farbreferenzrohr unter den Violettfilter legen. Dies muss so schnell wie möglich passieren. Dieses Rohr ist das Versuchsrohr.
4. Die Lampe einschalten und die Stoppuhr starten.
5. Alle 20 Sekunden den Filter entfernen und die Farbe des Versuchsrohrs (das zunächst blaugrün ist) mit der des Referenzrohrs (grün) vergleichen. Dies muss so schnell wie möglich erfolgen. Solange das Versuchsrohr eine blauere Farbe hat als das Farbreferenzrohr, wird der Filter schnell wieder positioniert und nach 20 Sekunden wird erneut geprüft. Dies wird maximal 10 Minuten lang durchgeführt.
6. Die Zeit $\{t\}$, die es dauert, bis die Farbe des Versuchsrohrs mit der des Farbreferenzrohrs übereinstimmt, wird in der Ergebnistabelle vermerkt. Die Lampe ausschalten. Die Geschwindigkeit $\{1/t\}$ der Farbveränderung berechnen und aufschreiben. Wenn nach 10 Minuten keine Farbveränderung vorliegt, wird „keine Veränderung“ vermerkt und die Geschwindigkeit der Farbveränderung als 0 angegeben.
7. Das Experiment mit den anderen Filtern wiederholen.

Auswertung/Fragen:**Ergebnistabelle:**

Filterfarbe	Wellenlänge des Lichts (nm)	Zeit (s), bis das Versuchsrohr die gleiche Farbe hat wie das Farbreferenzrohr	Geschwindigkeit der DCPIP-Reduktion = $1/t$ (s^{-1})
Violett	420		
Blau	450		
Grün	520		
Gelb	570		
Orange	620		
Rot	680		

1. Zeichnen Sie einen Graphen, der die Abhängigkeit zwischen der Geschwindigkeit der DCPIP-Reduktion von der Wellenlänge des Lichts darstellt.



2. Identifizieren Sie die Wellenlängen und die Farben des Lichts, die (a) die schnellste DCPIP-Reduktion und (b) die langsamste hervorrufen.

3. Erklären Sie unter Einbeziehung der lichtabhängigen Reaktionen, warum DCPIP farblos wird, wenn Fotosynthese stattfindet.

4. Warum wirkt sich die Wellenlänge des Lichts auf die DCPIP-Reduktion aus?

5. Diskutieren Sie, welche Einschränkungen dieses Experiment hat und wie man es verbessern könnte.

Auswirkungen der Wellenlänge von Licht auf die Fotosyntheserate, DCPIP

Hinweise zur Sicherheit

Die Lampe zur Beleuchtung der Kapillarrohre wird heiß. DCPIP ist giftig, es müssen Schutzbrillen getragen werden. Bei Kontakt von DCPIP mit der Haut muss die betroffene Stelle gründlich mit Leitungswasser abgewaschen werden.



Schutzbrille tragen!

Materialliste (pro Schülerpaar)

- 8 Kapillarrohre
- Pasteur-Pipette
- weißes Papier
- Stoppuhr
- Lampe (60 W)
- 6 Filter (rot, orange, gelb, grün, blau, violett) zugeschnitten auf 3 cm × 10 cm
- Papiertücher
- Chloroplastextrakt (10 cm³), siehe Seite 37
- DCPIP-Lösung (5 cm³), siehe Seite 37
- Bogen Aluminiumfolie (20 cm × 20 cm)

