

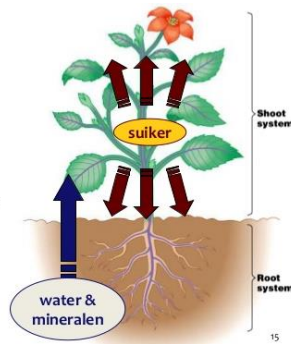
Plantenanatomie en plantenfysiologie

samensteller: Klaas Althuisen

Blad, stengel, wortel en de werking hiervan

0. Wortel, stengel en bladeren. Wat hebben blad, stengel en wortel met elkaar te maken?

- Wortels, stengels en bladeren zijn van elkaar afhankelijk
 - wortels hebben suikers nodig die gevormd zijn in de bladeren
 - stengels hebben water & mineralen nodig die geabsorbeerd zijn door de wortels

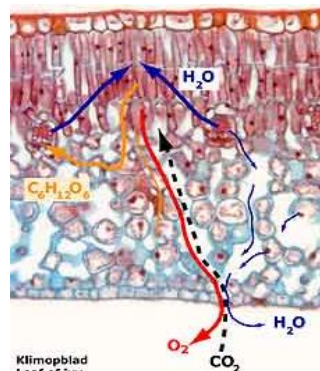
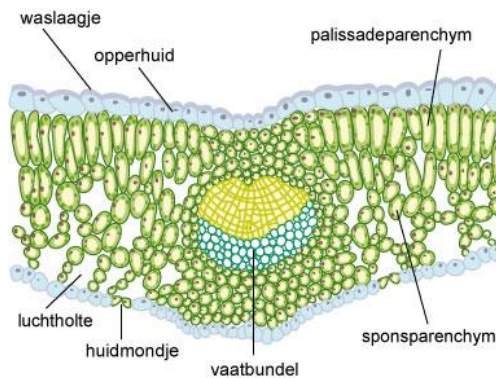


1. Bladeren en de werking van bladeren

De cellen van bladeren en stengels hebben bladgroenkorrels. Deze bladgroenkorrels kunnen lichtenergie vastleggen in moleculen glucose. Moleculen glucose bevatten dus energie. Om deze moleculen te kunnen bouwen hebben ze bouw materiaal nodig, want zonlicht alleen is geen bouw materiaal. Bladeren nemen hiervoor koolstofdioxidegas en water op om glucose te kunnen maken. Koolstofdioxide nemen ze via huidmondjes op uit de lucht. Het water nemen ze op via wortels.

Water en vervoer

Dit water wordt door de stengels naar de bladeren vervoerd. Dit vervoer loopt via vaatbundels. In de wortel, stengel en bladeren lopen dus vaatbundels. De vaatbundels van een blad liggen in de nerven van het blad. Er zijn twee typen vaten de houtvaten en de bastvaten. De aanvoerende houtvaten vervoeren water met mineralen zoals nitraat, fosfaat en kalium. De afvoerende vaten, de bastvaten, vervoeren water met het gevormde glucose. Deze wordt vervoerd naar de rest van de plant.



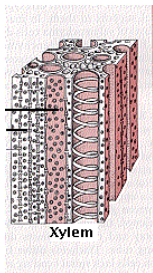
Dwarsdoorsnede van een blad, de groene cellen produceren glucose. Hiervoor worden stoffen aan- en afgevoerd.

Gaswisseling

Het bladoppervlak is relatief groot. De buitenkant is bedekt met een beschermend waslaagje dat licht doorlaat. De parenchymcellen in de bovenkant van het blad vormen het **pallisadenweefsel**. De cellen liggen dicht tegen elkaar aan en bevatten heel veel chloroplasten (bladgroenkorrels). Deze doen aan fotosynthese. De cellen daaronder, het **sponsweefsel**, hebben veel luchtholten. Elke cel daar staat in open verbinding met de lucht. In deze luchtholten vindt snelle gaswisseling plaats tussen zuurstof (eruit) en koolstofdioxide (erin).

Vaatbundels in nerven

De vaatbundels liggen in de nerven die zich sterk kunnen vertakken. In de nerven hebben de houtvaten ringen of spiralen, waardoor ze niet alleen meer doorlaatbaar, maar ook zeer buigzaam zijn. (zie xyleem) Dat laatste is vooral in de bladstelen heel functioneel. (wind) De ademopeningen, de **huidmondjes**, zitten alleen aan de onderkant van het blad. Ze kunnen bij droogte gesloten worden.

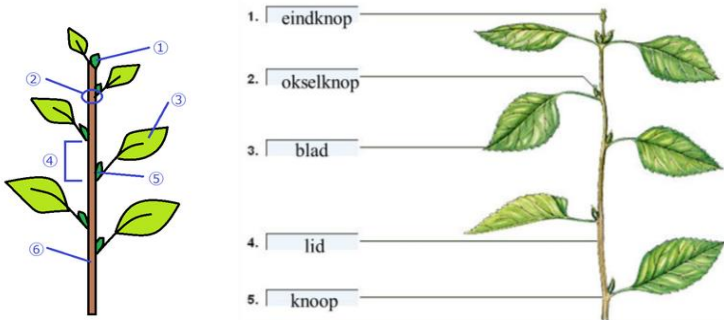


Xyleem zijn houtvaten die water en mineralen vervoeren, huidmondjes dienen voor gaswisseling

2. De stengel: knoppen, knopen, lid,

Celstrekking

Stengels zijn stevig en zorgen voor transport van water, mineralen en assimilaten. (glucose, aminozuren, vetzuren) Daarnaast zorgt de stengel voor de groei van de plant zowel door groei in de lengte als in de dikte. Het hormoon auxine zorgt voor cel strekking (in het jonge stadium)



De belangrijkste onderdelen en benamingen van stengels

Houtachtige gewassen

We kennen kruiden en houtachtige gewassen. Bij bomen is de stam eigenlijk een sterk verhoutte stengel met een sterke diktegroei. De meeste kruiden sterven bovengronds af in de winter. Bij bomen vallen alleen de bladeren af. Ze hebben dus het jaar daarop een voorsprong ten opzichte van kruiden. Bij bomen is in stam veel houtstof en cellulose gevormd. Hun stam blijft in de winter intact en verteert niet. Bij de meeste kruiden sterven de meeste stengels af in de winter en worden daarna door het bodemleven verteerd.

