

## De biologische klok

Het dagelijks leven wordt bepaald door de zon. Elk wezen op aarde is hierop ingesteld. Als wij met een vliegtuig verschillende tijdzones binnen korte tijd overbruggen, voelen wij de ontregeling van onze dagnachtritme. Planten gebruiken het zonlicht om suiker op te bouwen. Ze groeien in de richting van het licht en kunnen het dus zien. Bovendien kunnen ze ook de lengte van de licht- en de donkerperiodes meten.



- 1] Vaak verkleinen de planten ook nog hun oppervlakte door de bladeren slap te laten hangen. Dit doen ze door het water naar binnen te trekken, want de poriën zijn gesloten en er vindt geen transpiratie plaats. Op foto A zie je de plant in de zon, op foto B zie je dezelfde plant in de schaduw.
- 2] De verschillende lichtinformatie die de plant ontvangt werkt samen. De actuele en de periodieke lichtinformatie worden met elkaar en met de biologische klok vergeleken.

De ogen van de plant zitten overal. Op de gehele plant bevindt zich een netwerk van kleine oogjes, dat het licht niet voor energiewinst gebruikt, maar de intensiteit meet. De plant ontvangt een lichtbeeld, dat de groeirichting en groeiersterkte bepaalt.

Men kan twee soorten plantenogen onderscheiden, de roodlichtoogjes (fytochroom), en de blauwlichtoogjes, die ook in het UV-spectrum kunnen zien.

### Roodlicht ogen

Fytochroom werkt als een schakelaar van belangrijke reacties. Fytochroom wordt door rood licht ingeschakeld en activeert specifieke processen, bijvoorbeeld het kiemen van zaad. Er zijn plantsoorten die niet kiemen als het donker is. Hierbij behoren sommige soorten sla. Met een simpel experiment kan de werking van fytochroom duidelijk worden (zie tabel 'kiemen van slazaad').

Bestraalt men een schaaltje met zaad een minuut lang met helder rood licht (tot 660 nm), dan kiemt het zaad, en is de reactie ingeschakeld.

Bestraalt men na het rode licht nog een minuut met ver rood licht (730 nm), dan kiemt het zaad niet, en de reactie wordt uitgeschakeld.

Bij een minuut rood, een minuut ver rood met aansluitend weer een minuut rood licht kiemen de zadjes wel.

In de tabel is het percentage van gekiemde zadjes ingelijst en de samenhang met het licht wordt overduidelijk. Dat het een schakeling is en geen lichtafhankelijke actie van de stofwisseling, kan men zien aan de korte duur van de bestraling.

Fytochroom is medeverantwoordelijk voor de aanmaak van het legendarische florigen, het eigenlijke bloeihormoon, dat de bloei inschakelt als de licht-donkerperiode hiervoor het signaal geeft (bij de hennepplant minimaal 12 uur nachtrust).

In de vorige aflevering lasen wij, dat de bloei uitblijft als deze nachtrust onderbroken wordt. De onderbreking hoeft niet lang en niet intensief te zijn. Het is voldoende een zwak stoorlicht (rood, 25 watt is genoeg) een half uurtje in de nacht te laten branden. Dan is de bloei-neiging volledig uitgeschakeld en de planten blijven in de groei (zie vorige aflevering stoorlicht bij chrysantenteelt). In de hennepcultuur laat men de lampen 18 uur branden, als de planten in de groei moeten blijven. Bij lange lichttijden vindt ook veel groei plaats. Bij gebruik van stoorlicht zou het echter mogelijk zijn, al in februari (waar bloeicondities heersen) de planten naar buiten of in de kas te zetten, maar dit heeft alleen maar zin in verwarmde kassen of in warmere landen in Europa of elders.

## De blauwlichtogen

Er zijn meerdere receptoren in de planten gevonden die op blauw, maar ook paars en UV- licht reageren \*. Een functie van de blauwlichtogen hebben wij in de vorige aflevering leren kennen (groei in richting licht). De groene delen van de plant zijn bezaaid met blauwlichtogjes en ze groeien in de richting van de sterkste straling. Ook aan de wortels zitten kleine ogen die het blauwe licht zien, alleen groeien de wortels in de tegenovergestelde richting, weg van het licht. Hierdoor bereikt een plant een maximale stabiliteit doordat wortel en spruit steeds tegenpolen vormen.

