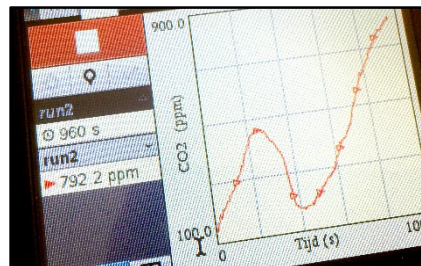
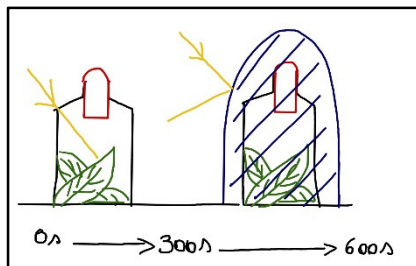




Respiratie en fotosynthese bij planten onderzoeken met een CO₂-sensor

Workshop 21^{ste} Vlaams Congres van Leraars Wetenschappen

Natalie Dirckx



● Voorwoord

Jarenlang behoorden biologie, chemie en fysica (2^{de} graad) tot mijn takenpakket. Op dit moment geef ik biologie in de derde graad en heb ik in de tweede graad enkel nog de vakken biologie, chemie en project wetenschap.

Aangezien de leerkrachten wiskunde op mijn school enkele jaren geleden beslisten om al in het derde jaar gebruik te maken van de TI-Nspire, heb ik besloten om toen de mogelijkheden te bekijken om data met sensoren te capteren via dit grafisch rekentoestel. Eenmaal een beetje wegwijs met deze technologie werd het voor mij een uitdaging om experimenten uit te voeren met mijn leerlingen. Zo ontdekte ik gaandeweg de didactische meerwaarde van onderzoekend en probleemoplossend leren.

De experimenten over respiratie en fotosynthese die in dit minicahier worden beschreven, zijn door mijn leerlingen (5 aso - 2u) effectief uitgevoerd tijdens de les. Ze passen binnen de leerplandoelstellingen en kunnen ook als een onderzoekscompetentie dienen.

Ik deel mijn bevindingen omdat ik elke leerkracht het plezier gun van de lachende gezichten tijdens een practicum. Ik hoop dat dit minicahier als een inspiratiebron kan dienen.

Veel plezier ermee!



Natalie Dirckx heeft 9 jaar ervaring in het onderwijs-landschap als wetenschapsleerkracht. Ze geeft les aan het Instituut Agnetendal te Peer en het Provinciaal Instituut te Lommel.

Contactgegevens:

ndirckx@provil.be

natalie.dirckx@agnetendal-peer.be

Sinds 2013 is ze medewerker van T3-Vlaanderen. T3 staat voor Teachers Teaching with Technology. Deze organisatie zet nascholingen op om leerkrachten te ondersteunen in het gebruik van technologie in het onderwijs.

<http://www.t3vlaanderen.be>

● Inleiding

In de tweede graad worden de termen autotrofe en heterotrofe organismen besproken. Aantonen dat een autotroof organisme CO₂ verbruikt, kan dus zeer simpel met een CO₂-sensor. De werkwijze wordt uitgelegd in het eerste experiment.

In het eerste jaar van de derde graad wordt er fotosynthese en cellulaire respiratie besproken. Experiment 2 doet de leerlingen inzien dat een plant zowel aan fotosynthese als respiratie kan doen.

Experiment 3 gaat een stapje verder en is ook geschikt voor leerlingen in de derde graad. De leerlingen worden uitgedaagd om experimenten te bedenken waarbij achterhaald kan worden welke golflengten door chlorofyl gebruikt worden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van kleurfilters.

Dit minicahier zal ook kort de makkelijkste manier beschrijven om de data te verwerken tot een volwaardig onderzoeksverslag.

TIP



In de klassieke biologieboeken worden fotosynthese experimenten voornamelijk uitgevoerd met geraniumbladeren (links). Toch is er voor de experimenten in dit minicahier een lichte voorkeur voor spinaziebladeren (rechts). Spinaziebladeren zijn zeer makkelijk doorheen het hele jaar in de winkel te verkrijgen en reageren sneller op het aangeboden licht.

● Instellingen TI-Nspire en sensor

Lab cradle

Als interface voor het grafisch rekentoestel wordt de lab cradle gebruikt. Het grafisch rekentoestel kan op de lab cradle geschoven worden en de interface bevat poorten om sensoren aan te sluiten. De CO₂-sensor is een analoge sensor en wordt in poort 1 (ch 1) ingepluggd.



CO₂-sensor

De sensor heeft een schuifregelaar voor de gevoeligheid. Voor deze experimenten kan de sensor best op 'low' gezet worden. Deze sensor zal wel enige tijd nodig hebben om op te warmen. Het is dan niet mogelijk om een meting te starten.