Onderdelen stengel

Schematisch diagram van een stengel. 1.eindknop, 2.knoop, 3.blad, 4.internodium, 5.okselsknop, 6.stengel.
Een plantenstengel is naast de wortel en het blad een van de drie basale onderdelen van de plant. De stengel bestaat uit leden (internodiën) en knopen (nodiën).

De knopen zijn de vaak verdikte plaats waar de bladeren staan ingeplant. Stengels hebben altijd knopen met of zonder bladeren. Op de plek van een knoop zit vaak een blad met een knop. Als er geen bladeren aanzitten zijn de bladlittekens nog wel te zien. Uit knoppen kunnen vaak bloemen groeien of een zijstengel met bladeren.

Wortel of stengel?

Soms is het moeilijk te zien of het een stengel of een wortel is. Wortels hebben echter nooit knopen of knoppen. Aardappels hebben wel ogen of knopen, aardappels zijn dus stengels. Bovendien kleuren aardappels groen als ze in de zon liggen. Er wordt chlorofyl aangemaakt iets wat wortels **nooit** kunnen.



Aardappels hebben knoppen en Beide zijn dus stengels (ondergronds)



ondergrondse wortelstokken hebben knopen

Ook wortelstokken zijn stengels

Er komen ook ondergrondse stengels voor. Wortelstokken (rizomen) zijn ondergrondse, meestal horizontaal lopende, al of niet opgezwollen stengels. Er zijn enkele zeer hardnekkige onkruiden met wortelstokken zoals zevenblad, kweek en brandnetel. Door deze wortelstok kunnen de planten makkelijker overleven bij grondbewerking en in de winter. Uit elk stengeldeel met een knop ontwikkelt zich weer een nieuwe plant.

Bladrozetten, alleen de bloemen hebben lange stengels, bijvoorbeeld de paardenbloem.

Bij een zeer korte stengel wordt van een bladrozet gesproken. Bladrozetplanten kunnen belangrijke onkruiden vormen in gras. Ze overleven gemakkelijk als er gemaaid wordt. Hun bladeren zijn plat tegen de grond gedrukt en bezitten nagenoeg geen stengel, onder de grond begint meteen de wortel.



Bladrozetten moeilijk te maaien en



asperges zijn verdikte stengels met opslagstoffen



Aardbei-planten vormen uitlopers



dode stengels als overwinterplaats van wilde bijen

Sommige stengels kruipen over de grond zoals de aardbei. Deze uitlopers van de aardbei hebben ook knopen. Op de plek waar knopen de grond raken kan een nieuwe plant ontstaan.

Biodiversiteit.

Solitaire bijen leggen hun eitjes in afgestorven holle stengels. Het overblijven tijdens de winter van deze holle stengels zijn dus belangrijk voor het voortbestaan van wilde bijen en dus goed voor de biodiversiteit.



Honderden soorten solitaire bijen zoals de Metselbij en de Wolbij worden met uitsterven bedreigd.



Stengelknollen bij aardappels en

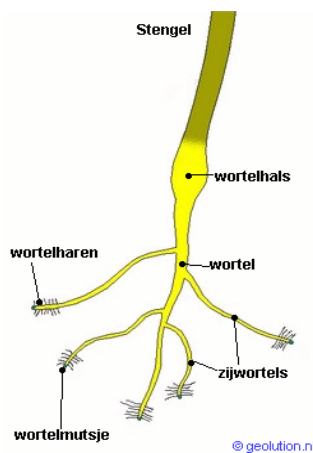


bladluizen op verse stengeldelen zuigen uit stengelvaten.

Stolonen bij aardappel

Ronde verdikte ondergrondse stengels zijn met vaak met zetmeel (reservevoedsel) gevuld en worden dan stengelknollen genoemd. De ondergrondse stengel (rizoom) bij aardappel heeft aan het eind een stengelknol, de aardappel, gevormd. De ogen op de aardappelknol zijn de knoppen van dit verdikte stengeldeel. De aardappelknol heeft een zogenaamde kiemrust, dat wil zeggen dat een aardappelknol niet eerder uitloopt en nieuwe stengels vormt dan wanneer de kiemrust doorbroken is. Voor het uitlopen is warmte de belangrijkste abiotische factor gevolgd door beschikbaarheid van water en zuurstof.

3. Wortel



Belangrijke onderdelen van een wortel,

Wateropname, worteldruk

De wortel is het ondergrondse deel van de plant, waarmee deze water en opgeloste voedingsstoffen uit de bodem opneemt. Bladeren hebben water en mineralen nodig voor fotosynthese en groei. Als de bladeren te weinig water kunnen verdampen (hoge luchtvochtigheid) dan is er te weinig nieuwe aanvoer van mineralen. De wortels gaan dan over op **worteldruk**, die bij onvoldoende verdamping door de bladeren zo groot kan worden dat water bij de bladpunten naar buiten wordt geperst. Dit verschijnsel wordt guttatie genoemd.

Waterzuigkracht door verdamping is een passief proces wat de plant geen energie kost. Worteldruk kost de plant wel energie. Worteldruk gebeurt vooral bij grote hoge gewassen en worteldruk vindt vooral plaats bij te weinig verdamping (hoge luchtvochtigheid) Ook zorgt de wortel voor de verankering van de plant in de grond.

Voor een goede groei moet de grond voldoende lucht bevatten.

In de directe omgeving van de wortel (niet verder dan 1,5 mm van de wortel af) is een verhoogde biologische activiteit aanwezig. Deze zone wordt de rhizosfeer genoemd. De overgang tussen de stengel en de wortel heet de wortelhals.



Wortelharen bij kiemende sla

Wortelharen

Aan de wortel zitten wortelharen, die voor de eigenlijke opname van water en minerale voedingsstoffen zorg dragen. Wortelharen zijn uitstulpingen van bepaalde wortelhuidcellen, die geen cuticula hebben. Ze zijn 5 tot 17 micrometer in doorsnee en 80 tot 1500 micrometer lang. Ze hebben maar een beperkte levensduur en worden meestal niet ouder dan 3 dagen.

Aan de toppen van de wortels bevinden zich groeipunten. De wortels die uit deze groeipunten ontstaan, heten primaire wortels. Aan de top van een wortel zit een beschermkapje, het wortelmutsje. Het wortelmutsje is slijmerig, waardoor de wortel makkelijk door de grond groeit en niet beschadigd.

