Fotosynthese und ihre Einflussfaktoren

Experiment 1: Die Lichtabhängigkeit der Fotosyntheseleistung

Experiment 2: Die Temperaturabhängigkeit der Fotosyntheseleistung

*Hinweis: Die beiden Experimente können auch einzeln und voneinander unabhängig durchgeführt werden.*

1. Experiment 1: Die Lichtabhängigkeit der Fotosynthese

**Informationstext:**

Sichtbares Licht ist elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm. Der Anteil dieser Strahlung, die fotosynthetisch wirkt, ist die sogenannte *Photosynthetically Active Radiation* (PAR). Die Strahlungsmenge der PAR, die Pflanzen zur Betreibung von Fotosynthese nutzen können, wird als *Photosynthetically Active Photon Flux Density* (PPFD) bezeichnet. Die PPFD gibt die Menge der Photonen an, die pro Sekunde auf die Fläche von einem m2 treffen und von der Pflanze zur Fotosynthese genutzt werden. Ihre Einheit ist μmol/m2 sec.

Direktes Sonnenlicht weist etwa einen Anteil von 1000-1500 μmol/m2 sec auf. Bei bewölktem Himmel werden nur noch 275-600 μmol/m2 sec erreicht. Im Schatten stehen Pflanzen noch ca. 80-150 μmol/m2 sec zur Verfügung. Bei Dunkelheit ist von 0 μmol/m2 sec auszugehen. Die Fotosyntheserate, gemessen als Änderung der CO2-Konzentration, verändert sich mit der Stärke der Beleuchtung (direktes Sonnenlicht, Bewölkung, Dunkelheit) der eine Pflanze ausgesetzt ist.

Ein Bild, das Im Haus, Kabel, Wand, Elektronik enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

***Versuchsaufbau:***

**Abbildung 1:** Blätter einer Dinkelpflanze in der Stoffwechselkammer mit CO2-Sensor luftdicht verschlossen (vorne links). Der CO2-Sensor und der Lichtsensor (vorne rechts) befinden sich in einem identischen Abstand zur Lichtquelle im Hintergrund.

|  |
| --- |
| *Material:* |
| Junge Weizen-, Dinkel- Gurken- oder Bohnenpflanzen (2-3 Wochen alt) |
| Stoffwechselkammer |
| Kaltweißer Baustellenstrahler (6000 K) |
| Großes Lineal/Zollstock |
| Alufolie |
| Stoppuhr |
| CO2-Sensor |
| Lichtsensor |
| Digitales Endgerät, z.B. Tablet, mit der App *SPARKvue* |

***Hypothese:***

Stellen Sie eine Hypothese zu den drei verschiedenen oben genannten Beleuchtungsszenarien auf.

* 1. Durchführung

1. *Vorbereitung der Sensoren:*

Stellen Sie sicher, dass die Ortungsdienste auf dem Tablet aktiviert sind und die *SPARKvue*-App auf diese zugreifen darf. Schalten Sie den CO2-Sensor und den Lichtsensor an und öffnen Sie die *SPARKvue*-App. Wählen Sie den Menüpunkt „Messwerte“. Die Sensoren werden zum automatischen Verbinden angeboten. Durch Tippen auf den Sensornamen erfolgt die Verbindung per Bluetooth. Wählen Sie beim Lichtsensor die Darstellung der Messdaten als PAR (μmol/m2 sec) aus (dies entspricht der PPFD).

1. *Vorbereitung der Stoffwechselkammer und der Versuchspflanze:*

Entfernen Sie Blattmaterial von der Versuchspflanze und platzieren Sie es so in der Kammer, dass sich die Pflanzenteile möglichst wenig bedecken. Achten Sie darauf, dass das Blattmaterial nicht nass oder feucht ist (der CO2-Sensor ist sehr wasserempfindlich)! Verschließen Sie die Kammer mit dem CO2-Sensor möglichst luftdicht und richten Sie den Lichtsensor neben der Kammer so aus, dass er genauso beleuchtet wird wie die Kammer (zur Ausrichtung in den drei Messdurchgängen siehe Durchführung c). Warten Sie vor dem Einschalten der Lichtquelle 2 Minuten, damit sich die CO2-Konzentration in dem abgeschlossenen System stabilisieren kann. Schalten Sie die Lichtquelle ein.

