

Fotosynthese

Om de informatie in dit hoofdstuk te begrijpen, moet je de volgende onderwerpen kennen: opbouw van de cel, opbouw van de plant, basisbegrippen uit de scheikunde

De pratende plant - praktijk

Als planten eens konden praten. Dat zou het voor de teler een stuk gemakkelijker maken. Hij zou dan perfect kunnen inspelen op hoe de plant op dat moment functioneert. Bijvoorbeeld door het scherm dicht te trekken als er meer licht is dan de plant aan kan. Of de groeilampen aan te zetten als de fotosynthese niet optimaal verloopt. Een echt gesprek zal niet lukken, maar toch rukt de 'pratende plant' op. Er zijn steeds meer sensoren om van alles aan de plant te meten. Een heel belangrijk proces is de fotosynthese. Dat is de basis van de productie. Als daar al iets mis mee gaat, verlopen andere processen in de plant ook niet optimaal. Het heeft dus zin om die fotosynthese met een metertje in de gaten te houden. Dat kan bijvoorbeeld met de Plantivity sensor.

Illustratiesuggestie: foto van teler met fotosynthesemeter of kort filmpje waarin teler vertelt waarom hij zo'n sensor gebruikt en laat zien hoe dat in zijn werk gaat.

Fotosynthese, de basis van alle productie - basis

Planten kunnen iets wat geen enkel ander levend wezen kan: ze maken hun eigen voedsel. Daarvoor hebben ze alleen kooldioxide en water nodig plus energie van de zon. Dit proces noemen we fotosynthese. Een ander woord daarvoor is assimilatie.

Eigenlijk zijn allemaal die planten een soort chemische fabriekjes. De fotosynthese is namelijk een ingewikkeld stelsel aan chemische processen. Er zijn globaal twee stappen te onderscheiden:

1. De plant vangt de zonne-energie in. Of beter gezegd: hij zet de stralingsenergie van de zon om in chemische energie. Dat heeft hij nodig omdat de volgende stap energie kost.
2. De binding van kooldioxide (CO_2) uit de lucht. Dit proces vindt plaats in het bladgroen. Vervolgens vormt het bladgroen suikers uit het ingevangen CO_2 en water. Die suikers hebben een hoog energiegehalte. De plant kan de suikers opslaan als reservevoedsel. Dat doet hij in de vorm van zetmeel. Maar een deel van de suikers gaat meteen naar andere plekken in de plant. Ze worden gebruikt in allerlei processen.

Illustratie??

Fotosynthese, de basis van alle productie - verdieping

De plant zet de stralingsenergie van de zon om in chemische energie. Dat doet hij met twee 'fotosystemen', die zich in het bladgroen bevinden. De zonne-energie brengt in beide systemen elektronen op een hoger energieniveau. Elektronen zijn kleine negatief geladen deeltjes, die normaal deel uitmaken van atomen. De stroom in een elektriciteitskabel van de min- naar de pluspool wordt ook gevormd door elektronen.

Dat hogere energieniveau is een instabiele toestand, die maar één miljardste seconde blijft bestaan. Het opgepepte elektron zet een hele reeks aan chemische reacties in gang waarin uiteindelijk de energiedragers ATP en NADPH ontstaan.

Als de zonne-energie chemisch is vastgelegd in de deze verbindingen, kan het tweede onderdeel van de fotosynthese plaatsvinden. Dat is de binding van kooldioxide uit de lucht. In

het bladgroen hecht dat eerst aan het enzym Rubisco. Vervolgens wordt het ingevangen CO₂ samen met water ingebouwd tot suikers. Dat gebeurt in een reeks van processen, die samen de Calvin-cyclus heten.

Illustratie Wilma Slegers: de twee processen die de fotosynthese vormen

Het meest cruciale enzym op aarde - verdieping

Als er een prijs bestond voor het meest cruciale enzym op aarde, zou Rubisco een goede kandidaat zijn. Het invangen CO₂ hecht in het bladgroen aan dit enzym. Vanwege zijn centrale rol in de fotosynthese is het grootste deel van de biomassa op aarde ooit langs dit enzym gepasseerd.

Maar in het juryrapport bij de prijs zouden meteen ook belangrijke kanttekeningen staan. Rubisco is namelijk merkwaardig inefficiënt. Het maakt geen onderscheid tussen CO₂ en zuurstof. Als het CO₂ bindt, vindt er fotosynthese plaats. Als het zuurstof (O₂) bindt, worden de opgeslagen bouwstoffen juist weer opgebruikt (in de ademhaling van de plant = fotorespiratie) wat je natuurlijk niet wilt bij een plant die voor de productie dient. Zuurstof en kooldioxide concurreren dus met elkaar bij de binding aan Rubisco. De teler kan de concurrentieverhouding verbeteren door CO₂ te doseren in de kas.