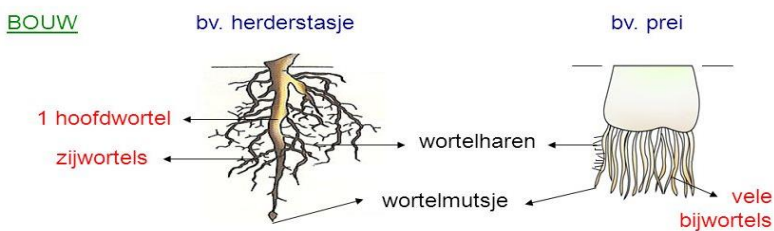
De bouw van de wortel

De wortel heeft ongeveer dezelfde bouw als de stengel. In het midden van de wortel zit de centrale cilinder, die bestaat uit hout- en zeefvaten. In het parenchym worden de reservestoffen, voornamelijk zetmeel, opgeslagen. Belangrijke onderdelen van de wortel zijn:

1. de zijwortel = een vertakking van de hoofdwortel
2. het wortelmutsje of calyptra = bescherming rond het tere worteluiteinde
3. de wortelharen of rizoïden = haarfijne uitgroeiingen op de wortel.

Penwortel of bijwortel

Er zijn plantensoorten, zoals paardebloemen met een sterke hoofdwortel, die **penwortel** genoemd wordt. Andere soorten zoals grassen maken een zeer fijn vertakt oppervlakkig wortelstelsel. Weer andere soorten hebben een sterk verdikte wortel. Deze kunnen belangrijke inhoudsstoffen bevatten. Deze kunnen als voedsel voor mens of dier gebruikt worden, bijvoorbeeld en voederbieten. Suiker (sacharose) kan gewonnen worden uit suikerbieten. Mais (en andere grassen) kennen geen penwortel. Zij hebben bijwortels zoals prij en ui. Deze bijwortels zitten vaak als een krans aan de zijkant.



AANPASSINGEN

- opnamefunctie: vele fijne wortelhaartjes
- groeifunctie: beschermend wortelmutsje
- steunfunctie: diep en uitgebreid wortelstelsel (bv. beuk)
hechtwortels om hoger te groeien (bv. klimop)
- opslagfunctie: reservevoedsel in verdikte wortels (bv. biet)

Wortelprikkels

Planten 'zoeken' met hun wortels naar water en voedsel. Als het grondwater bij droogte niet te snel zakt kan de wortelgroei dit bijhouden en de waterbehoefte uit het grondwater blijven aanvullen. In droge grond, bij voldoende voedsel, vormt de plant een uitgebreid wortelgestel zowel in de breedte als in de diepte. Als na een droogteperiode de grond weer nat wordt, vormt de plant direct nieuwe wortels in de vochtige plekken.

In voedselarme grond is het wortelgestel uitgebreider dan in voedselrijke grond. Op voedselrijke plekken (mestkluiten) in de grond worden meer wortels gevormd. Wortels van dezelfde plant, maar ook wortels van verschillende planten van dezelfde soort vergroeien nogal eens met elkaar, waardoor ziekten van de ene naar de andere plant kunnen worden overgedragen.

Evenwichtige groei

Een plant 'probeert' een bepaalde spruit/wortelverhouding te handhaven. Als een deel van de bovengrondse delen afgevreten of beschadigd raken 'probeert' de plant dit zo snel als mogelijk te herstellen door het verminderen of stoppen van de wortelgroei en soms zelfs gedeeltelijk afsterven van het wortelstelsel, zodat alle energie in hernieuwde stengel en bladvorming kan gaan zitten.

Water

Overdadig water geven kan leiden tot verstikking van de plant. Wortels hebben namelijk altijd zuurstof nodig. Ze doen aan verbranding en niet aan fotosynthese en daarvoor is zuurstof nodig. Er is dus altijd een optimale luchtwaterverhouding rondom plantenwortels nodig om zo de snelste groei te realiseren. Voor de meeste planten geldt dat ze het beste groeien als de helft van de poriën gevuld zijn lucht en de andere helft gevuld zijn met water



Planten kunnen niet lang met hun wortels in het water blijven staan, hun wortels sterven dan af.

Diffusie, osmose, turgor

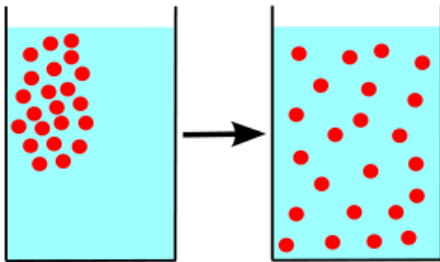
samensteller: Klaas Althuisen

Moleculen, molecuulgrootte, beweging, krachten

1. Diffusie

Bij diffusie van gassen verdeelt elk gas zich gelijkmatig in de ruimte. (dit gebeurt vanzelf) Dit gebeurt ook met een oplosbaar zout wat in water oplost.

Alle gassen bestaan uit moleculen en deze bewegen en botsen voortdurend, daardoor zullen ze zich gelijkmatig verspreiden.



Schematische illustratie van diffusie.

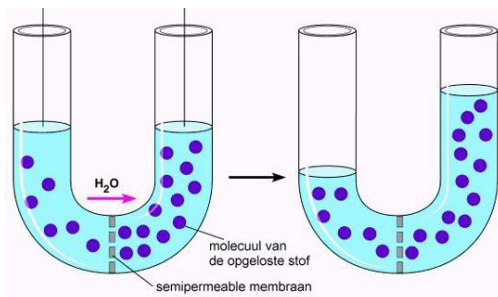
Als het warm is bewegen de moleculen zich veel sneller en zullen ze heftiger botsen. Diffusie verloopt dus veel sneller bij een hogere temperatuur. De gaswisseling bij planten door de huidmondjes verloopt bij warm weer dus ook sneller.