1. *Durchführung von drei Messdurchgängen:*
2. **Volle Belichtung des Versuchsansatzes (5 min):** Richten Sie das Leuchtmittel so aus, dass der Abstand zwischen der Kammer und dem Leuchtmittel **ca. 15 cm** beträgt.
3. **Abgeschwächte Belichtung des Versuchsansatzes (5 min):** Richten Sie das Leuchtmittel so aus, dass der Abstand zwischen der Kammer und dem Leuchtmittel **ca. 130 cm** beträgt.
4. **Abdunkeln des Versuchsansatzes (5 min):** Verpacken Sie die Kammer sowie den Lichtsensor in Alufolie, sodass kein Licht mehr ins Innere gelangen kann.

Starten Sie bei jedem Messdurchgang die Messung, indem Sie auf den „START“-Button tippen. Die Messung wird durch Tippen auf „STOP“ nach 5 Minuten Messzeit gestoppt. Pausieren Sie einige Minuten zwischen den Messdurchgängen und entfernen Sie in dieser Zeit den CO2-Sensor, damit ein Luftwechsel zwischen dem Inneren der Kammer und der Außenluft erfolgen kann. Mit einem erneuten Tippen auf „Start“ wird eine neue Messreihe im selben Koordinatensystem aufgezeichnet.

Notieren Sie Ihre Ergebnisse in den folgenden Abschnitten, indem Sie (a) die Messwerte tabellarisch erfassen und (b) in Form eines kurzen Textes beschreiben, wie sich die CO2-Konzentration in den unterschiedlichen Messdurchgängen verhält.

* 1. Ergebnisse

a) Tabellarische Darstellung der Messwerte

1. Füllen Sie die Tabelle 1 aus. Wenn Sie die Werte nicht direkt während der Messung eintragen, nutzen Sie dazu bitte das Koordinatentool in der App, um die Werte an den definierten Zeitpunkten anzuzeigen. Runden Sie die Werte **nicht** anhand der ungefähren Position auf der Y-Achse!
2. Berechnen Sie die durchschnittliche CO2-Abnahme pro Sekunde.

Tabelle 1: CO2-Konzentration [ppm] der Ansätze unter unterschiedlichen Belichtungsvoraussetzungen zu Beginn der Messung und nach fünf Minuten, PPFD und durchschnittliche CO2-Abnahme pro Sekunde.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Messdurchgang** | **PPFD [μmol/m2 sec]** | **CO2-Konzentration nach 30 sec [ppm]** | **CO2-Konzentration nach 300 sec [ppm]** | **Durchschnittliche CO2-Abnahme [ppm/sec]** |
| 1. *Volle Belichtung* |  |  |  |  |
| 1. *Abgeschwächte Belichtung* |  |  |  |  |
| 1. *Dunkelheit* |  |  |  |  |

**TIPP und Rechenbeispiel:**

700 ppm – 400 ppm = 300 ppm

300 ppm ÷ 300 sec = 1 ppm/sec

b) Zusammenfassung der Beobachtungen

* 1. Auswertung

a) Graphische Darstellung der Daten

Tragen Sie die berechneten Werte in das Koordinatensystem (Abb. 2) ein, um eine **Lichtkompensationskurve** zu erstellen. Fügen Sie eine zu Ihren Werten passende Achsenskalierung ein. Benennen Sie das Koordinatensystem mit einer sinnvollen Abbildungsbeschriftung.

Ein Bild, das Screenshot, Muster, Schwarz, Quadrat enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Durchschnittliche CO2-Abnahme [ppm/sec]

Menge der photosynthetisch wirksamen Strahlung (PPFD) [μmol/m2 sec]

Abbildung 2:

b) Interpretation der Daten

Werten Sie Ihre gesammelten Daten mithilfe des Informationstextes in der Einleitung sowie Materialien aus dem Unterricht aus. Welche Aussage lässt sich über die Lichtabhängigkeit der Photosynthese treffen? Nehmen Sie dabei Bezug auf Ihre zu Anfang aufgestellte Hypothese. Falls Unregelmäßigkeiten in der Messung auftreten, wodurch könnten diese bedingt sein?

