BIOLOGI · CO_2-MÅLING

Fotosyntese

og celleånding

Undersøg, hvordan blade afgiver og optager CO_2 i mørke og lys.



Det lærer I

01

Måle

Se ændringer i CO_2-indholdet, når blade står i mørke og lys.

02

Forklare

Koble målingerne til fotosyntese og celleånding.

03

Beregne

Bestemme netto- og bruttofotosyntese ud fra kurvens hældning.

FORLØBET I KORTE TRÆK

1 Klargør — 2 Mørke — 3 Lys — 4 Analysér

PLANLÆGNING

Sæt mindst 30 minutter af til at gøre sensoren klar. Selve dataopsamlingen er indstillet til 1 time, men kan afsluttes tidligere, når I har cirka 20 minutters målinger i lys.

Baseret på NeuLog: Experiment B-10 Photosynthesis, version 3.2.9 (2016).

FAGLIG BAGGRUND

Hvad sker der i bladene?

Fotosyntese foregår i planters og algers kloroplaster og hos visse bakterier. Her omdannes lysenergi til kemisk energi. Kuldioxid (CO_2) bruges til at opbygge kulhydrater, mens vand bidrager med elektroner og ilt frigives.

FOTOSYNTESE

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{lysenergi} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

Ved **celleånding** frigøres energi fra kulhydrater, som cellerne kan bruge, blandt andet i form af ATP. Celleånding forekommer i levende celler. Ved aerob celleånding kan reaktionen skrives sådan:

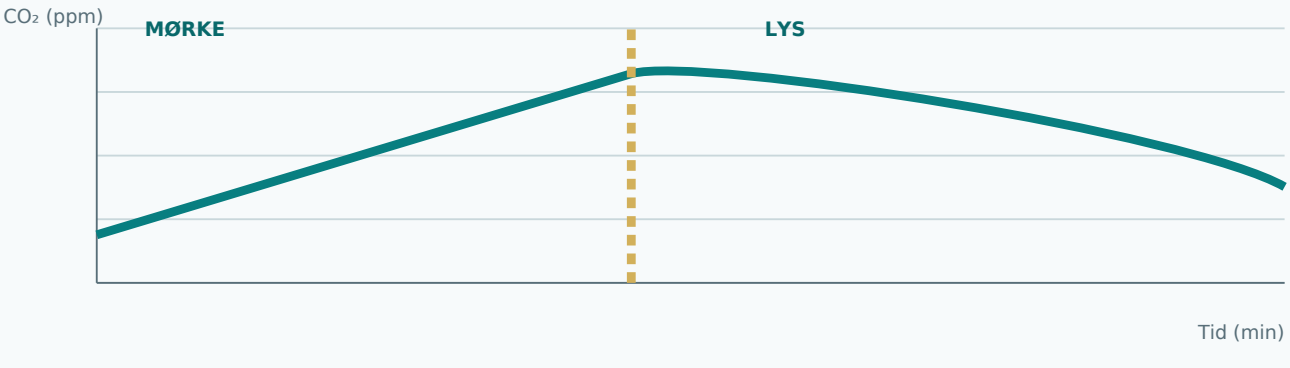
CELLEÅNDING

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{energi}$$

Brutto, netto og respiration

Bruttofotosyntese er plantens samlede optag af CO_2 gennem fotosyntese. **Nettofotosyntese** er det optag, der er tilbage, når CO_2-udskillelsen fra respiration er trukket fra. I lys foregår begge processer samtidig.

Bruttooptag = nettooptag + CO_2 fra respiration
Når vi regner med fortegnede CO_2-kurvehældninger, bliver det i stedet **hældning for brutto = hældning for netto - hældning for respiration.**



FORBEREDELSE

Udstyr og opstilling

SENSORER OG PROGRAM

- PC med NeuLog-program
- USB-200-modul
- NUL-220 CO_2-sensor
- BAT-200 batterimodul (valgfrit)

UDSTYR OG MATERIALER

- Glasflaske til CO_2-sensoren
- Bordlampe
- Lysstofpære
- To lige store portioner grønne blade
- Cirka 30 cm aluminiumsfolie

SÅDAN SER OPSTILLINGEN UD



Oprindeligt foto fra forsøgsvejledningen: CO_2-sensor, flaske med folie, lampe og to portioner blade.