Diffusie van zouten in water verloopt veel langzamer. De net opgeloste zout-ionen in de buurt van de zoutkristallen doen er soms wel uren over om de andere kant van een bak van 10 cm doorsnede te bereiken. Andere zout-ionen die ook zouden willen oplossen kunnen dit niet omdat andere opgeloste ionen in de weg zitten. Doordat diffusie van opgeloste stoffen in vloeistoffen meestal veel langzamer verloopt gaan we dit versnellen door te **roeren** (en soms zelfs met verwarmen)

2. Osmose

Bij osmose kunnen alleen de kleinste moleculen (deeltjes) zich gelijkmatig verdelen. Grotere moleculen kunnen dit niet als gevolg van een semipermeabel membraan. Deze laat alleen de kleinste door. (vaak is dat alleen water, in dit geval lichtblauw gekleurd.) Als gevolg van osmose treden er drukverschillen op.

Dierlijk cellen zijn omgeven door membranen, deze kunnen rekken en dus snel groter worden bij wateropname. (osmose)



Water stroomt naar de sterkste concentratie zouten (of suiker), Dit komt omdat alleen water zich gelijkmatig kan verdelen. De grote moleculen kunnen dit niet, ze kunnen niet door de semipermeabele wand.

Een semipermeabel membraan zoals bij de omhulling van dierlijke en plantaardige cellen gedraagt zich dus letterlijk als een scheidingswand. Vaak kunnen alleen watermoleculen en gasmoleculen hier doorheen terwyl en zout- en glucosemoleculen dit niet kunnen.

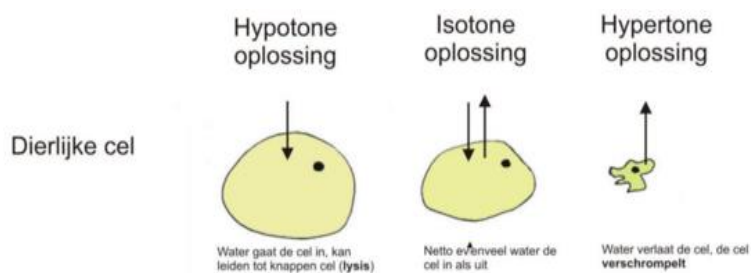
Gevolg hiervan is dat alleen water zich gaat verplaatsen naar de sterkste zout- of suikeroplossing door het membraan. Cellen die in contact komen met zoetwater (kraanwater) nemen vanzelf water op veroorzaakt door osmose, (in de cellen heerst immers een hogere zout- of suikerconcentratie). Nagenoeg alle levende cellen gaan opzwellen in zuiver water (osmose). Als ze te snel opzwellen scheurt de membraan en sterven ze.

3. Turgor.

Plantencellen hebben iets ontwikkeld om de osmose tegen te kunnen werken. Zij bezitten behalve een semipermeabel omhullingsmembraan ook nog een **celwand**. Deze celwand zit om de celmembraan als een buitenband om een binnen band. Deze celwand kan nagenoeg niet uitzetten, te vergelijken met een stugge buitenband. De celmembraan kan men vergelijken met een binnenband. De celwand zorgt er dus voor dat de celmembraan niet kan knappen. (door osmose)

Knappen, verschrompelen of pompen

Het ontstaan van een celwand als reactie op osmose in te zoet water is een verbluffende aanpassing tegen opzwellgevaar, maar het werkt ook vooral energiezuinig. Eencellige dieren zijn hun hele leven bezig water uit hun cellen te pompen (in zoet water) of hun heel leven bezig water in hun lichaam te pompen (als ze in zee water leven). Door osmose blijft er teveel water naar binnen stromen (zoet) of naar buiten. (zee)



Binnen- en buitenband

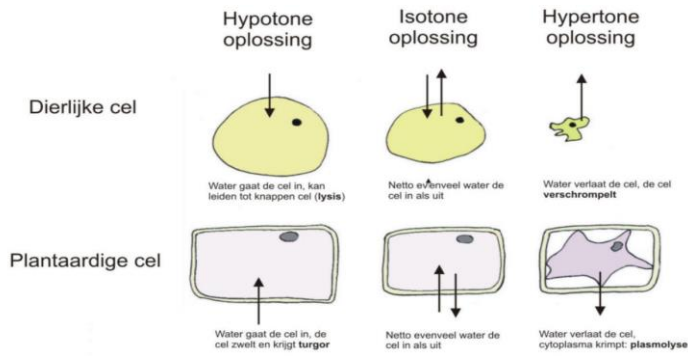
Het **celmembraan** kun je vergelijken met een binnenband. (deze kun je tijdens het oppompen normaal zo groot oppompen dat hij knapt. De buitenband echter gaat tegenwerken als er veel lucht in de binnenband wordt gepompt, het wordt steeds moeilijker er nog lucht bij te pompen. Hetzelfde gebeurt met het water. Het water wil de cel in stromen maar wordt op een gegeven moment tegengewerkt door de opgelopen druk in de cel. Dit wordt veroorzaakt door de **niet rekbare celwand** aan de buitenkant. Er ontstaat turgor. (spanning)

Turgor geeft stevigheid

Op een gegeven moment krijgen de cellen een maximale turgor. (maximale druk zodat er geen water meer naar binnen kan) Plantencellen worden dus door diffusie, osmose en turgor zeer stevig. Planten worden dus onder andere stevig van turgor. Diercellen bereiken nooit turgor en knappen stuk.

Plasmolyse

Als men cellen in een sterkere zoutoplossing legt (zeewater 3%) dan **verschrompelen** de dierlijke cellen en de plantencellen worden slap. De celwand blijft nog wel een beetje stevig maar de celmembraan komt los van de celwand. Dit heet **plasmolyse**, de plant zal spoedig sterven.



Fotosynthese en verbranding

samensteller: Klaas Althuisen

beginstoffen, eindproducten, reacties, organische stoffen, energie, voortgaande synthese

1. Voeding, energie en energierijke producten, glucose, zetmeel, vet, eiwit.

Alleen planten maken de energierijke stof **glucose**. Met deze energierijke stof kunnen ze zich voeden. Dit houdt in dat ze hiermee later de rest van producten kunnen maken die ze nodig hebben, zoals andere brandstoffen en bouwstoffen.

2. Fotosynthese en voortgaande synthese

Planten nemen water en koolstofdioxide op en maken hiervan glucose. Later maken ze van deze glucose weer zetmeel, eiwit en vet. Deze producten kunnen verbranden, ze bevatten energie, maar de meeste van deze stoffen worden als bouwstof gebruikt. De energie is afkomstig van de zon en wordt nu opgesloten in deze gevormde stoffen (**glucose, zetmeel**). Dit eerste proces wordt **fotosynthese** genoemd.