Opstelling sensor + lab cradle + TI-Nspire

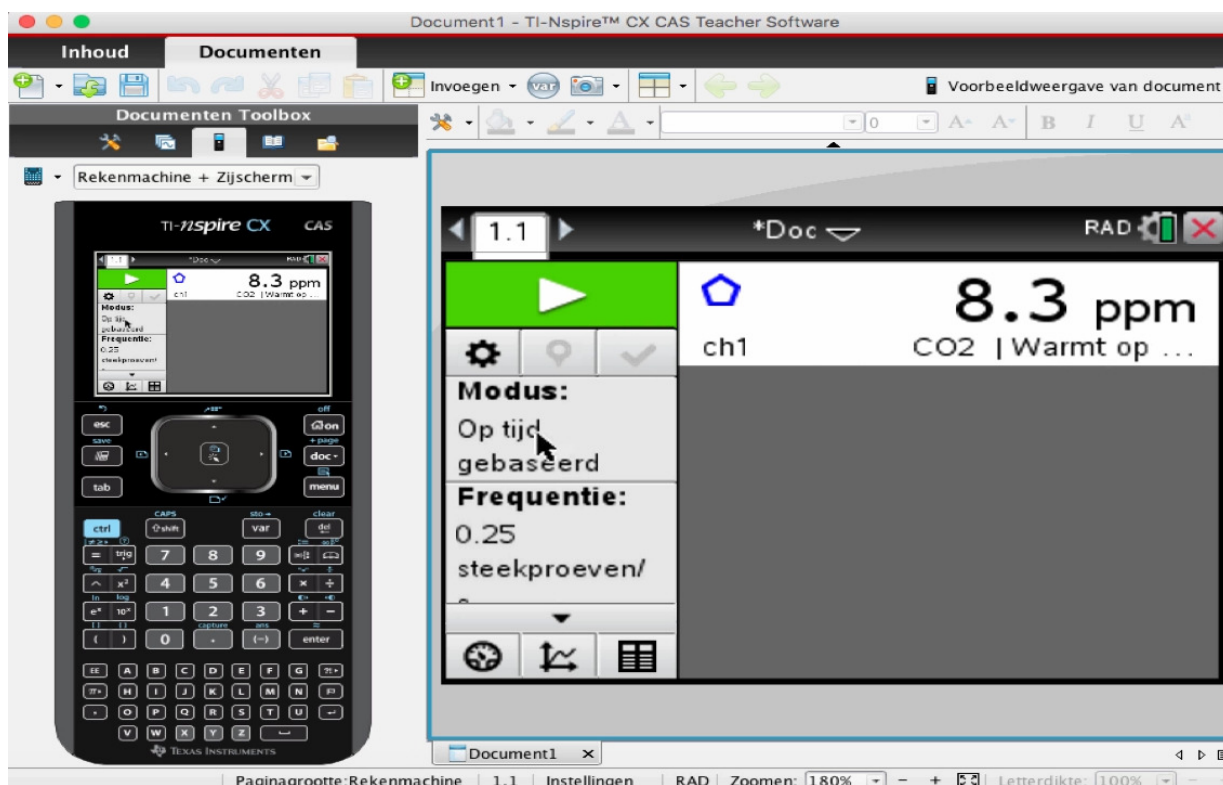
De sensor is in de lab cradle ingepluggd. De TI-Nspire is op de lab cradle geschoven. Wanneer de Nspire op de lab cradle geschoven wordt, zal automatisch de software voor experimenten opstarten.



Instellingen TI-Nspire en sensor

Tutorial

In deze tutorial wordt gedemonstreerd hoe de instellingen op het grafisch reken toestel aangepast worden voor deze experimenten. Tevens wordt getoond hoe de gegevens opgeslagen worden op de handheld.



The screenshot displays the TI-Nspire CX CAS Teacher Software interface. On the left, a virtual TI-Nspire CX handheld is shown with a sensor reading of 8.3 ppm. The main window shows a document titled 'Document1 - TI-Nspire™ CX CAS Teacher Software' with a 'Documenten Toolbox' on the left. The central display area shows a sensor configuration screen for 'ch1' with a reading of '8.3 ppm CO2 | Warmt op ...'. The settings are: 'Modus: Op tijd gebaseerd' and 'Frequentie: 0.25 steekproeven/'. The status bar at the bottom indicates 'Pagina grootte: Rekenmachine | 1.1 | Instellingen | RAD | Zoomen: 180% | Letterdikte: 100%'.

● Experiment 1

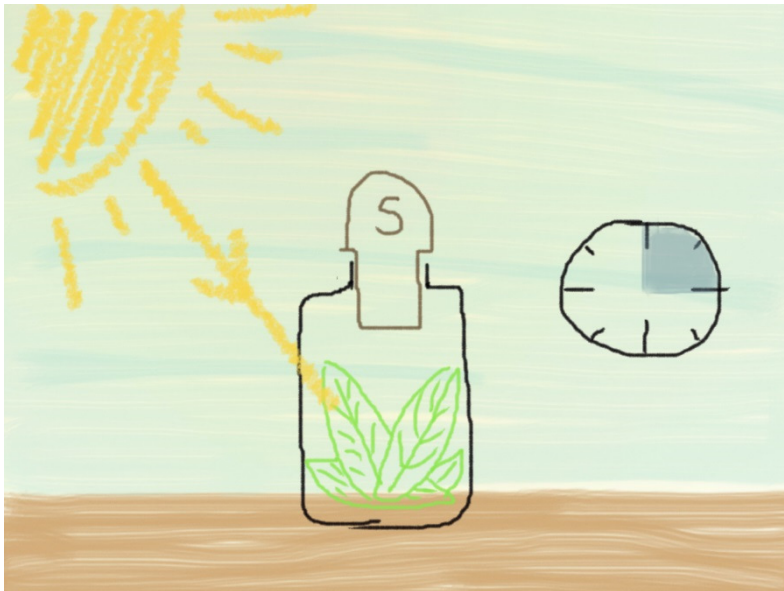
Aantonen van CO₂-verbruik bij fotosynthese