Illustratie: op <http://www.bioplek.org/animaties/enzymen/enzym.swf> staat een animatie van de werking van een enzym. Hier zou een illustratie/beeldverhaal van gemaakt kunnen worden.

C3- en C4-planten - verdieping

Het enzym Rubisco, cruciaal voor het invangen van CO₂, functioneert niet zo goed. Onder droge hete omstandigheden wordt dat echt pijnlijk. Veel planten die onder zulke omstandigheden groeien, hebben daarom een ander systeem ontwikkeld. Ze bouwen CO₂ in een ander molecuul in, dus niet in Rubisco. Dat andere molecuul telt 4 C-atomen; daarom noemen we ze C4-planten. Rubisco telt 3 C-atomen. De C4-verbinding wordt dieper het blad in getransporteerd naar speciale cellen die rond de vaatbundels liggen. Daar komt het CO₂ weer vrij en vinden de gewone fotosyntheseprocessen plaats. Maar omdat deze cellen diep in het blad liggen, komt daar weinig zuurstof voor. Er is dus veel minder concurrentie tussen koolzuur en zuurstof om te binden aan het Rubisco-enzym. Deze planten zijn dan ook bij veel licht en hoge temperaturen veel efficiënter. Bij lagere temperaturen zijn de C3-planten in het voordeel, want zo'n extra stap in de fotosynthese kost wel extra energie.

Er zijn nu enkele duizenden C4-planten bekend. De meesten zijn voor de glastuinbouw niet relevant: veel tropische grassen, maïs, suikerriet. Maar ook sommige bolgewassen, zoals nerine en agapanthus, en sommige potplanten zoals euphorbia en abutilon, hebben dit systeem.

C4-planten zijn bij doorsnijden van het blad onmiddellijk te herkennen (tenminste onder de microscoop) vanwege hun karakteristieke anatomie. Rond de vaatbundels liggen twee ringen van cellen.

Illustratie: tekening Wilma Slegers, verschil in anatomie C3 en C4-planten

CO₂ doseren bij CAM-planten - basis

Planten die in extreem droge omstandigheden groeien, kunnen beter overdag hun huidmondjes niet openen. Dan zouden ze namelijk meteen uitdrogen. Ze hebben zich aangepast en laten alleen 's nachts CO₂ binnen. Maar dat geeft wel een probleem. Omdat er dan geen zonlicht is, kan het ingevangen CO₂ niet meteen omgezet worden in suikers. De twee stappen in de fotosynthese zijn daarom in de tijd gescheiden. 's Nachts binden ze CO₂ en slaan dat op. Dat kan in beperkte mate; op een gegeven moment is het reservoir vol.

Overdag vindt de verwerking plaats. Zulke planten zijn dus niet zo efficiënt en groeien langzaam. Het gaat om cactussen, vetplanten, sommige bromelia's en dikbladige orchideeën, zoals Phalaenopsis. Ze worden CAM-planten genoemd.

Logisch gevolg zou dan natuurlijk zijn dat het bij deze planten geen zin heeft om overdag CO₂ te doseren, want dan zijn de huidmondjes toch dicht. Maar zo simpel ligt het niet; er zijn uitzonderingen. Moderne hybride kalanchoë's – toch een typische CAM-plant – zijn aangepast aan de kasomstandigheden en kunnen overdag wel CO₂ opnemen, mits de luchtvochtigheid aardig hoog is. Verschillende Phalaenopsis-cultivars (ook CAM-planten) kunnen best profiteren van CO₂-dosering, ook om de fotorespiratie (ademhaling) aan het eind van de dag te verminderen. Het effect is wel afhankelijk van ras, lichtintensiteit, daglengte en dag- en nachttemperatuur.

Illustratie: foto CO₂ doseren bij Phalaenopsis

Fluorescentie – verdieping

De zonne-energie brengt elektronen in twee fotosystemen in het bladgroen op een hoger energieniveau. Daarna kunnen er drie dingen gebeuren.

1. De benutting van de energie in het fotosyntheseproces.
2. Het elektron valt meteen terug naar zijn oude energieniveau, zonder al die chemische reacties van de fotosynthese. Daarbij komt warmte vrij en het blad warmt op.
3. Het elektron valt terug naar een tussenpositie. De energie komt dan als straling vrij. Deze is te meten als fluorescentie. Veel fluorescentie geeft aan dat de zaak niet optimaal functioneert, want als teler wil je natuurlijk juist zoveel mogelijk fotosynthese. Met een sensor is de fluorescentie te meten. Zo kun je indirect de mate van fotosynthese bepalen. Hoe meer fluorescentie, hoe minder fotosynthese.

Illustratiesuggestie: foto Plantivitysensor: foto eerder geplaatst in Onder Glas