Golflengtes: UV - B (280-315 nm) UV-A (315-400 nm) paars (380-440 nm)  
blauw (440-490 nm)

Het UV licht deelt men in twee categorieën in: UV-A en UV-B.

UV-B is het schadelijke, energierijke ultraviolet licht. Tegen UV-B straling smeren wij lichtwerende crèmes op de huid om niet te verbranden. UV-A is minder gevaarlijk. Men wordt wel bruin van UV-A en de huid verouderd, maar langdurige beschadigingen zoals huidverandering en kanker zijn niet te verwachten, bij UV-B wel.

Een plant heeft de mogelijkheid om de UV-B straling te zien en te meten. Zodra de intensiteit van de UV te sterk wordt, sluiten de bladporiën en de fotosynthese stopt. Wij herinneren: de fotosynthese is een automatische voortgang en kan - als licht en lucht aanwezig zijn - alleen door het sluiten van de poriën onderbroken worden (geen toevoer van CO<sub>2</sub>).

<u>Klemen van slazaad</u>	
bestraling met rood (maximum van 660 nm)	Klemen van zaad in %
bestraling met ver rood (730 nm)	
rood	72
rood/ver rood	5
rood/ver rood/rood	73
rood/ver rood/rood/ver rood	6
rood/ver rood/rood/ver rood/rood	75
rood/ver rood/rood/ver rood/rood/ver rood	6

Met een simpel experiment kan de werking van fytochroom duidelijk worden.

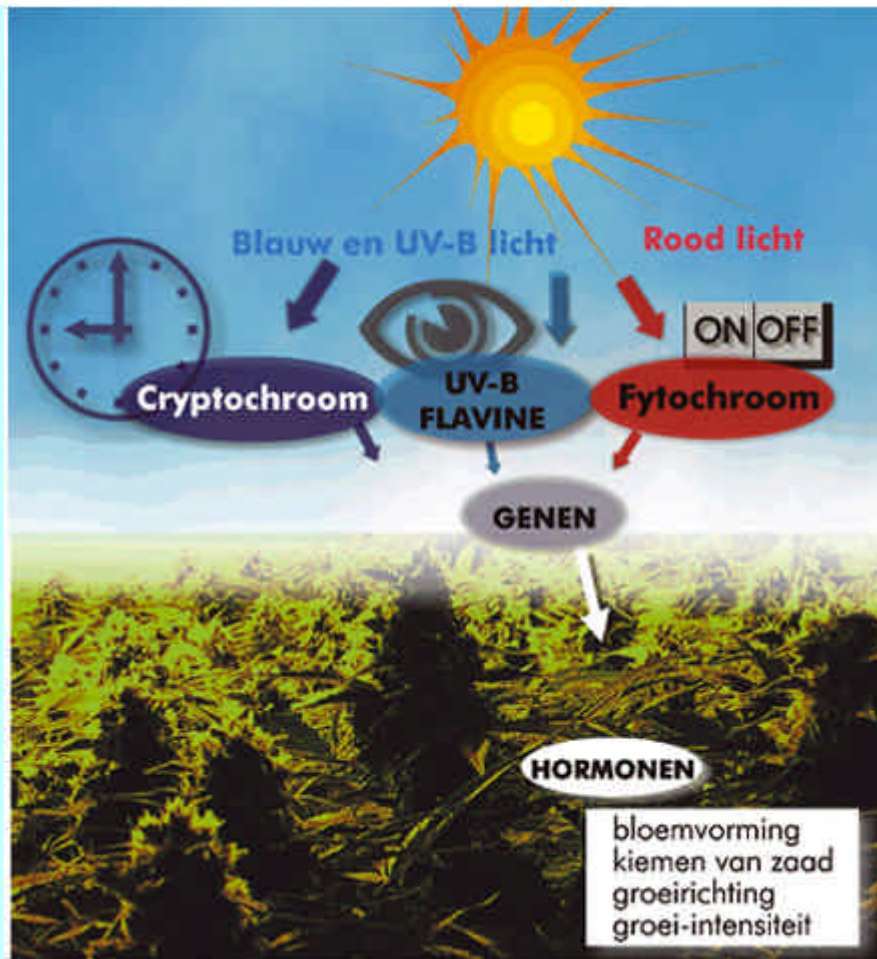
Bij te felle zoninstraling is er gevaar van overproductie in de fotosynthese (suikerfile) en te groot waterverlies door transpiratie en beschadiging door UV - B straling. Tijdens de middaguren op hete dagen en vooral op grote hoogtes waar de UV-straling sterker is, gebeurt dit dagelijks. Vaak verkleinen de planten ook nog hun oppervlakte door de bladeren slap te laten hangen. Dit doen ze door het water naar binnen te trekken, want de poriën zijn gesloten en er vindt geen transpiratie plaats. Op foto A zie je de plant in de zon, op foto B zie je de plant in de schaduw.

