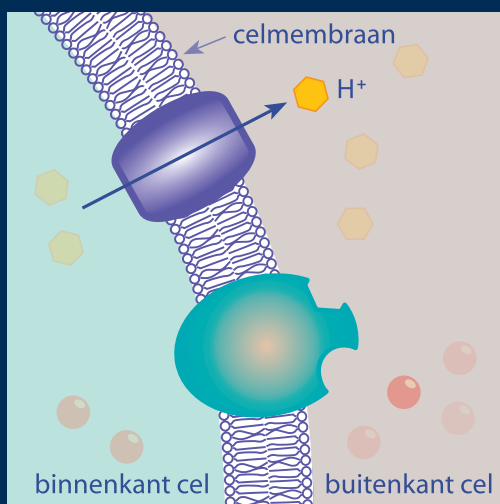


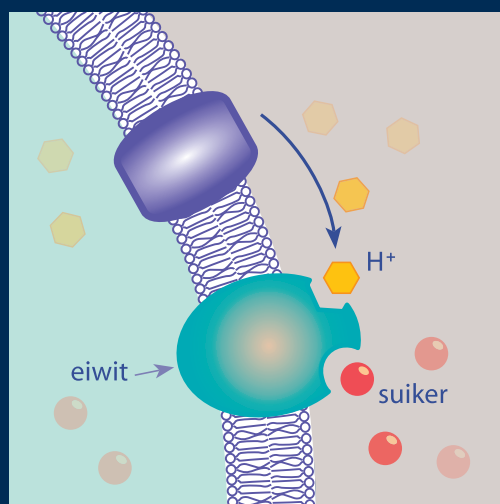
Bloem, vrucht, wortel en top van de plant trekken allemaal aan de suikers

# Ingenieus transportsysteem brengt

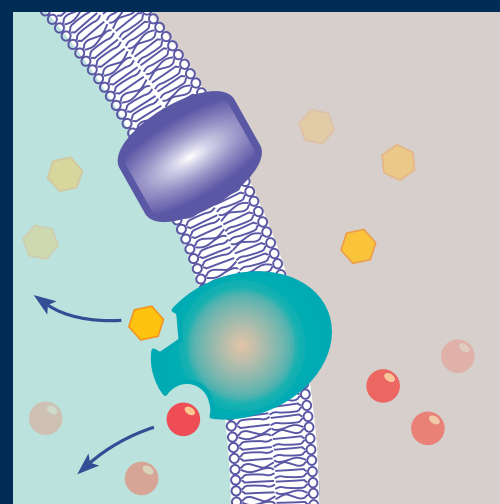
**Figuur 1. Suikertransport membraan**



Hoe trekt een sinkcel suikers aan? Eerst stoot de cel zuurionen ( $H^+$ ) uit.



Buiten de cel ontstaat een overmaat aan  $H^+$ -ionen. Die kunnen alleen terug als tegelijk een suikermolecuul aan een speciaal eiwit bindt.



Als beide aan het eiwit gebonden zijn klapt het eiwit om. Hierdoor komen  $H^+$  en suiker de cel binnen.

Suikers die in het blad (source) worden geproduceerd, gaan via het floëem naar de groeiende delen (sinks).

De fotosynthese vindt plaats in de bladeren. Maar de gevormde producten – suikers – moeten naar andere delen van de plant. Daarvoor zorgt het transportsysteem floëem. De temperatuur van de organen waar de suikers naar toe moeten, speelt een belangrijke rol bij de snelheid van dat transport en dus de nuttige verwerking van suikers. Verstoring van de verhouding tussen productie en verwerking leidt tot problemen.

TEKST: EP HEUVELINK (WAGENINGEN UNIVERSITEIT) EN TIJS KIERKELS

Op een zonnige dag kunnen de planten in de kas optimaal produceren. In de bladeren worden volop suikers gevormd. Die moeten vervolgens richting de groeiende delen. Daarvoor is een transportsysteem nodig, en dat heet het floëem.

transport-  
systeem

## Concurrentie om de suikers

De plant heeft twee transportsystemen. Het xyleem transporteert water en nutriënten richting de verdampende delen. De vaten van het xyleem zijn dood en er is maar één richting mogelijk: omhoog.

levende vaten-

Floëem bestaat juist uit levende vaten en het transport kan alle kanten op. Fotosyntheseproducten als suikers en aminozuren en water vinden hun weg via het floëem. Niet verdampende delen, zoals vruchten, krijgen het grootste deel van hun water via het floëem (zie figuur 1). In dit verhaal bespreken we het floëem.