Doelgroep: 2^{de} graad

Benodigdheden: CO₂-sensor, potje, LabCradle, TI-Nspire, spinaziebladen, groeilamp of zonlicht

Animatie

Deze animatie maakt het opzet van het experiment duidelijk en laat de leerlingen nadenken over de hypothese.



Benodigdheden

Deze foto toont de benodigdheden voor dit experiment.



Experiment 1

Vorbereiding voor de leerkracht

Bewaar de spinaziebladeren de nacht voordat het experiment wordt uitgevoerd koel en in het donker. De koelkast is een ideale plaats. De spinaziebladen kunnen best voordat het experiment start een 10-tal minuten in het licht geplaatst worden en dan een 5-tal minuten in het donker. Hierdoor wordt de fotosynthese goed geactiveerd.

Instellen meting

Verzamelmodus	<i>Tijdgebaseerd</i>
Meetfrequentie	<i>5 meetwaarden/s</i>
Duur	<i>300 s of 400 s</i>

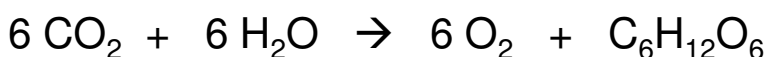
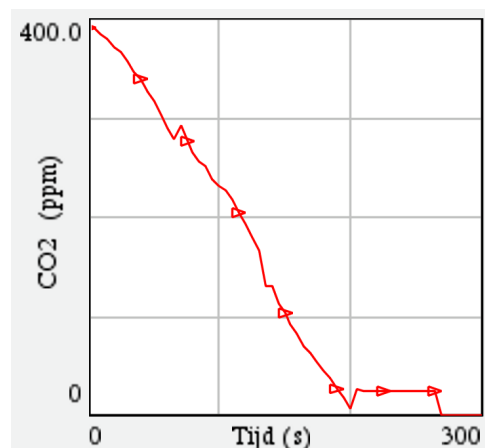
Resultaten

Het CO₂-gehalte in het potje neemt af.

Besluit

De blaadjes doen aan fotosynthese met behulp van licht. Daarbij wordt CO₂ met behulp van water omgezet in O₂ en glucose.

Het CO₂-gehalte in het potje neemt af omdat CO₂ verbruikt wordt tijdens de fotosynthese.



● Experiment 2

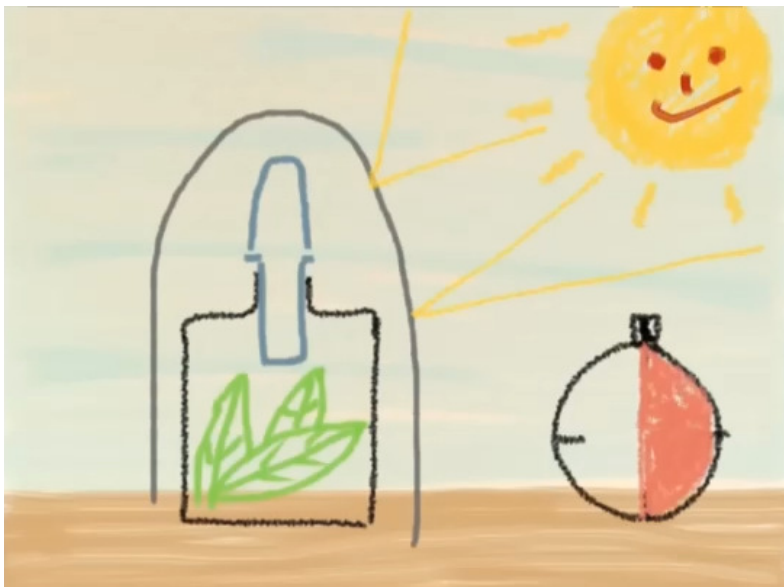
Aantonen van respiratie en fotosynthese bij planten

Doelgroep: 3^{de} graad

Benodigdheden: CO₂-sensor, potje, LabCradle, TI-Nspire, spinaziebladen, groeilamp of zonlicht, vuilzak

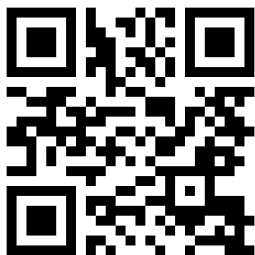
Animatie

Deze animatie maakt het opzet van het experiment duidelijk.



Benodigdheden

In deze video worden de nodige materialen overlopen.