Planten maken later van glucose weer andere stoffen, vaak bouwstoffen. Voorbeelden van deze bouwstoffen zijn eiwit en cellulose. Ze maken ook vet, olien en zetmeel, dit zijn meestal reserve-brandstoffen. De bouwstoffen (denk aan hout) zijn ook brandbaar. Er is dus energie opgeslagen in al deze producten. (Deze opeenvolgende omzettingen worden **voortgaande synthese** genoemd)

Koolstofdioxide en water $\xrightarrow{\text{fotosynthese}}$ glucose $\xrightarrow{\text{voortgaande synthese}}$ zetmeel, vet, cellulose, hout

Figuur 1: de vorming van organische stoffen zoals zetmeel, vet en cellulose door planten

Opdracht: Hoe is deze energie in deze producten terecht gekomen?

Voeg een zon met zonlicht en pijl toe bij de bovenstaande figuur.

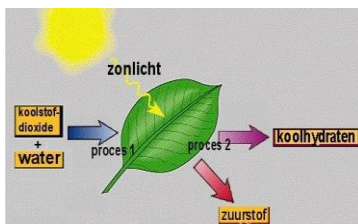
3. Organische stoffen en verbranding

Organische stoffen worden dus gevormd door organismen. Organische stoffen kunnen verbranden, hiervoor is ook zuurstof nodig, er komt hierbij energie vrij.

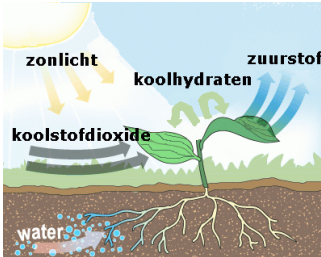
Glucose, zetmeel, eiwit en vet worden **organische stoffen** genoemd. De stoffen zijn gemaakt door organismen, vooral groene planten. In deze organische stoffen is energie opgeslagen. Deze energie kun je eruit krijgen door deze stoffen te verbranden.

Planten zijn in staat om lichtenergie op te vangen en op te slaan in organische stoffen zoals glucose en zetmeel. Dit proces heet **fotosynthese**.

De energie kan ook weer vrij komen, planten verbranden dan de gevormde organische stoffen.



Figuur 2 en 3 : Tijdens de **fotosynthese** wordt zonlicht energie vastgelegd in moleculen glucose (suiker). Hiervoor nemen planten koolstofdioxide en water op. (zuurstof is een afvalproduct)



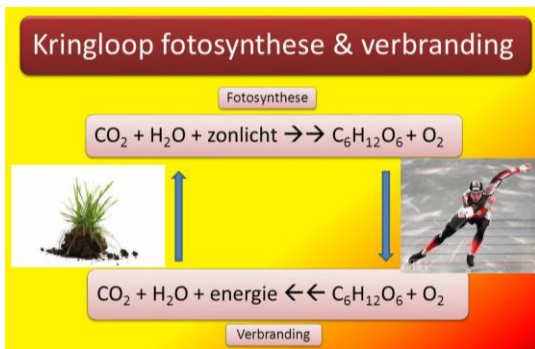
Figuur 4 en 5: Bij **fotosynthese** worden organische stoffen gemaakt (koolhydraten, glucose, zetmeel) Bij verbranding worden organische stoffen afgebroken, hierbij komt koolstofdioxide vrij.

4. Fotosynthese: het opslaan van zonlicht, alleen planten kunnen dit. (met behulp van bladgroen)

Bladgroenkorrels in de bladeren kunnen glucose maken. Ze gebruiken licht als energiebron. Fotosynthese is eigenlijk het opslaan van zonne-energie in energierijke moleculen. Glucose, suiker, zetmeel en vet zijn voorbeelden van energierijke moleculen. Zonlicht is geen stof, het is een energievorm. De energie wordt in glucose, zetmeel en vet opgeslagen. Later wordt deze energie, als het nodig is, er weer uitgehaald. Dit doen ze door verbranding van deze stoffen. Voor deze aanmaak gebruiken de planten twee energiearme stoffen namelijk koolstofdioxide en water. Deze twee stoffen worden omgezet in energierijke stoffen zoals glucose en zetmeel. Dit kan de plant alleen als hij licht(energie) opvangt.

5. Heterotroof en autotroof

Dieren (en mensen) zijn volkomen afhankelijk van planten (voor bouwstoffen en energiestoffen) Dieren zijn bijzonder afhankelijk van planten omdat ze zelf geen energierijke stoffen kunnen maken. We noemen dieren daarom **heterotroof**. De meeste schimmels en bacteriën (reducenten) zijn ook **heterotroof**. Dieren eten altijd planten of dieren om aan energie te komen. Vleeseters eten weliswaar andere dieren, maar deze prooidieren hebben vermoedelijk planten gegeten. Planten zijn dus **autotroof**. (maken hun eigen voedsel) Dieren verbruiken veel energie om te kunnen lopen, zwemmen, vliegen en zich warm te houden. Als er geen planten zijn, zouden de dieren dus snel sterven!

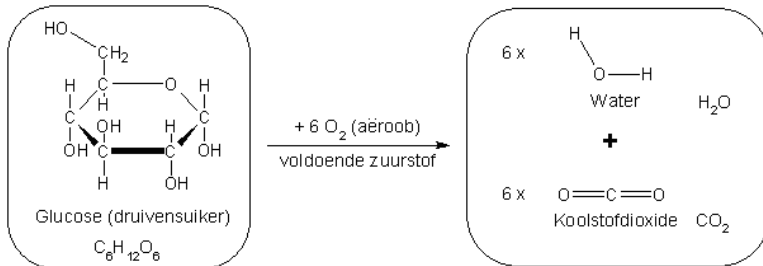


figuur 6: De fotosynthese en verbranding verlopen met koolstofproducten

6. Waarom verbranding? het vrijmaken van energie voor transport, beweging of voor de bouw

Dieren hebben vooral energie nodig voor beweging. (transport en voortbeweging) Dieren zoals zoogdieren en vogels verbruiken nog meer energie, zij houden hun lichaam voortdurend op een hoge temperatuur. (37-40°C) Deze warmbloedige dieren kunnen ook als het vriest naar eten zoeken en makkelijker overleven. Maar ook planten verbruiken energie, vooral voor de opbouw van stoffen zoals eiwitten en vet. Ze moeten namelijk ook groeien of zaden maken. (**voortgaande synthese**)

Een deel van de overdag gevormde glucose wordt verbrand om te kunnen groeien en bouwen.



