**FYSIOLOGIE HOOFDSTUK 2: Water en de plantencel**

1. Inleiding

* Hoe nemen planten op?
  + 97% water opgenomen via wortels
    - Verlaat organisme via bladopp. = transpiratie
* Waarom nemen planten water op?
  + - Huidmondjes openzetten voor CO2 opname => H20 verdampt
      * => waterverlies
    - Water sterkere concentratiegradiënt
      * => sneller watervlies dan CO2 opname
* Waterbeschikbaarheid = bepalende factor in opbrengst van alle gewassen
  + Dorst/behoefte = gevolg van opname door diffusie van CO2 voor fotosynthese

2. De structuur en eigenschappen van water

2.1 Structuur en eigenschappen: polariteit

* Water
  + **Polaire** molecule door **elektronegatief** karakter van O
    - Zorgt voor ongelijke verdeling vd e- in de covalente bindingen met H
    - Hierdoor is O atoom partieel neg. en H atomen partieel pos.
  + => vorming **waterstofbruggen** 
    - Oorzaak: polariteit
    - De tegengestelde ladingen tussen naburige watermoleculen trekken elkaar aan met zwakke elektrostatische kracht
    - Kan tussen watermoleculen & ionen of watermoleculen & polaire moleculen
  + => ideaal solvent
    - Oorzaak: polariteit & water is kleine molecule
    - Kenmerken
      * Waterstofbruggen verminderen de elektrostatische interacties tussen geladen moleculen => oplosbaarheid verhoogt
      * Vorming **watermantel** 
        + Polaire watermol. oriënteren zich rond de geladen groepen

2.2 Eigenschappen: Waterstofbrugvorming, cohesie en adhesie

* Water (niet zo belangrijk)
  + Hoge **soortelijke warmte** en latente **verdampingstemperatuur** door Hbruggen
  + **Oppervlaktespanning** = energie nodig om lucht-wateroppervlakte te vergroten
    - Watermoleculen sterker aan elkaar dan aan gasfase => klein opp = lage EN
    - Opp vergroten door H bruggen te verbreken => EN nodig = oppspanning
    - => oppspanning invloed op vorm & zorgt voor nettokracht bij kromming
  + **Cohesie** = aantrekkingskracht tussen moleculen (Hbruggen)
  + **Adhesie** = aantrekking van water aan vaste oppervlakte vb glas
  + **Capillariteit** = water stijgt in een dunne buis
    - Gevolg van cohesie & adhesie
    - Bij evenwicht: water in capillair hoger dan omringend water door
      * 1) oppspanning
      * 2) aantrekking water aan opp vd buis
  + **Contacthoek** = tussen wateropp en vast opp.
    - <90° -> nat opp ‘wettable’ -> gebonden aan opp. (hydrofiel opp.)
    - >90° -> druppelvorming -> niet gebonden aan opp. (hydrofoob opp.)
  + Hoge trekkracht
    - Door cohesie => waterdraad grote trekkrachten weerstaan alvorens breken
    - Vb: spuitje
      * Induwen spuit => ontstaat hydrostatische druk
      * Uittrekken => ontstaat negatieve hydrostatische druk
      * Om watermassa in spuit te breken => voldoende kracht uitoefenen
    - **Caviteit** 
      * Onder lage/negatieve hydrostatische druk => vorming gasbellen in waterdraad = caviteit
      * Door voorkomen gasbellen => weerstand trekkracht reduceren => breekt makkelijker
      * => H20 is dus niet overal even constant

3. Watertransportprocessen

* Hoe wordt water getransporteerd?