Experiment 2

Vorbereiding voor de leerkracht

Bewaar de spinaziebladeren de nacht voordat het experiment wordt uitgevoerd koel en in het donker. De koelkast is een ideale plaats. De spinaziebladen kunnen best voordat het experiment start een 10-tal minuten in het licht geplaatst worden. Hierdoor wordt de fotosynthese goed geactiveerd.

Instellen meting

Verzamelmodus	<i>Tijdgebaseerd</i>
Meetfrequentie	<i>5 meetwaarden/s</i>
Duur	<i>800 s (400 s donker en 400 s licht)</i>

Werkwijze

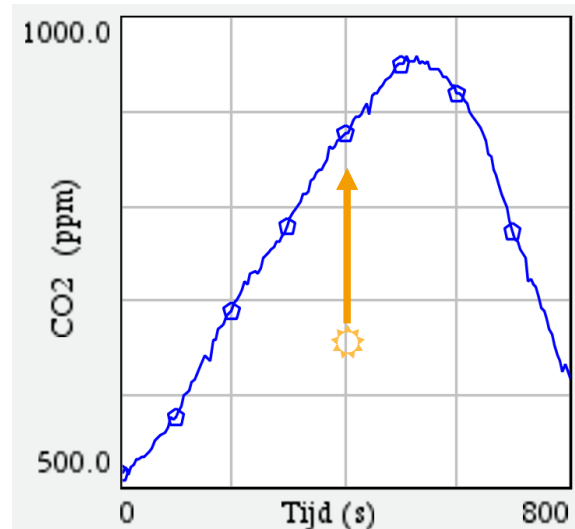
1. Plaats eerst de zak over het potje met bladeren.
2. Start de meting.
3. Na 400 s wordt de zak weggehaald en verloopt de rest van het experiment in het licht.

Resultaten

De pot is afgedekt en het CO₂-gehalte neemt toe tot ongeveer 500 seconden.

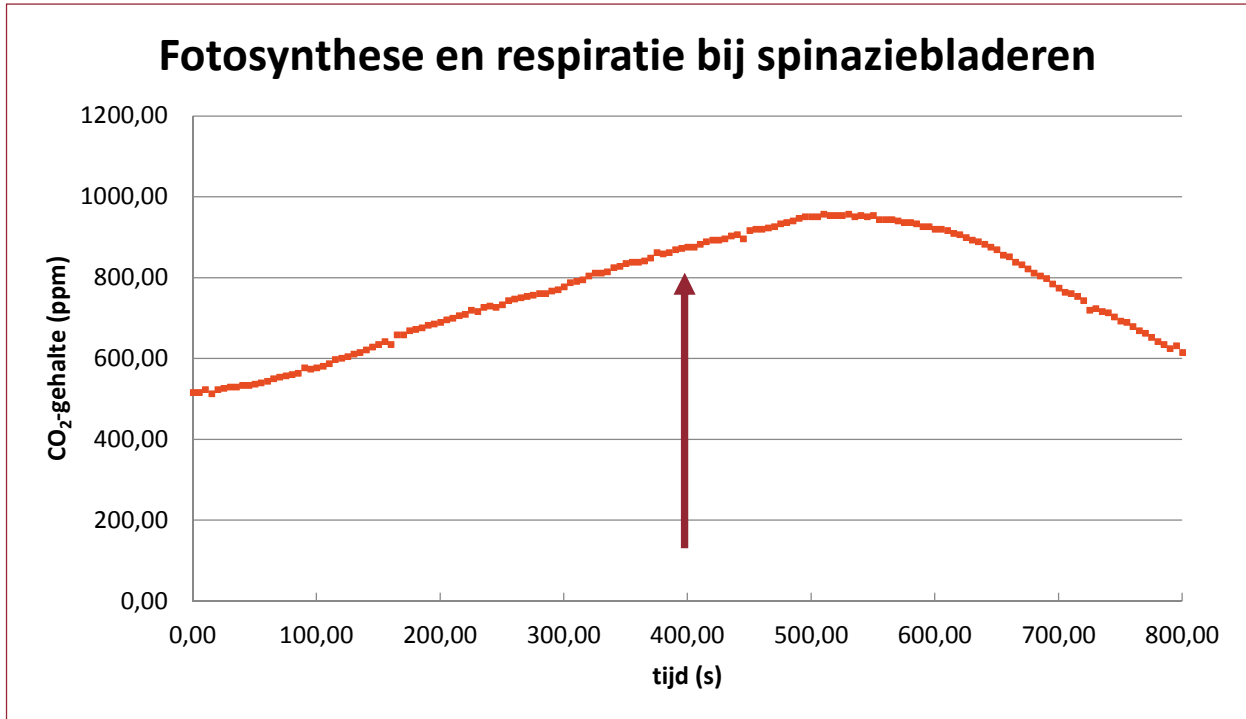
Op 400 seconden werd de pot terug blootgesteld aan licht.

Enige tijd later neemt het CO₂-gehalte weer af.



Experiment 2

Besluit



In het donker produceren de spinaziebladeren CO₂. Ze doen aan respiratie omdat ze zonder licht niet aan fotosynthese kunnen doen.