Figuur 7: Tijdens de verbranding komt energie vrij. Glucose bevat dus veel energie. Water en koolstofdioxide bevatten nagenoeg geen energie meer.

7. Kilogrammen plantmateriaal die dieren eten en efficiëntie

Een ha aardappels levert bijvoorbeeld 40.000 kg aardappels op. Maar dit zegt niets over de voedingswaarde. Aardappels kunnen wel voor driekwart uit water bestaan. Het gaat dus over de droge stof. Droge stof kunnen dieren wel verbranden. Zo kunnen 40.000 kg aardappels wel 10.000 kg zetmeel bevatten. Dit kunnen dieren direct als brandstof gebruiken. Wat ze over hebben kunnen ze veranderen en opslaan in lichaamsvet of melkvet. Van 100 kg zetmeel kunnen ze ongeveer 10 kg vet maken. De rest gaat verloren als lichaamswarmte. Koeien kunnen van aardappels niet alleen het zetmeel benutten maar ook het cellulose in de vezels, schillen en celwanden van de aardappels. In de pens van herkauwers maar ook in de blinde darm leven bacteriën die dit cellulose als brandstof kunnen benutten. Zo kunnen 40.000 kg aardappels 5000 kg cellulose bevatten. Herkauwers en paarden kunnen dus van 40.000 kg aardappels 10.000 kg zetmeel + 5000 kg cellulose benutten voor energie. Varkens kunnen alleen maar de 10.000 kg zetmeel benutten, zij kunnen slechter celluloseverteren. Dit gebeurt bij hun een beetje in de dikke darm.

Met opmerkingen [KA1]:

8. Veroudering van planten en hun voedingsstoffen

Hieronder zie je een plaatje van de groei van gras. In het jeugd stadium 1. (voorjaar) bevat de plant veel meer eiwit (protein) dan (hemi)cellulose. In stadium 4 (herfst) is dit andersom. Carbohydrates stellen zetmeel en suiker voor. Aan het eind van hun groei bevatten grassen dus veel meer vezels in de vorm stengels en van dikke celwanden. In het eind stadium zijn grassen dus minder geschikt als eiwitbron (protein) Wil men gras als eiwitbron gebruiken dan moet men gras in het jonge stadium maaien.

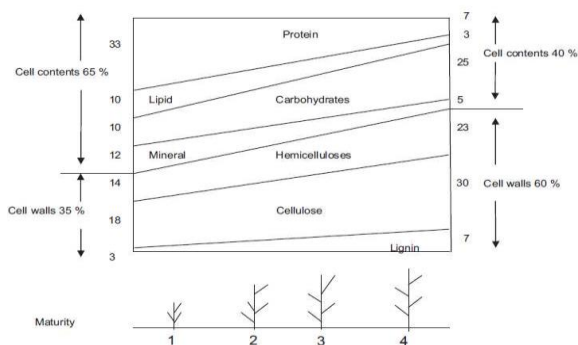
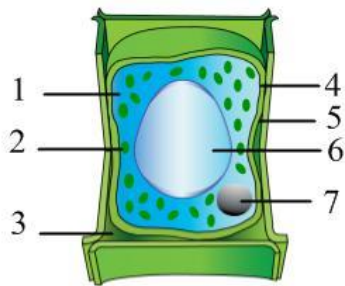


Fig. 1 - Schematic representation of the changes in the chemical composition of grasses during four stages of growth (Osborn, 1980; reproduced with the permission of Wiley-Blackwell).

Oudere planten bevatten, in verhouding veel meer cellulose en jonge planten veel meer eiwit. (proteinen)

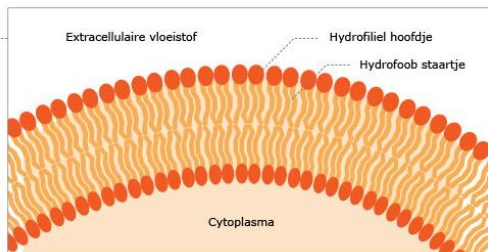


EB 7. Plastiden.



Figuur van basis cel met korrels. Bij aardappels hebben de bladgroenkorrels een taak als zetmeelkorrels gekregen

- Celvocht en opgeloste stoffen:** dit bestaat uit een stroperige vloeistof die bestaat uit water, opgeloste zouten, opgeloste suikers, eiwitten en vetachtige stoffen. De concentraties aan suiker en zouten zijn min of meer altijd hetzelfde. Er zweven ook korrels in rond.
- Bladgroenkorrels:** chloroplasten bevatten de kleurstof bladgroen en dit pigment is in staat lichtenergie vast te leggen in opslag (in moleculen glucose)
- Buitencellulair vocht:** Extracellulair vocht bevindt zich buiten de cellen en heeft heel andere concentraties aan zouten en suikers dan in de cel. Deze concentraties kunnen sterk verschillen, in gehalten en samenstelling. Ze worden veel minder geregeld.
- Celmembraan:** zeer dun vlies wat bestaat uit dubbele vettige fosfaatlaag. Te vergelijken met de dikte van een zeepbel. Deze vettige membraan regelt continu welek stoffen de cel in mogen en welke eruit. Water en gasmoleculen (zuurstof en koolstofdioxidegas) zijn zo klein dat ze door dit semipermeabele membraan nauwelijks worden tegengehouden.
- Celwand:** poreuze stevige wand gemaakt van cellulose en lignine (houtstof, vezels) die de celmembraan ondersteunt en tegendruk geeft. Deze celwand is voor de meeste organismen moeilijk te verteren. Bacteriën en schimmels kunnen wel de cellulose afbreken maar nauwelijks het lignine.
- Vacuole:** grote blaas in een cel. Bevat veel water, met opgeloste stoffen zoals kleurstoffen, opgelost reserve-eiwit maar ook afvalstoffen. Geen korrels, altijd helder.
- Celkern:** bevat chromosomen met erfelijke materiaal, het DNA



Zaden, kieming

samensteller Klaas Althuisen.