1. Experiment 2: Die Temperaturabhängigkeit der Fotosyntheseleistung

**Informationstext:**

Jedes Lebewesen weist einen bestimmten Temperaturbereich auf, in dem sein Stoffwechsel optimal arbeitet. Dieser Bereich kann anhand einer Toleranzkurve abgelesen werden. Diese Kurve gibt verschiedene Temperaturabschnitte an, die in Optimaltemperatur und zu tolerierende Temperaturen unterschieden werden können.

Pflanzen, die an mitteleuropäische Temperaturen angepasst sind, weisen meist ein Optimum zwischen 20°C und 30°C auf. Bei Pflanzen an Standorten, die eine höhere Jahresdurchschnittstemperatur haben, liegt das Optimum deutlich höher.

|  |
| --- |
| *Material:* |
| Junge Weizen-, Dinkel-, Gurken- oder Bohnenpflanzen (2-3 Wochen alt) |
| Stoffwechselkammer |
| Kaltweißer Baustellenstrahler (6000 K) |
| Eiswürfel/Kühlpacks |
| 800ml oder 1000ml Becherglas, Teller oder Plastikschale |
| Laborstativ mit zwei Klemmen |
| Stoppuhr |
| Thermometer |
| CO2-Sensor |
| Temperatursensor |
| Digitales Endgerät, z.B. Tablet, mit der App *SPARKvue* |

***Versuchsaufbau:***

Ein Bild, das Im Haus, Werkzeug, Büroausstattung, medizinische Ausrüstung enthält.

Automatisch generierte BeschreibungEin Bild, das Im Haus, Wand, Tisch, medizinische Ausrüstung enthält.

Automatisch generierte BeschreibungEin Bild, das Im Haus, Wand, Büroausstattung, Tisch enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

**B**

**C**

**A**

**Abbildung 3:** Versuchsaufbau in der Übersicht. Es werden drei Versuche (A, B und C) nacheinander aufgebaut und gemessen. Die Lichtquelle ist immer links im Bild. **A:** Kaltes Wasserbad mit Stoffwechselkammer und Sensoren. **B:** Versuch bei Raumtemperatur, hier ohne Wasserbad. **C:** Warmes Wasserbad mit Stoffwechselkammer und Sensoren. Zur Detailansicht der Versuchsaufbauten (siehe Abb. 4)

Ein Bild, das Im Haus, Gerät, Plastik, Laborausstattung enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Ein Bild, das Im Haus, medizinische Ausrüstung, Maschine, Wand enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

**Abbildung 4:**

**Links:** Die Stoffwechselkammer mit den Gurkenblättern und dem CO2-Sensor steht in einem Becherglas, welches mit kaltem Wasser und Eiswürfeln gefüllt ist. Der Temperatursensor misst die Temperatur des Wasserbads.

**Rechts:** Die Stoffwechselkammer mit den Gurkenblättern und dem CO2-Sensor steht in einem Becherglas, welches mit warmem Wasser gefüllt ist. Der Temperatursensor misst die Temperatur des Wasserbads. Stoffwechselkammer und Temperatursensor an einem Stativ befestigt.

***Hypothese:***

Stellen Sie eine Hypothese auf, wie sich die Fotosyntheserate verhält, wenn die Pflanze verschiedenen Temperaturbereichen ausgesetzt ist.

* 1. Durchführung

1. *Vorbereitung der Sensoren:*

Schalten Sie den CO2-Sensor und den Temperatursensor an und öffnen Sie die *SPARKvue*-App. Wählen Sie den Menüpunkt „Messwerte“. Die Sensoren werden zum automatischen Verbinden angeboten. Durch Tippen auf den Sensornamen erfolgt die Verbindung per Bluetooth.

1. *Vorbereitung der Stoffwechselkammer und der Versuchspflanze:*

Entfernen Sie Blattmaterial von der Versuchspflanze und platzieren Sie es so in der Kammer, dass sich die Pflanzenteile möglichst wenig bedecken. Achten Sie darauf, dass das Blattmaterial nicht nass oder feucht ist (der CO2-Sensor ist sehr wasserempfindlich)! Verschließen Sie die Kammer mit dem CO2-Sensor möglichst luftdicht. Warten Sie vor dem Einschalten der Lichtquelle 2 Minuten, damit sich die CO2-Konzentration in dem abgeschlossenen System stabilisieren kann. Schalten Sie die Lichtquelle ein.