Op 400 seconden wordt de afdekking weggehaald. Het duurt echter een 100-150 seconden vooraleer de bladeren overschakelen op fotosynthese. Vanaf dan wordt CO₂ in het potje verbruikt en omgezet naar zuurstofgas door fotosynthese. Ook wanneer er licht aanwezig is, zal de plant nog steeds een beetje aan cellulaire respiratie doen. De fotosynthesereactie zal echter overheersen waardoor het CO₂-gehalte toch daalt.

Experiment 2

Opmerkingen

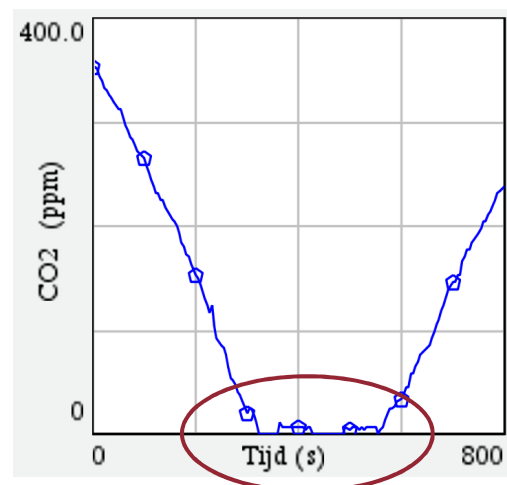
Reactietijd

Wanneer de blaadjes na belichting worden afgedekt kan het tot wel 200 seconden duren vooraleer de verandering in CO₂-gehalte wordt waargenomen. Soms kan deze reactietijd ook een pak korter (80 s) zijn. Vermoedelijk zit er wel wat vertraging op de sensor. Bij uitademing richting CO₂-sensor zal deze pas na enkele seconden traag een verhoogde waarde aangeven. Waarschijnlijk duurt het wellicht ook even vooraleer een plant overgeschakeld is van fotosynthese naar respiratie. De versheid van de spinazieblaadjes kan hierin een rol spelen. Dit is echter moeilijk wetenschappelijk vast te stellen bij gekochte spinazie omdat deze wel of niet gewassen kan zijn in ijswater om de versheid beter te bewaren.

Waarom niet eerst belichten en dan afdekken?

Als de blaadjes eerst belicht worden, doen ze aan fotosynthese. Hierdoor zal het CO₂-gehalte zeer snel dalen en zelfs nul bereiken. Op dat moment zal de plant afwisselend aan fotosynthese/respiratie doen om toch de stofwisseling te kunnen verder zetten.

Als de blaadjes eerst worden afgedekt, zullen ze aan respiratie doen en wordt er genoeg CO₂ gevormd om later de plant aan fotosynthese te laten doen bij belichting.



● Experiment 3

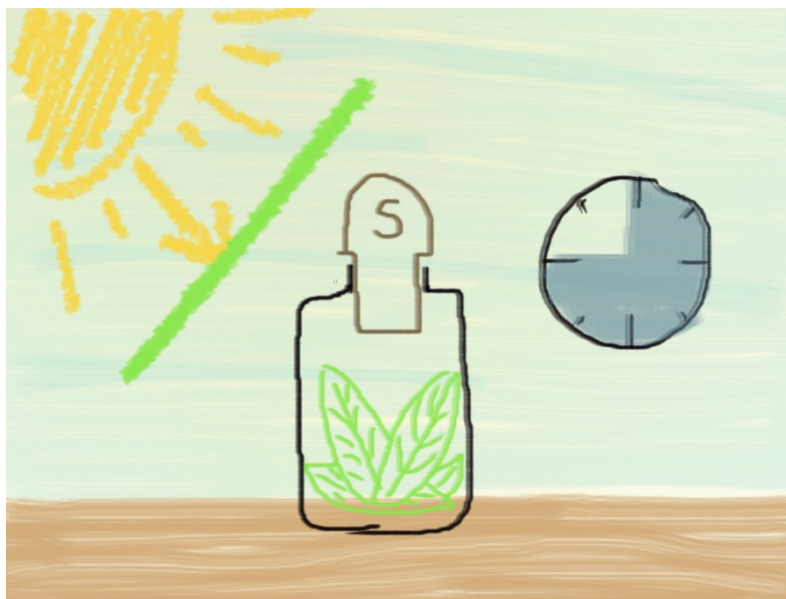
Welke golflengten gebruikt chlorofyl bij fotosynthese?

Doelgroep: 3^{de} graad

Benodigdheden: CO₂-sensor, potje, LabCradle, TI-Nspire, spinaziebladen, groeilamp met statief, vuilzak, rode en groene filter

Animatie

Deze animatie maakt het opzet van het experiment duidelijk en laat de leerlingen nadenken over de hypothese.



Benodigdheden



De rode en groene filter kunnen vlot aangekocht worden in de papierhandel. Rood en groen zijn frequent te vinden omdat deze kleuren voor 3D-brillen gebruikt worden. Andere kleuren zijn moeilijker aan te kopen.