een en tweezaadlobbigen, kiemrust, stratificatie



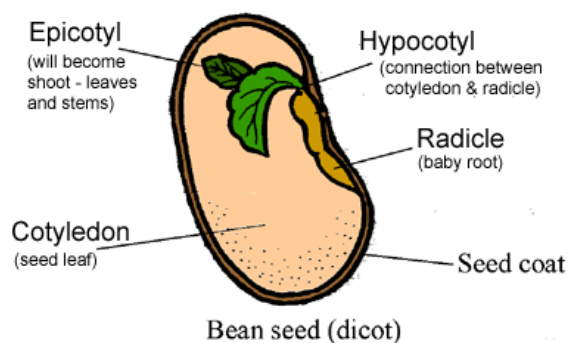
1. Kieming en kiemrust, granenschot

Kieming of ontkieming is het proces van groei van een zaad, waarin uit een embryo of kiem een kiemplant groeit. Vaak is het beter dat zaden niet direct kiemen, bijvoorbeeld in de herfst. Veel zaden bezitten een mechanisme dat ze later, in een gunstiger seizoen pas gaan kiemen. De zaden bezitten kiemrust. Wanneer er geen kiemrust is kan het zaad zelfs al gaan kiemen als het nog aan de plant vastzit. Dit wordt bij granenschot genoemd. Grassen, waarbij dit verschijnsel vrijwel altijd optreedt, heten levendbarend of vivipaar.

2. Tweezaadlobbigen of dicotylen.

Als voorbeeld van de **kieming** van tweezaadlobbige zaden wordt de boon tijdens het kiemen gevolgd.

Het zaad wordt omgeven door de zaadhuid. In het zaad zit al een compleet plantje (embryo, kiem) met worteltje en pluimpje. Het zaad van de boon bestaat voor het grootste deel uit de twee zaadlobben met daarin het reservevoedsel. Bij sommige tweezaadlobbigen zijn de zaadlobben klein en zit er nog veel reservevoedsel in het endosperm. Het reservevoedsel bestaat vooral uit eiwitten, vetten en koolhydraten onder andere zetmeel. Tijdens de kieming wordt het reservevoedsel uit de zaadlobben en het endosperm verbruikt en het zetmeel omgezet in glucose. Er komt energie vrij voor groeiprocesen.



Dwarsdoorsnede van een boonzaad, er is al een compleet miniplantje aanwezig. De cotylen bevatten reservevoedsel en fungeren later als pseudo-bladeren voor fotosynthese.

De kieming begint met de opname van water. Hierdoor zwellen de zaadlobben op. Het worteltje komt naar buiten door de kiemopening. Boven de navel zit de kiemopening. De kiemwortel groeit, afhankelijk van de plantensoort, meer of minder uit tot een hoofdwortel. Aan de hoofdwortel worden de zijwortels gevormd.

Het stengelgedeelte onder de zaadlobben groeit naar boven, tegen de zwaartekracht in. Hoe dieper de boon in de grond zit des te langer wordt het stengeldeel.

Of een plant de zwaartekracht wel of niet nodig heeft voor zijn ontwikkeling is in april 2004 door astronaut André Kuipers op zijn vlucht in de ruimte aan zaadjes van raketsla (*Rucola* of *Eruca sativa*) onderzocht. Op 26 april 2004 is bekend geworden dat de kiemplantjes alle kanten opgroeiden, dus de zwaartekracht nodig hebben voor het bepalen van de groeirichting.

Door de sterke groei ontstaat er een bocht in de stengel. Dit gebogen stengeldeel groeit boven de grond uit. Vervolgens worden de beide zaadlobben en het pluimpje uit de zaadhuid getrokken worden. Deze zaadlobben kunnen ook net als echte bladeren doen aan fotosynthese

Tijdens de eerste ontwikkeling wordt al het reservevoedsel uit de zaadlobben gehaald, die daardoor verschrompelen en ten slotte afvallen.

Afbeeldingen ontwikkeling boon



Pronkboon

Pronkboon 24 uur na vochtig maken

De kiemende stamboom trekt de twee zaadlobben uit de bodem. Deze pseudo bladeren doen aan fotosynthese. Tussen deze zaadlobben bevindt zich het pluimpje met echte (ware) bladeren.

Eerste twee ware bladeren ontvouwen zich

3. Eenzaadlobbigen of monocotylen

Als voorbeeld van de kieming van eenzaadlobbige zaden wordt de maïskorrel gebruikt. Het zaad wordt omgeven door de zaadhuid. Het zaad bestaat voor het grootste deel uit reservevoedsel. Het reservevoedsel bestaat vooral zetmeel en een beetje eiwitten en vetten. Tijdens de kieming wordt het reservevoedsel verbruikt en het zetmeel omgezet in glucose. De kieming begint met de opname van water. Hierdoor zwelt de maïskorrel op. Dit duurt meestal een paar dagen afhankelijk van het vochtgehalte van de grond.

De kiemwortel groeit bij eenzaadlobbigen niet uit tot een hoofdwortel, maar sterft al snel af, waarna er zogenoemde kroonwortels (of bijwortels) gevormd worden. Aan de kroonwortels worden de zijwortels gevormd. Het onderste stengeldeel, de halmheffer, zorgt ervoor dat de kiemplant op de goede hoogte boven de grond komt. Bij dieper zaaien wordt de halmheffer langer.

Als eerste komt een soort buisje, het coleoptyl, boven de grond. Hierin zit het eerste blaadje. Het eerste blaadje heeft een afwijkende vorm ten opzichte van de volgende bladeren. Het is ovaal tot omgekeerd eirond; de volgende bladeren die tevoorschijn komen zijn lijnvormig. Vervolgens komt door elk blad een nieuw blad naar buiten. Onkruiden in mais wordt vaak bespoten als de plant in het 2-4 bladig stadium is.

Bij eenzaadlobbigen bestaat het blad uit een bladschijf en een bladschede. De bladschede geeft de plant stevigheid.

4. Onkruiden en bestrijdingsmiddelen

Er zijn bestrijdingsmiddelen die alle tweezaadlobbigen (dycotylen) doden terwijl de eenzaadlobbigen gewoon in leven blijven. Bij maïs, graan en gras (allemaal eenzaadlobbigen) kan men tweezaadlobbige onkruiden (verreweg de grootste groep) heel makkelijk en doeltreffend bestrijden.

