**Photosynthese (8)**

**Lichtunabhängige Reaktionen: Calvin-Zyklus**

**B1**

**A**

**A**

**B**

**CO2**

**4**

**33**

**2**

**1**

**Aufgaben:**

**1 Assimilation**

Beschreiben Sie den Reaktionsschritt, der die Assimilation des Kohlenstoffdioxids be­ inhaltet, und erläutern Sie die ökologische Rolle des Enzyms RuBisCO (M1).

**2 Beschriftung des Reaktionsschemas B1** (M1-M3)

2.1 Benennen Sie in B1 die Phasen 1-4.

2.2 Beschriften Sie die drei auf der Kreislinie eingetragenen Stoffe (berücksichtigen Sie dabei die Zustände oxidiert und reduziert). Ergänzen Sie an den entsprechenden Stellen die Stoffe Kohlenstoffdioxid und Glukose (ohne Koeffizienten).

2.3 Tragen Sie an den entsprechenden Reaktionspfeilen die energiereichen (rot) und ener­ gie­armen Formen der beiden Energieträger ein (ohne Koeffizienten).

**3 Summengleichung des Calvin-Zyklus**

Erstellen Sie anhand des vervollständigten Reaktionsschemas (B1) und der Angaben in M4 die Summengleichung des Calvin-Zyklus. Gehen Sie dabei von 6 CO2 aus.

Heben Sie die energiereichen Stoffe durch rote Farbe hervor.

**4 Bezeichnung**

Begründen Sie die Bezeichnung „lichtunabhängige Reaktionen“ für den Calvin-Zyklus.

**Materialien:**

**M1 Fixierungsphase**

Kohlenstoffdioxid besitzt ein sehr niedriges Energieniveau und ist darum sehr reaktionsträge. Eine Besonderheit stellt deshalb das Enzym Ribulose-1,5-bisphosphat-Carboxylase (RuBis­CO) dar, das die Bindung von Kohlenstoffdioxid an Ribulose-1,5-bisphosphat (RuBP), den Koh­len­­stoffdioxid-Akzeptor (A), katalysiert. Mit dieser Reaktion wird das Kohlenstoffdioxid Bestand­teil des organischen Fixierungsprodukts (A-CO2).

Das Enzym RuBisCO sitzt in der Thylakoidmembran, stellt etwa die Hälfte der Menge aller lösli­chen Blattproteine und ist ziemlich sicher das häufigste Enzym in der Natur. Seine Aktivität ist Voraussetzung für das Leben auf der Erde.

**M2 Reduktionsphase**

Das Fixierungsprodukt reagiert nacheinander mit ATP und NADPH und wird dabei unter Ener­gie­aufwand reduziert, wobei das mit B bezeichnete Zwischenprodukt entsteht.

**M3 Regenerationsphase und Glukose-Bildung**

Das Zwischenprodukt B wird in aufeinander folgenden Reaktionsschritten mehrfach umgestal­tet, wobei zwei Endprodukte entstehen: Aus fünf Sechsteln der Menge an B entsteht unter Energieaufwand (Spaltung von ATP) wieder der Akzeptor A und ein Sechstel der Menge an B wird in Glukose umgewandelt.

**M4 Zahlenverhältnisse**

Melvin Calvin und sein Team haben in der Zeit zwischen 1946 und Mitte der 1950er-Jahre in mühevoller und langwieriger Kleinarbeit herausge­fun­den, wie die Bildung von Glukose aus Kohlenstoffdioxid mit Hilfe von ATP und NADPH vor sich geht. Dieser Kreisprozess trägt deshalb den Namen Calvin-Zyklus.

Beim Calvin-Zyklus werden pro Kohlenstoffdioxid-Molekül in der Reduktionsphase 2 Moleküle NADPH und 2 Moleküle ATP verwendet, in der Regenerationsphase wird ein weiteres Molekül ATP eingesetzt.

**Hinweise für die Lehrkraft:**

**1 Assimilation**

Das anorganische Molekül Kohlenstoffdioxid wird an das organische Akzeptormolekül A gebunden und ist im Molekül A-CO2 Bestandteil eines organischen Moleküls. Dies bezeichnet man als Assimilation.

RuBisCO katalysiert diese Assimilation als Voraussetzung für die Bildung von Glukose aus Kohlenstoffdioxid. Aus der Glukose, die in der Photosynthese gebildet wird, ent­ stehen (praktisch\*) alle anderen organischen Stoffe der belebten Welt, so dass das Leben auf der Erde von RuBisCO abhängig ist.

*\*) Ausnahmen davon bilden die chemoautotrophen Lebenwesen, die aber keinen Lerninhalt im Schulunterricht darstellen.*

**2 Beschriftung des Reaktionsschemas**

**A**

**A**

**B**

**CO2**

Akzeptor-Molekül

**CO2**

Fixierungsprodukt:

oxidierte Form

Zwischenprodukt:

reduzierte Form

**ADP**

**+**

**ATP**

**Glukose**

**ATP**

**ADP +**

**NADPH + H+**

**NADP+**

**4**

**33**

**2**

**1**

*Auch wenn Ihnen für Ihren eA-Kurs diese Darstellung zu stark vereinfacht erscheinen will, ist es sinnvoll, mit ihr anzufangen und erst danach weitere Details einzufügen. Aus meiner Sicht genügt sie allerdings auch für den eA-Kurs.*

**3 Summengleichung des Calvin-Zyklus**

6 CO2 + 18 ATP + 12 NADPH + 12 H+ → C6H12O6 + 18 ADP + 18 + 12 NADP+ + 6 H2O

*Die Erstellung dieser Summengleichung ist nicht ganz einfach, weil nun die Koeffizienten ge­fragt sind und die im Zyklus verbleibenden Stoffe herausfallen; ggf. sind dabei Einhilfen not­wen­dig.*

**4 Bezeichnung**

„lichtunabhängige Reaktionen“: In den Calvin-Zyklus fließt an keiner Stelle direkt Lichtenergie ein. Er läuft also unabhängig von Licht ab, solange ihm ATP und NADPH zugeführt werden.

Thomas Nickl, Juni 2024