Antworten auf die Fragen

1. Graph zur Geschwindigkeit der DCPIP-Reduktion im Bezug zur Wellenlänge des Lichts.
2. Am schnellsten: Violett (420 nm). Am langsamsten: Grün (520 nm).
3. Während der lichtabhängigen Reaktionen der Fotosynthese (nichtzyklische Fotophosphorylierung) absorbieren Chlorophyllmoleküle Lichtenergie. Die Elektronen werden angeregt, verlassen das Chlorophyllmolekül und werden schließlich dazu verwendet, ein Koenzym namens NADP zu reduzieren. Die Elektronen, die das Chlorophyll verloren hat, werden durch Elektronen ersetzt, die durch die Fotolyse von Wasser produziert werden. Bei der Fotolyse entstehen auch Protonen (H⁺-Ionen), die ebenfalls zur Reduktion von NADP zum Einsatz kommen. In diesem Experiment wird DCPIP von Elektronen und Protonen reduziert, die während dieser Reaktionen bereitgestellt werden.
4. Chlorophyll absorbiert manche Wellenlängen des Lichts (z. B. violett, rot) besser als andere (z. B. grün, gelb). Je mehr Lichtenergie absorbiert wird, desto mehr Elektronen und Protonen werden bei den lichtabhängigen Reaktionen produziert, die dann zu einer schnelleren DCPIP-Reduktion führen.
5. Zu den Einschränkungen gehören: mangelnde Wiederholungen, die Überprüfung nur alle 20 Sekunden, sodass die präzise Zeit der Farbveränderung nicht bekannt ist, die Exposition mit Licht von außen, wenn die Filter entfernt werden, die Schwierigkeit, Farben exakt abzustimmen, die mangelnde Temperaturkontrolle (Lampe erwärmt sich).

Beispielergebnisse

Filterfarbe	Wellenlänge des Lichts (nm)	Zeit (s), bis das Versuchsrohr die gleiche Farbe hat wie das Farbreferenzrohr	Geschwindigkeit der DCPIP-Reduktion = 1/t (s ⁻¹)
Violett	420	180	≈ 5,56 · 10 ⁻³
Blau	450	360	≈ 2,78 · 10 ⁻³
Grün	520	unverändert	–
Gelb	570	620	≈ 1,61 · 10 ⁻³
Orange	620	260	≈ 3,85 · 10 ⁻³
Rot	680	320	≈ 3,13 · 10 ⁻³

Herstellung der Lösungen (für 20 Schüler)

Chemikalien / Materialien

- Dinatriumhydrogenphosphathydrat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)
- wasserfreies Kaliumdihydrogenphosphat (KH_2PO_4)
- Saccharose
- Kaliumchlorid
- DCIP (2,6-Dichlorphenolindophenol Natriumsalz)
- destilliertes Wasser
- Baumwolltuch
- pH-Meter

1. pH-7,5-Pufferlösung

Diese Lösung wird benötigt, um die Saccharoselösung und die DCPIP-Lösung herzustellen.

2,7 g Natriumhydrogenphosphathydrat und 1,0 g wasserfreies Kaliumdihydrogenphosphat in 250 cm³ destilliertem Wasser lösen. Mehr destilliertes Wasser hinzufügen, um auf ein Endvolumen von 300 cm³ zu kommen. Mit einem pH-Meter prüfen, ob der pH-Wert bei 7,5 liegt. Liegt der pH-Wert unter 7,5, dann wird etwas mehr Natriumhydrogenphosphathydrat hinzugefügt, bis dieser bei 7,5 liegt. Liegt der pH-Wert über 7,5, dann wird etwas mehr wasserfreies Kaliumdihydrogenphosphat hinzugefügt, bis dieser auf 7,5 gesunken ist.

Im Kühlschrank aufbewahren.

2. Saccharoselösung

Diese Lösung wird benötigt, um den Chloroplastextrakt herzustellen.

20 g Saccharose und 0,15 g Kaliumchlorid in 150 cm³ pH-7,5-Pufferlösung lösen.

Im Kühlschrank aufbewahren.

3. Chloroplastextrakt

Muss kurz vor der praktischen Stunde frisch zubereitet werden!

25 g frische Minzblätter in 150 cm³ Saccharoselösung geben. 20 Sekunden lang mischen, um die Zellen aufzubrechen und die Chloroplasten freizusetzen. Durch ein Baumwolltuch filtern, um alle Zellwandstücke zu entfernen.

Im Kühlschrank aufbewahren.

4. DCPIP-Lösung

0,1 g DCIP und 0,4 g Kaliumchlorid in 100 cm³ pH-7,5-Pufferlösung lösen.

Im Kühlschrank aufbewahren.