INDEN START

Vælg en plantetype, som læreren på forhånd har vurderet egnet til forsøget. Del bladene i **to lige store grupper**: Én til første forsøg og én til udfordringen på sidste side. Sørg for, at aluminiumsfolien slutter tæt om flasken ved mørkemålingen.

NEULOG OG INDSTILLINGER

Klargør CO_2-sensoren

1

Tilslut sensor og computer

Sæt USB-200-modulet i computeren, og kontrollér, at CO_2-sensoren (NUL-220) er tilsluttet modulet.

2

Lad sensoren stabilisere sig

Vent mindst **30 minutter**, efter at sensoren er forbundet til USB-200 eller batterimodulet, før du justerer nulpunkt/offset eller måler. Vent længere, hvis CO_2-tallet stadig svinger meget. Udåndingsluft påvirker målingen.

3

Åbn NeuLog og indstil målingen

Start programmet og kontrollér, at CO_2-sensoren genkendes. Vælg **Run Experiment / Kør forsøg**. Sæt varigheden til **1 time** og målefrekvensen til **30 målinger pr. minut**.

4

Justér offset udendørs

Tag sensoren med udenfor, og vent et par minutter. Hold dens **offset-knap inde i 3-5 sekunder**. Hvis nødvendigt kan du kortvarigt skifte til BAT-200-batterimodulet.

5

Kontrollér inden forsøget

Tag sensoren med ind igen. Kontrollér, at målingerne er nogenlunde stabile. Indendørs CO_2 vil typisk være højere end udenfor. Mål ikke lige ind i udåndingsluft.

BEMÆRKNING OM 380 PPM

Den oprindelige vejledning fra 2016 beskriver udendørs offset til **380 ppm**. Det er en ældre reference og bør ikke uden videre bruges som nutidigt udendørs CO_2-niveau. Følg den aktuelle kalibreringsvejledning til netop jeres sensor. En eventuel forskydning af nulpunktet ændrer ikke hældningen på CO_2-kurven, som bruges i beregningerne.

Tip: Øv eventuelt NeuLog-knapperne med eleverne før forsøget.

GENNEMFØR FORSØGET

Mørke først - derefter lys



A · MØRKE



B · LYS

1 Forbered mørkemålingen

Pak flasken ind i aluminiumsfolie, så der ikke trænger lys ind. Læg første portion blade i flasken, luk med CO_2-proben, og **vent 3 minutter**.

2 Start og følg grafen

Tryk på **Record / Optag**. CO_2-koncentrationen bør begynde at stige. Brug pilevisningen til at følge tallet undervejs. Efter det første minut kan musens rullehjul bruges til at se hele grafen.

3 Skift til lys efter cirka 15 minutter

Fjern folien, og tænd lampen. I originalforsøget placeres lampen cirka **8 cm fra flasken**. CO_2-koncentrationen bør gerne være over **1.000 ppm**, før lysfasen starter; værdien afhænger af plantematerialet. Hvis CO_2 ikke når derop, foreslår originalen at gentage forsøget og puste i flasken, før den lukkes.

4 Afslut målingen

Fortsæt, indtil der er registreret omtrent **20 minutters data i lys** (eller til målingen automatisk slutter). Tryk **Stop** og derefter **Zoom fit / Tilpas graf**.