Experiment 3

Vorbereiding voor de leerkracht

In de koelkast kunnen de spinaziebladeren bewaard worden. Plaats voor de start van het experiment de spinazieblaadjes al in het potje. Kalibreer de CO₂-sensor en plaats deze dan op de pot. Belicht de bladeren totdat het CO₂-gehalte gezakt is tot ongeveer 100 ppm. Vanaf dan mag het experiment gestart worden. Hierdoor is er genoeg O₂ gevormd voor dit experiment.

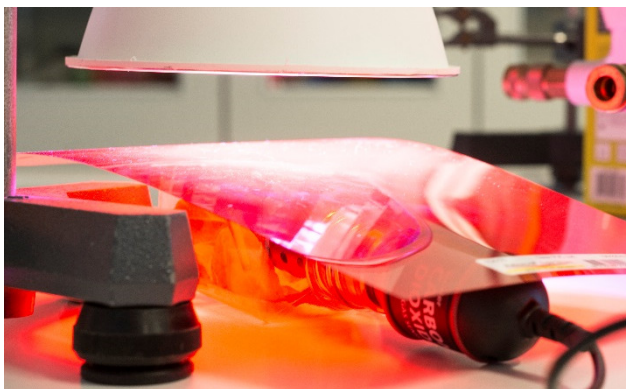
Instellen meting

Verzamelmodus	<i>Tijdgebaseerd</i>
Meetfrequentie	<i>5 meetwaarden/s</i>
Duur	<i>1000 seconden</i>

Rode filter

Werkwijze

1. Afdekken tot 150 seconden.
2. Belichten tot 350 seconden.
3. Weer afdekken tot 700 seconden.
4. Belichten met rode filter tot 1000 seconden.



De rode filter kan gewoon op het potje worden gelegd.

Experiment 3

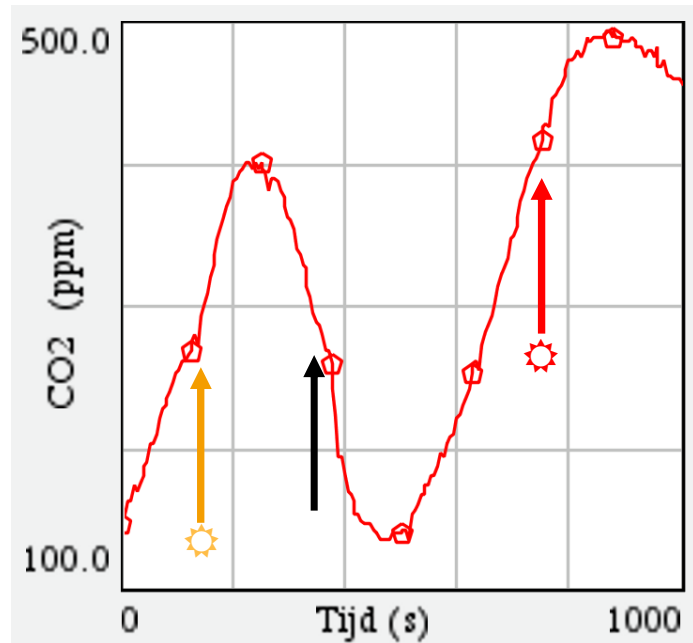
Resultaten

Het experiment begint met een afgedekte pot. Het CO₂-gehalte stijgt.

Na 150 seconden wordt de pot belicht met de lamp (gele pijl). Na een vertraging van ongeveer 100 seconden is dat effect merkbaar in een CO₂ daling.

Op tijdstip 350 s wordt de pot weer afgedekt (zwarte pijl) en met enige vertraging neemt het CO₂ niveau weer toe.

Op tijdstip 750 s wordt de pot belicht met de rode filter voor de lamp (rode pijl). Na enige vertraging zal het CO₂-gehalte weer beginnen dalen.



Groene filter

Werkwijze

1. Afdekken tot 150 seconden.
2. Belichten tot 350 seconden.
3. Weer afdekken tot 650 seconden.
4. Belichten met groene filter tot 1000 seconden.

Experiment 3

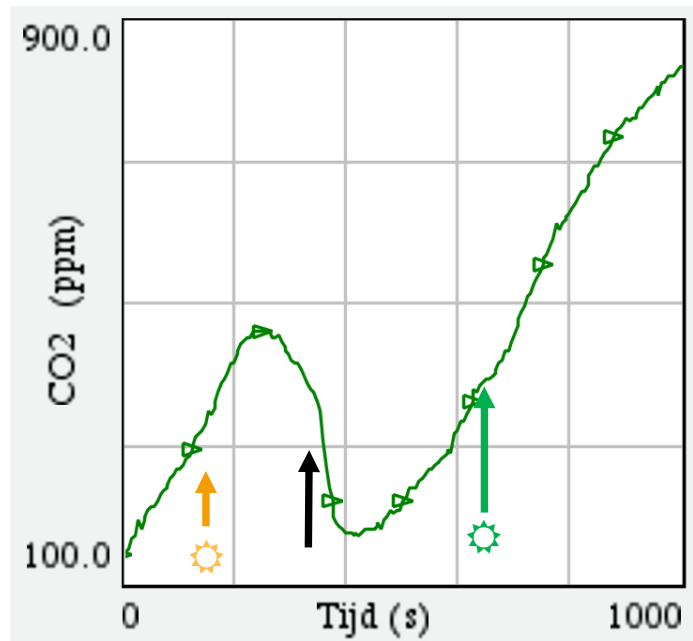
Resultaten

Het experiment begint met een afgedekte pot. Het CO₂-gehalte stijgt.