Afbeeldingen ontwikkeling maïsplant.



Rechts coleoptyl: een buisje waar de eerste bladeren in zitten. Links eerste blaadje door coleoptyl naar buiten.

Eerste blad is eirond.

Kieplant van suikermaïs in 4-bladig stadium.

5. Invloed temperatuur.

Er zijn plantensoorten waarvan de zaden alleen bij een bepaalde temperatuur kiemen. Slazaad kiemt bijvoorbeeld niet bij een hoge temperatuur. Andere soorten hebben juist wel een hoge temperatuur nodig. Daarnaast zijn er plantensoorten waarvan de zaden een bepaalde hoeveelheid koude moeten hebben gehad alvorens ze gaan kiemen. (koudeprikkel)

6. Invloed licht

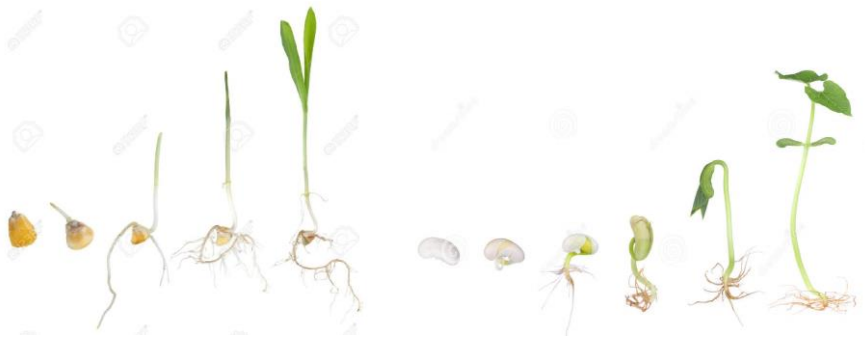
Zaden kunnen soms heel lang kiemkrachtig in de grond aanwezig blijven. Zodra de grond omgespit of omgewoeld wordt, komen deze zaden aan de oppervlakte en **lichtkiemers** beginnen door de invloed van het licht te kiemen. Zaden van sommige plantensoorten hebben maar een duizendste seconde licht nodig om het kiemingsproces op gang te brengen.

Ploegen en frezen zorgen er dus voor dat veel meer onkruiden gaan kiemen.

7. Versnellen van het kiemproces

Om het kiemproces te versnellen, kunnen verschillende technieken aangewend worden:

1. Het **beschadigen van de zaadwand** waardoor deze lucht en water doorlaat.
2. Het bewaren van de zaden tussen lagen grond bij **koude temperaturen**, waarmee de winteromstandigheden gesimuleerd worden.
3. De zaden **in water laten weken** zodat ze zachter worden.



Zaad huid

De meeste zaden zijn omgeven door een **zaadhuid**. Deze beschermt hen tegen schimmels, bacteriën, tegen uitdroging en overtollig water. Er zit een klein gaatje in een zaadje waardoor hij water kan opnemen en gassen kan uitwisselen. De meeste zaden zijn erg droog waardoor schimmels en bacteriën weinig trek hebben in zaden. Als zaden nog maar 12% vocht bevatten zijn ze heel lang houdbaar en blijven ze lang kiemkrachtig.

Kiemrust

De zaadhuid moet het zaad niet alleen beschermen maar ook door een ongunstige periode heen loodsen. Dit kan een winter zijn, maar ook een droge periode van maanden. Dit niet kunnen kiemen noemt men **kiemrust**. Een aantal zaden hebben hiervoor een mechanisme ingebouwd dat ze niet kunnen kiemen. Sommige zaadhuiden zijn zo hard dat deze eerst voor een deel moet wegrotten willen ze water op kunnen zuigen. Andere zaden hebben chemische stoffen in de zaadhuid (in het gaatje) welke alleen door vorst worden afgebroken, zodat later het water naar binnen kan om kieming te veroorzaken.

Kiemkracht

Bewaren van zaden moet in koude, droge en donkere omgeving gebeuren. Sommige zaden verliezen snel hun kiemkracht door een kortdurende hogere luchtvochtigheid en temperatuur. Ze nemen dan water op en beginnen even te kiemen. Wordt de luchtvochtigheid dan weer lager dan droogt het zaadje weer maar het kiempje (het embryo) sterft dan door uitdroging. De zaden hebben dan hun kiemkracht verloren. Ze kunnen niet meer kiemen. Deze kiemkracht kan bepaald worden door bijvoorbeeld 100 zaden op een vochtige doek te leggen en daarna te tellen hoeveel procent van de zaden kiemen.

Kiemplanten en bodem.

Kiemplanten zijn zeer kwetsbaar. In de normale natuur overleven de meeste zaden en kiemplanten niet, meestal sterft 90% van de embryo's in het zaad of ze sterven als kiemplant. Een tekort of teveel aan water is meestal de oorzaak. Het belang van een goede bodem, die het vocht goed reguleert is in het beginstadium letterlijk van levensbelang. De wortels van kiemplantjes kunnen heel snel uitdrogen.

?????Vanaf hier: Nog verder uit te werken????? Nog 2 onderwerpen! Ongeveer een pagina.

Bij het bovenstaand deel heb ik gedeeltelijk vragen gemaakt.

Moeten er nog bij geplakt worden en er moeten nog vragen bij komen.

- Symbiose

Symbiose, micorrhizza's

Plantenwortel, micorrhiza, bodem en processen hiertussen

De rhizosfeer – de directe omgeving van de levende wortels – functioneert met de aanwezigheid van micorrhizza's heel anders dan zonder infectie met deze merkwaardige soort schimmels. De wortels scheiden veel stoffen uit die de pH veranderen. De zuurgraad in de rhizosfeer kan daarom heel anders zijn dan wat je meet in het systeem. De meest belangrijke oorzaak daarvan is dat de plant elektrisch neutraal moet blijven. Alle voedingsstoffen zijn opgelost aanwezig in de vorm van ionen. Die hebben altijd een positieve of negatieve lading.

- Scheikunde
 - Kleihumus complex
 - ionen uitwisseling tussen bodem en wortels
 - invloed van stoffen vanuit de industrie en verkeer (zure regen)

- Natuurkunde
 - Overbrenging
 - Gewichtsverdeling
 - Bodemdruk
 - Capillair water