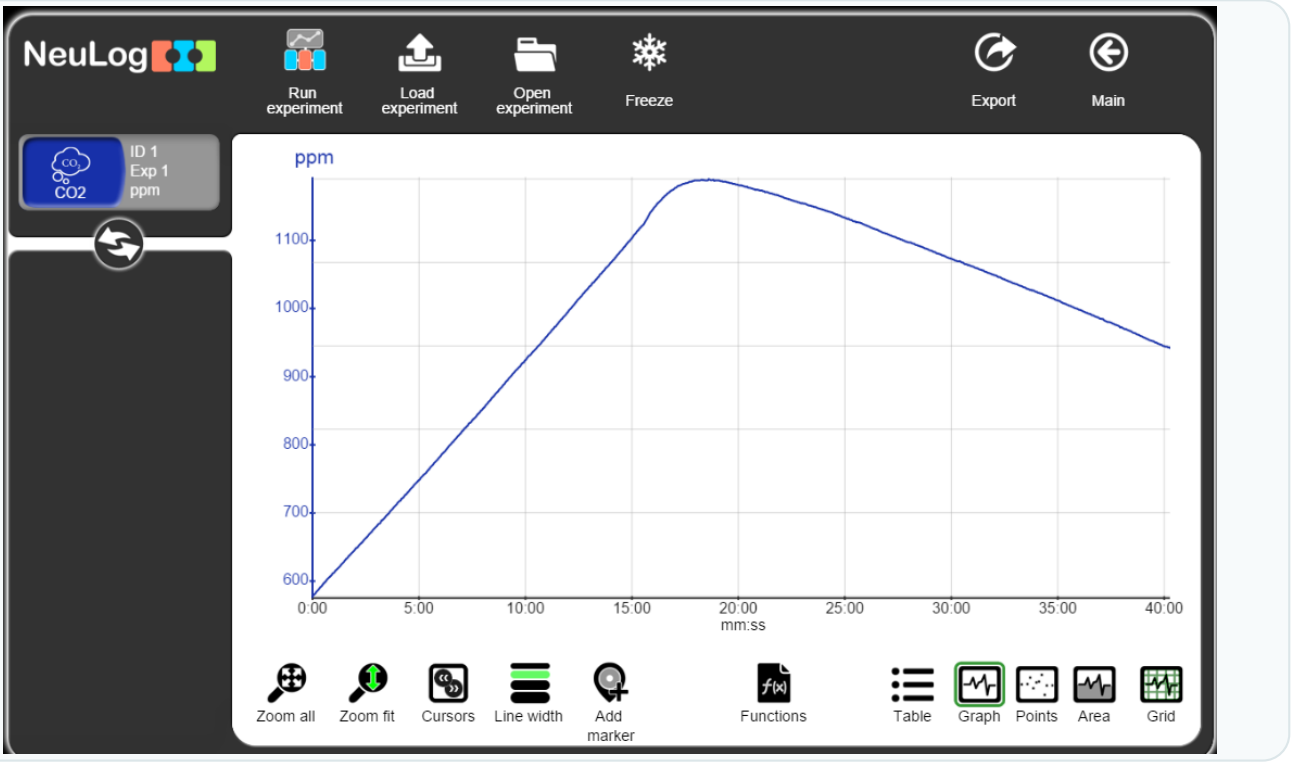
SIKKERHED

Brug en lyskilde, der ikke overopheder flasken eller bladene. Kontrollér temperaturen, især når lampen står tæt på glasset. Læreren afgør den forsvarlige afstand.

BEARBEJD DATA

Fra kurve til hældning

Grafen viser et eksempel, hvor CO_2-koncentrationen først stiger under respiration i mørke og derefter falder, når fotosyntesen foregår i lys.



Eksempel på NeuLog-graf fra den oprindelige vejledning.

1 Gem data

Tryk på **Export / Eksportér**, og vælg **Save value table (.CSV)** for at gemme målingerne. Gå tilbage til grafen.

2 Find respirationens hældning

Vælg **Cursors / Markører**, og markér den nogenlunde rette, stigende del af kurven fra mørkefasen. Vælg **Functions → Linear fit of A**, og åbn feltet med den tilpassede rette linje. Notér hældningen.