Daarvoor is het nodig de begrippen 'source' en 'sink' goed te begrijpen.

Source is Engels voor bron en staat voor de productiecentra van de fotosynthese. Dat zijn dus vooral de volgroeide bladeren boven in de plant die veel licht opvangen.

Sink is Engels voor putje. Alle organen in de plant werken als een putje waar de suikers naar toe stromen.

Bloemen, vruchten, wortels en toppen van de plant trekken allemaal suikers naar zich toe. De gezamenlijke trekkracht is meestal veel groter dan de productie van suikers.

Bij tomaat is de sinksterkte gemiddeld over het seizoen twee maal de sourcessterkte. Bij komkommer is dat drie maal. Er is dus sterke concurrentie in de plant om de suikers. Wie het hardst kan trekken, krijgt het meest.

## De $H^+$ -sucrosepomp

Bij de fotosynthese wordt – na een aantal stappen – de suiker glucose gevormd. Daarmee kunnen twee dingen gebeuren: opslaan of afvoeren. Opslag vindt plaats in de vorm van zetmeel, afvoer in de vorm van sucrose. Die sucrose komt niet zomaar in het floëem.

Hij kan de celmembraan niet vanzelf passeren: er zijn bewaakte poorten. Door die poorten kan de sucrose actief in het floëem gepompt worden.

Dat gaat als volgt: de floëemcellen (of hun begeleiders) stoten eerst zuurionen ( $H^+$ ) uit, een actief proces dat energie kost. Zo ontstaat een gradiënt: buiten het floëem zijn nu veel meer zuurionen dan erin. Het  $H^+$  wil terug, maar dat kan niet omdat de membraan gesloten is. Terug kan alleen via de poorten; dat is een transporteiwit in de membraan. Het  $H^+$ -ion bindt daaraan vast,

sucrose

membraan

# suikers van 'source' naar 'sink'

maar pas als tevens een sucrose molecuul bindt, klapt het eiwit om en zijn zuurion en sucrose in het floëem aangeland. De poort heet de  $H^+$ -sucrosepomp (zie figuur 2).

## Hydrostatische druk

Door dit proces neemt de concentratie sucrose in het floëem steeds verder toe. En een vloeistof met een hogere concentratie aan opgeloste stoffen trekt door het membraan heen water uit naburige cellen aan, via het principe van osmose. Hierdoor ontstaat een hydrostatische druk, wat vanzelf transport van het water en suikers op gang brengt.

Bij de sink aangekomen, bijvoorbeeld een cel in een bloem in wording, gebeurt precies het omgekeerde proces via de  $H^+$ -sucrosepomp. De suikers worden hier 'uitgeladen'. Het water gaat mee de ontvangende cellen in (via osmose). Een deel blijft in deze cellen (nodig voor bijvoorbeeld celstrekking), het overtollige deel gaat via het xyleem weer omhoog.

## Vergelijkbaar met lopende band

Voor een goed begrip is het handig het floëem te vergelijken met een lopende band. In het bladgroen vindt de productie plaats. De producten – suikers – worden door 'mannetjes' op de lopende band geladen en een eind verderop door een andere ploeg 'mannetjes' weer eraf gehaald. Nu zijn er meestal veel meer mannetjes beschikbaar voor het uitladen dan voor het inladen.

Dus als er bij het uitladen een paar mannetjes wegvallen, tast dat het inladen niet aan. Of in meer plantkundige termen: de totale sinksterkte is veel groter dan de totale sourcesterkte. Alleen in uitzonderlijke gevallen zal een verlaagde sinksterkte de aanmaak van assimilaten (sourcesterkte) negatief beïnvloeden.

Maar als teler nemen we daar geen genoegen mee: we willen de suikers vooral naar de oogstbare delen dirigeren. De temperatuur is daarbij erg belangrijk. Fotosynthese, laden en uitladen van het floëem zijn niet zo temperatuurgevoelig, maar de processen na het uitladen wel. De suikers moeten in de ontvangende cellen in- en omgebouwd worden tot nuttige delen. Daaraan komen veel enzymen te pas en enzymatische processen verlopen bij hogere temperaturen duidelijk sneller.