1. *Durchführung von drei Messdurchgängen:*
2. **Niedrige Temperatur:** Platzieren Sie die Stoffwechselkammer mit Pflanzenmaterial und CO2-Sensor in einem Wasserbad mit kaltem Wasser und Eiswürfeln. Befestigen Sie den Temperatursensor mithilfe des Laborstativs und der Klemme so, dass seine Spitze in das Wasserbad taucht.
3. **Raumtemperatur:** Legen Sie den Temperatursensor neben die Stoffwechselkammer. Weitere Maßnahmen sind nicht notwendig.
4. **Hohe Temperatur:** Platzieren Sie die Stoffwechselkammer mit Pflanzenmaterial und CO2-Sensor in einem Wasserbad mit heißem Wasser, welches Sie vorher mit dem Wasserkocher erhitzt haben oder aus dem Hahn entnommen haben (VORSICHT: Das Wasser sollte nicht wärmer als 50°C sein, um die Stoffwechselkammer nicht zu gefährden!)

Schalten Sie die Lichtquelle ein. Starten Sie die Messung in jedem Durchgang, indem Sie auf den „START“-Button tippen. Die Messung wird durch Tippen auf „STOP“ nach 5 Minuten Messzeit gestoppt. Pausieren Sie einige Minuten zwischen den Messdurchgängen und entfernen Sie in dieser Zeit den Deckel der Stoffwechselkammer mit den Sensoren, damit ein Luftwechsel zwischen dem Inneren der Kammer und der Außenluft erfolgen kann. Mit einem erneuten Tippen auf „Start“ wird eine neue Messreihe im selben Koordinatensystem aufgezeichnet.

Messen Sie jeden Ansatz 5 Minuten.

Notieren Sie Ihre Ergebnisse tabellarisch und in Textform.

* 1. Ergebnisse

a) Tabellarische Darstellung der Messwerte

1. Füllen Sie die Tabelle 2 aus. Wenn Sie die Werte nicht während der Messung eintragen, nutzen Sie dazu bitte das Koordinatentool in der App, um die Werte an den definierten Zeitpunkten anzuzeigen. Runden Sie die Werte **nicht** anhand der ungefähren Position auf der Y-Achse!
2. Berechnen Sie die durchschnittliche CO2-Abnahme pro Sekunde.

Tabelle 2: CO2-Konzentration [ppm] der Ansätze unter unterschiedlichen Temperaturen zu Beginn der Messung und nach fünf Minuten.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Messdurchgang** | **Temperatur [°C]** | **CO2-Konzentration nach 30 sec [ppm]** | **CO2-Konzentration nach 300 sec [ppm]** | **Durchschnittliche CO2-Abnahme [ppm/sec]** |
| 1. *Niedrige Temperatur (Eiswürfel)* |  |  |  |  |
| 1. *Raumtemperatur* |  |  |  |  |
| 1. *Hohe Temperatur (Wasserbad)* |  |  |  |  |

**TIPP und Rechenbeispiel:**

700 ppm – 400 ppm = 300 ppm

300 ppm ÷ 300 sec = 1 ppm/sec

b) Zusammenfassung der Beobachtungen

* 1. Auswertung

a) Graphische Darstellung der Daten

Tragen Sie die berechneten Werte in das Koordinatensystem (Abb. 3) ein, um eine **Temperaturkompensationskurve** zu erstellen. Fügen Sie eine zu Ihren Werten passende Achsenskalierung ein. Benennen Sie das Koordinatensystem mit einer sinnvollen Abbildungsbeschriftung.

Ein Bild, das Screenshot, Muster, Schwarz, Quadrat enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Durchschnittliche CO2-Abnahme [ppm/sec]

Temperatur im Inneren der Stoffwechselkammer [°C]

Abbildung 5:

b) Interpretation der Daten:

Werten Sie ihre gesammelten Daten mithilfe des Informationstextes in der Einleitung und Materialien aus dem Unterricht aus. Welche Aussage lässt sich über die Temperaturabhängigkeit der Photosynthese treffen? Nehmen Sie dabei Bezug auf Ihre zu Anfang aufgestellte Hypothese. Falls Unregelmäßigkeiten in der Messung auftreten, wodurch könnten diese bedingt sein?