Na 150 seconden wordt de pot belicht met de lamp (gele pijl). Na een vertraging van ongeveer 100 seconden is dat effect merkbaar in een CO₂ daling.

Op tijdstip 350 s wordt de pot weer afgedekt (zwarte pijl) en met enige vertraging neemt het CO₂ niveau weer toe.

Op tijdstip 650 s wordt de pot belicht met de groene filter voor de lamp (groene pijl). Het CO₂-gehalte blijft stijgen.

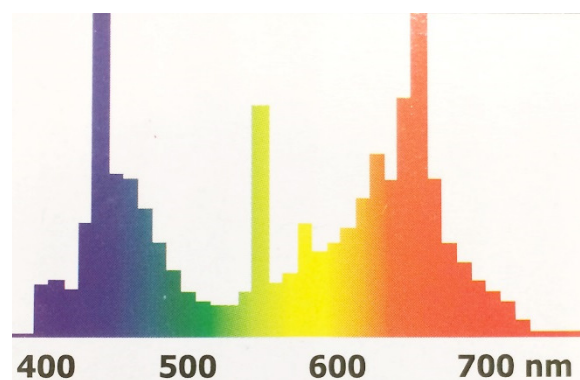


Besluit

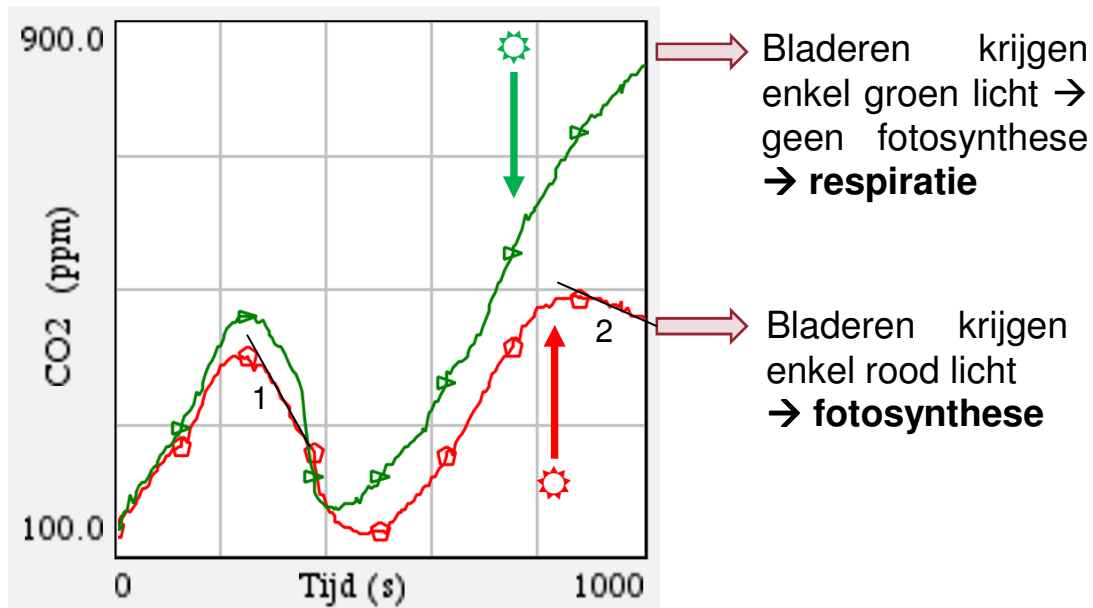
Spectrum van de groeilamp

De golflengten van een groeilamp zijn afgestemd op de op de lichtabsorberende pigmenten in de plant. Chlorofyl zal blauw en rood licht absorberen.

De rode filter zal enkel het rood spectrum doorlaten. De groene filter laat enkel het groen spectrum door.



Experiment 3



De proef verloopt gedurende de eerste 650 seconden gelijkaardig en de grafieken vertonen dan ook een sterke gelijkenis. Pas na 650 seconden zal de grafiek van het experiment met de groene filter blijven stijgen, terwijl deze van het experiment met de rode filter terug zal dalen.

Met de *groene filter* voor de groeilamp, wordt enkel het groen licht doorgelaten. Het chlorofyl in de spinazie kan niets aanvangen met groen licht. Het CO₂-gehalte in de pot blijft dus stijgen omdat de plant blijft respireren omdat er na het afdekken geen licht voor fotosynthese beschikbaar is.

Wanneer de *rode filter* voor de groeilamp wordt geplaatst, zal enkel het rood spectrum van het licht de blaadjes bereiken. Chlorofyl kan licht van deze golflengte absorberen waardoor er fotosynthese plaatsvindt. Het CO₂-gehalte in de pot daalt.