## Balans tussen source en sink

Als de processen ten gevolge van lage temperatuur erg langzaam verlopen, stopt een groot aantal 'mannetjes' met uitladen. Het systeem loopt vast en inladen heeft ook geen zin meer. Omdat de fotosynthese wel doorgaat (niet zo temperatuurgevoelig) komen er steeds suikers bij. De sucroseconcentratie in de producerende cellen loopt op en dat is het signaal om in die cellen zelf te gaan opslaan. Het zetmeel wordt – merkwaardig genoeg – in de bladgroenkorrels zelf opgeslagen. Als dat veel gebeurt, tast het de fotosynthese zelf aan. Bij tomaat is te zien dat het blad bij te lage temperatuur in eerste instantie donkerder wordt (opslag zetmeel) en later juist geler (aantasting bladgroen).

Er moet dus altijd een balans zijn tussen source en sink. Als je de temperatuur verhoogt, verstoor je de balans, want daardoor gaat de sinksterkte omhoog. Met meer licht of  $CO_2$  bevorder je juist de sourcesterkte. Om de balans te herstellen moet de temperatuur dus omhoog bij meer licht of meer  $CO_2$ .

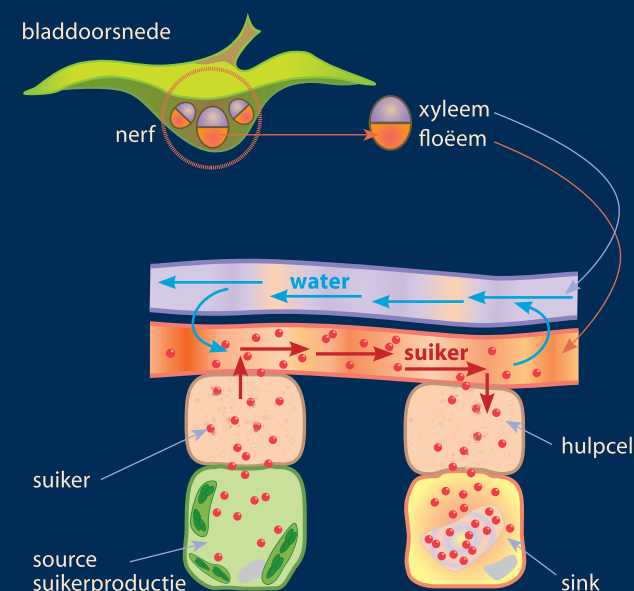
## Suikers tijdelijk opslaan

Een ander punt om in de gaten te houden is dat de plant op veel manieren de fotosyntheseproducten kwijt kan. De sinksterkte is immers in het algemeen veel groter dan de sourcesterkte. Als de plant weinig bloemen of vruchten telt, stuurt hij de overtollige suikers wel richting stengels of wortels. Die worden dan zichtbaar dikker.

De plant kent ook specifieke opslagmogelijkheden in stengel en wortel om het teveel aan suikers tijdelijk te parkeren. Die voorraden kunnen later via het floëem weer aangesproken worden als de fotosynthese niet voldoende is. Dat geldt bijvoorbeeld voor de roos en is vooral van belang bij teelt op snee. Als alle bloemen net geoogst zijn, is er nog maar weinig goed bladoppervlak voor de fotosynthese en komt een deel van de suikers voor de hergroei uit opgeslagen zetmeel in stempen en wortels (het andere deel komt uit het ingebogen bladpakket). Ook gebroeide bolbloemen moeten het voornamelijk hebben van opgeslagen suikers in de bol.

Tot slot nog de vraag wanneer een blad van een sink in een source verandert. Een

Figuur 2. Suikertransport in bladnerf



De  $H^+$ -sucrosepomp in de celmembran zorgt voor het transport van suikers van floëem naar cel (en andersom).

Illustraties: Wilma Slegers

jong blad produceert zelf nog niet genoeg om goed uit te kunnen groeien. Het trekt dus suikers naar zich toe van volwassen producerende bladeren en is daarmee een sink. Naarmate het jonge blad meer uitgroeit, heeft het minder suikers van elders nodig en produceert bovendien zelf meer. Het wordt dus een source. De omslag vindt plaats als het blad ongeveer de helft van de uiteindelijke grootte heeft bereikt.

Suikers die in de bladeren worden gevormd, vinden hun weg naar de rest van de plant via het floëem. Er moet steeds een goede balans zijn tussen productie en inbouw van de suikers, anders vinden er ongewenste processen plaats zoals opbouw van dikke stengels bij vruchtgroenten. Belangrijk om in de gaten te houden is dat de productie vooral fluctueert door lichtniveau en  $CO_2$ , terwijl de inbouw sterk temperatuurgevoelig is.

## SAMENVATTING