3.1 Watertransportprocessen in cellen

* 1) Diffusie
  + = proces waarbij moleculen in een oplossing constant vermengen als gevolg van de willekeurige thermische beweging
  + = concentratieafhankelijk
    - Netto- beweging van hoge naar lage concentratie
      * = mee met de concentratiegradiënt
      * Indien geen andere krachten op moleculen inwerken
  + = Snel over kleine afstanden; langzaam over grote afstanden
  + **Wet van Fick** (zie ppt)
    - Diffusiesnelheid ~ concentratiegradiënt
    - Js = flux dichtheid (mol m-2 s-1 ) = hoeveelheid v/e product s die per eenheid tijd een oppervlakte passeert
    - Ds = **diffusiecoefficiënt**= maat voor hoe gemakkelijk s door medium beweegt
    - Minteken = beweging met concentratiegradiënt mee = downhill
  + Diffusie: Bulk flow
    - = massa verplaatsing
    - = lange afstand verplaatsing van water onder externe druk/ drukgradiënt
      * Vb: water door tuinslang of rivier
    - Beschreven door wet van Poiseuille
    - Gevoelig aan de straal vd buis waardoor verplaatsing gebeurt
    - **Ligt aan de basis van watertransport door het xyleem**
* 2) Waterpotentiaal
  + **Osmose** 
    - = selectieve beweging van moleculen door **semi-permeabel membraan**
      * semi-permeabel
        + = laat watermoleculen en kleine ongeladen moleculen door & grote geladen moleculen niet echt
      * Membraan = hydrofoob & hydrofiel
        + H20 gaat via aquaporines (zie verder)
    - = spontaan verschijnsel aangedreven door concentratie & drukgradiënt
      * Diffusie: spontaan aangedreven door concetratiegradiënt
      * Bulk flow: spontaan aangedreven door drukgradiënt
    - Richting en snelheid verplaatsing bepaald door som conc en drukgradient
  + **Chemische potentiaal** (µ)
    - = kwantitatieve uitdrukking vd vrije energie van water **in J mol-1**
    - = relatieve grootheid
      * Grootheid bepaald door vgl vd potentiaal v/e stof in gegeven toestand met potentiaal van die stof in standaardcondities
  + **Waterpotentiaal** ( ) psi
    - = chemische potentiaal/molale volume van water
    - = maat voor vrije energie van water per eenheid van volume ( J m-3) om arbeid te kunnen verrichten
    - = energiestatus van water in de plant
    - Bepaalt door 3 of 4 factoren
      * 1) Osmotische potentiaal/oplossingspotentiaal
        + = effect vd opgeloste stof op waterpotentiaal
        + = bijdrage vd conc. opgeloste stoffen in dat water
        + => hangt af van aard vd opgeloste stof
        + **Aanwezigheid opgeloste stof vermindert vrije EN** van water door verdunning & verhoging entropie
        + Kan geschat worden door wet van Van’t Hoff voor verdunde oplossingen van niet dissociërende moleculen

Cs= conc opgeloste stof in osmolaliteit (mol L-1)

Minteken = opgeloste stof vermindert waterpot.

Ionaire componenten: concentratie x aantal ionen

* + - * 2) Drukpotentiaal
        + = hydrostatische druk in oplossing
        + = uitwendige druk op watermassa
        + Positief vb: door de turgordruk in cel
        + Negatief vb: door trekkracht op water in xyleem
        + Bij standaardomstandigheden: druk = 0MPA
      * 3) Zwaartekrachtpotentiaal
        + = afhankelijk vd hoogte (h) vh water boven referentiepositie, dichtheid (rho) en zwaartekracht (g)
        + Op celniveau: verwaarloosbaar klein
      * 4) Matrix potentiaal
        + = indien waterpotentiaal bespreken in droge bodems in droog plantenweefsel, met laag watergehalte
        + = maat voor hoe sterk watermassa is gebonden aan fysische omgeving

Vb: hydrofiel opp => sterke aantrekking met water

* + - * + Water komt voor als dunne laag aan vaste opp.
* PPT p6 osmose
  + 1) cel sluit goed aan aan de celwand
  + 2) 20% sucrose toevoegen in opl => cel water verloren => cel sluit niet meer goed aan
    - Want in 20% sucrose => waterconcentratie lager dan in cel
    - Water vloeit van hoge waterconc naar lage waterconc of van een lage concentratie opgeloste stof naar hoge (sucrose)
    - => **plasmolyse** = cytoplast krimpt & cel/cytoplast laat los vd celwand
      * **Grensplasmolyse** = concentratie binnen & buiten gelijk
  + 3) terug in zuiver water => cel neemt water op => cel terug turgescent
    - Want waterconcentratie buiten is groter