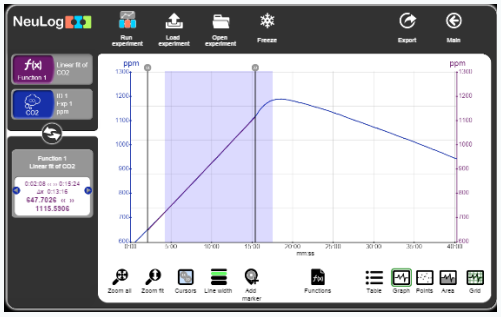
3 Find nettofotosyntesens hældning

Gentag fremgangsmåden på den nogenlunde rette, faldende del af kurven fra lysfasen. Notér også denne hældning.

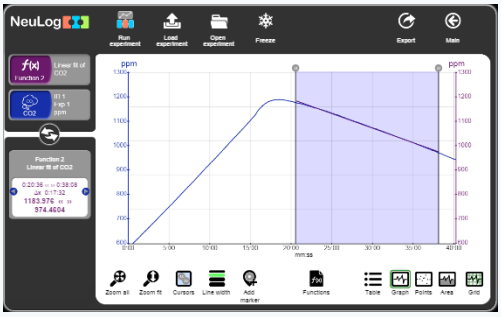
Hældningens enhed er ppm/min. Positiv hældning betyder stigende CO_2-koncentration; negativ hældning betyder faldende CO_2-koncentration.

RESULTATER OG BEREGNING

Beregn fotosyntesen



MØRKE · RESPIRATION



LYS · NETTOFOTOSYNTESE

REGNEEKSEMPEL FRA ORIGINALEN

Respiration: +0,59 ppm/min (CO_2 stiger)

Nettofotosyntese: −0,20 ppm/min (CO_2 falder)

Bruttofotosyntesens fortegnede hældning:

−0,20 − (+0,59) = **−0,79 ppm/min**

Den negative værdi betyder, at fotosyntesen optager CO_2. Angives **bruttooptaget som en positiv størrelse**, er det **0,79 ppm/min** i eksemplet.

UDFYLD JERES EGNE MÅLINGER

Proces	Hældning (ppm/min)
Respiration i mørke - forsøg 1	
Nettofotosyntese - forsøg 1	
Bruttofotosyntese - forsøg 1	
Respiration i mørke - udfordring	
Nettofotosyntese - udfordring	
Bruttofotosyntese - udfordring	

Antagelse fra forsøget: Respiration i mørke sættes lig respiration i lys. En omtrent lineær CO_2-ændring under lysfasen forudsætter bl.a., at CO_2 ikke er begrænsende i det valgte interval.

UDFORDRING OG REFLEKSION

Undersøg lysets betydning

Nu skal I gentage målingerne med den anden portion blade - men med **kortere afstand mellem lampe og flaske**. Hvordan tror I, at det påvirker resultaterne?

1 **Nulstil opstillingen**

Tag sensoren og bladene ud af flasken. Ryst den tomme flaske nogle gange for at udskifte luften. Se, at CO_2-visningen bevæger sig tilbage mod startværdien.

2 **Lav mindst to hypoteser**

Skriv, hvordan I forventer, at den kortere afstand påvirker CO_2-kurven, respirationen og nettofotosyntesen - og begrund jeres forventning.

3 **Gentag og sammenlign**

Gentag forsøget med lampen tættere på (uden overophedning). Mål hældningerne, og udfyld de tre sidste rækker i tabellen på forrige side.

4 **Ekstra: Beregn pr. gram blade**

Hvis I har mulighed for det, så vej begge portioner blade. Divider målehældningerne med bladenes masse, så resultaterne angives som **ppm/min pr. g**.

VORES HYPOTESER

1. _____

2. _____

SPØRGSMÅL TIL OPSAMLING

1 Beregn bruttofotosyntesen i begge forsøg. Hvordan adskiller tallene sig?

2 Forklar resultaterne af udfordringen med udgangspunkt i jeres hypoteser.

3 Hvorfor er planter vigtige for mennesker og miljø?

HUSK

Sammenlign forsøgenes hældninger og forholdene under målingerne - blandt andet lysafstand, bladmængde, temperatur og CO_2-niveau. En ændring i kurven er ikke nødvendigvis kun en effekt af lyset.