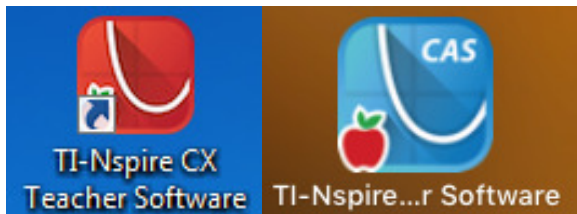
De richtingscoëfficiënt van de fotosynthese momenten op de grafiek van de rode filter is verschillend. Bij volledige belichting door de groeilamp (1) bedraagt de rico -1,5 en bij belichting doorheen de rode filter (2) bedraagt de rico -0,5. Bij volledige belichting is de grafiek steiler omdat ook het blauw spectrum bijdraagt tot de fotosynthese.

Data verwerken in onderzoeksverslag

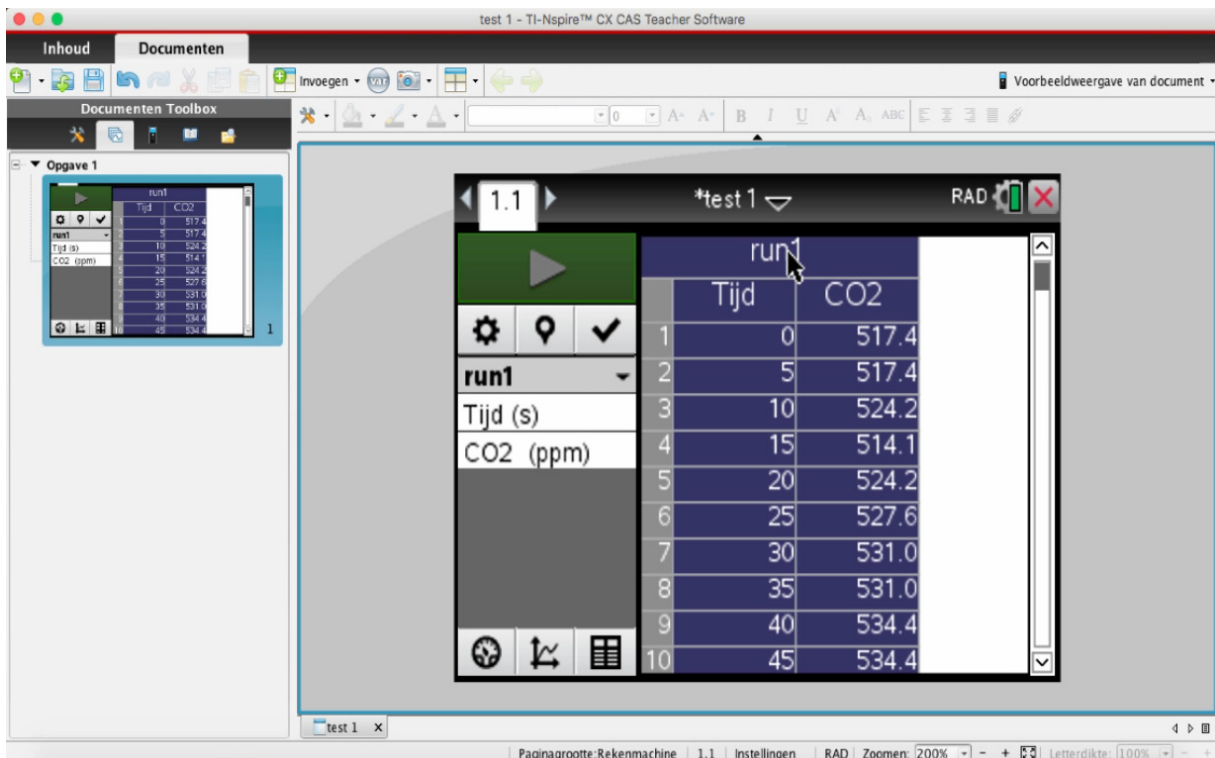
Onderzoeksverslagen worden meestal in Word gemaakt. Screenshots van de grafische data kunnen worden toegevoegd, maar de leerlingen moeten ook grafieken kunnen maken met Excel. De kunst is om de data van het grafisch rekentoestel over te brengen in Excel.

Open eerst de TI-Nspire Software. Koppel de handheld aan de computer en open dan het betreffende experiment.

Hieronder een tutorial die de werkwijze beschrijft om de data te kopiëren en over te brengen naar Excel.



Desktop iconen van de software op Windows en Mac.

A screenshot of the TI-Nspire software interface. The main window displays a data table with two columns: 'Tijd' (Time) and 'CO2'. The table contains 10 rows of data. On the left side, there is a 'Documents Toolbox' showing a preview of the data table. The status bar at the bottom indicates 'Paginagrootte: Rekenmachine 1.1 Instellingen RAD Zoomen: 200% Letterdikte: 100%'.

● Informatie omtrent benodigdheden



Sensoren + biochamber
Merk: Vernier



Interface (lab cradle) en grafisch rekenoestel (TI-Nspire)
Merk: Texas Instruments



Groeilampen Plant Light L15
Merk: Biogreen