Wij weten nu dat de planten het licht zien, maar hoe meten ze de duur van de lichtfasen? En is het mogelijk, een plant op een 18 uur durende dag te trainen in plaats van een dag van 24 uur? Wat gebeurt er als een hennepplant elke dag tien uur slaapt en acht uur licht krijgt. Dan zijn de donkerfasen duidelijk langer als de lichtperiode. Gaat de plant dan tot bloei over? Nee, want niet de verhouding van dag en nacht is van belang, de absolute lengte van de nacht is belangrijk. Deze moet minimaal 12 uur duren en dit houdt in, dat ook de plant die geen zon ziet (indoor) in een 24 uren ritme leeft.

## Biologische klok

Wij (dier, plant, bacterium) zijn allemaal op de dagelijks terugkerende zon geijkt.

In de laatste jaren is een belangrijke schakelaar gevonden voor het mechanisme van de biologische klok. Dit is het cryptochroom. Cryptochroom zelf is al langer bekend, maar pas in 1998 heeft men zijn functie als tijdorgaan herkend.



Het cryptochroom is het controleorgaan voor de biologische klok en realiseert een biologisch ritme met de naam circadiaan ritme. Circadiaan betekent: ongeveer een dag (circa=ongeveer en dia=dag.) Wij allen volgen een circadiaan ritme. Dit loopt tussen de 23,5 tot 24,5 uur.

Twee keer per dag bereikt de intensiteit van het blauwe licht een hoogtepunt, namelijk bij zonsop- en bij zonsondergang. Deze meetpunten neemt het cryptochroom waar en vergelijkt het met de biologische klok, die hierop geijkt wordt.

#### Voor de liefhebber:

De biologische klok functioneert grofweg als volgt: kern van de klok vormen twee proteïnen, een "timeless" en een "period" proteïne die controle op elkaar uitoefenen. De concentratie van deze proteïnen zwelt in een 12 uur ritme (als eb en vloed) op. Als de maximale concentratie van deze klokeiwitten bereikt is, wordt de productie gestopt door een terugkoppeling (blokkade van productie) en de concentratie daalt, totdat de productie weer gestart wordt bij een minimumwaarde (blokkade opgeheven).

In de ochtend is de geringste concentratie van klok moleculen aanwezig, in de loop van de dag neemt deze toe, totdat de automatische blokkade in werking treedt.

Bij een maximale instraling van blauw licht wordt het cryptochroom geactiveerd en houdt het het timeless-proteïne vast, zodat de klok (proteïneproductie) bij nul gestart wordt.

De correcties voert de plant elke ochtend en avond door. Hiermee wordt het ongeveer-ritme naar precies 24 uur gebracht.

Het circadiaan ritme werkt ook zonder licht, maar kan door licht wel uit balans gebracht worden en voor- of achteruit gezet worden, maar het blijft wel gewoon draaien. Een horloge, dat voor- of achteruit gezet wordt, blijft ook op een 24 uur ritme.

De verschillende lichtinformatie (zie afbeelding) die de plant ontvangt werkt samen. De actuele en de periodieke lichtinformatie worden met elkaar en met de biologische klok vergeleken. Bij passende genetisch voorgedetermineerde overeenkomsten start de bloei, en de groeirichting en groeiersterkte

bepalen het uiterlijk en het energieniveau van de plant. Bij veranderingen in de lichtperiodes wordt de biologische klok geïjkt en het circadiaan ritme begint opnieuw. Het mag duidelijk zijn, dat elke verstoring van het biologisch ritme de plant tijd en energie kost om er aan te wennen. Daarom stopt ze ook even met de groei totdat de klok weer regelmatig loopt.