3.2 Water beweegt volgens waterpotentiaalgradiënt

* Plantencel in oplossing => osmotisch systeem, omgeven door semi-permeabel membraan
  + Celwand: nagenoeg volledig doorlaatbaar voor water & meeste kleine moleculen
* Flaccid cell
  + = niet turgescente cel = cytoplast losgelaten = minder water in dan mogelijk
  + => druk verdwenen => drukpot =0
* Figuren: opname en afgifte water door plantencel in functie vd waterpotentiaal
  + A) open beker met zuiver water
    - Druk op water dezelfde als omgevingsdruk => Ψp = 0MPA
    - Zonder opgeloste stof => Ψs =0MPA
    - Beker is het referentiesysteem => Ψg = 0MPA
    - => Ψw =0MPA
  + B) **oplossing** 0,1M sucrose
    - Sucrose => Ψs = -0,244MPA
    - => Ψw =-0,244MPA
  + C.1) **verwelkte cel**, zonder turgor, met interne sucrose van vb: 0,3M = flaccid cell
    - Sucrose => Ψs =-0,732MPA
    - Geen turgordruk: hydrostatische druk = omgevingsdruk => Ψp = 0MPA
    - => Ψw = -0,732MPA
  + C.2) Flaccid cell **in** sucroseoplossing brengen
    - Dan is de waterpotentiaal vd oplossing hoger dan die vd cel
    - => water vloeit van hoogste waterpotentiaal naar laagste
    - **=> water van oplossing in cel vloeien** 
      * Water => in cel dringen => cel zwelt => turgordruk neemt toe
      * Met toenemende drukpotentiaal
        + => toenemende waterpotentiaal & verschil waterpot. In en buiten cel w kleiner ∆ Ψw
        + Evenwicht waterinstroom & uitstroom:

=> Ψw cel = Ψw sucrose opl. = -0,244MPA

=> ∆ Ψw=0MPA

**=> cel maximaal turgescent**

=> Ψs =-0,732MPA => verandert nauwelijks want volume beker groter dan cel

=> Ψp = Ψw- Ψs=0,488MPA

* + D) Turgescente cel van van 0,1M => 0,3M sucroseoplossing brengen
    - Dan is de waterpotentiaal vd cel hoger dan die vd oplossing
    - **=> water van cel naar oplossing vloeien** 
      * Cel zal water verliezen => celvolume daalt
      * => protoplast laat de celwand los = **plasmolyse**
      * => turgordruk daalt
    - Met afnemende turgordruk
      * => afnemende waterpotentiaal
      * Evenwicht:
        + => Ψw cel = Ψw sucrose opl. = -0,732MPA
        + => Ψs =-0,732MPA
        + => Ψp = Ψw- Ψs=0MPA
* Passief transport: Transport van water over membraan in voorgaande vb’n
  + Zonder tussenkomst van ATP gedreven pompen
  + Volgens de waterpotentiaalgradiënt
* Actief transport: co-transport met andere moleculen (vb: AZ, suikers,..)
  + Tegen potentiaalgradiënt in

3.3 Kleine veranderingen in celvolume veroorzaken grote veranderingen in turgor

* Celwand = rigide
  + Gevolg: kleine verandering in waterpotentiaal => grote verandering op drukpot.
  + Geïllustreerd in Hoffler diagram
* Grafiek: Hoffler diagram **(examen)**
  + = Verloop van Ψw, Ψs, Ψp als functie van het relatieve celvolume
  + = geeft de relatie aan tussen de waterpotentiaal vd cel Ψw , de componenten waaruit de waterpotentiaal is samengesteld Ψs, Ψp en het relatieve celvolume
  + Kenmerken
    - 1) Bij afname celvolume
      * Waterpotentiaal daalt want drukpotentiaal daalt
        + Tot cel los laat => Ψp=0 => Ψs= Ψw (!!!)
    - 2) Bij volledige turgescentie
      * Ψw =0 want Ψp en Ψs heffen elkaar op
    - 3) slope= helling
      * Zegt iets over de elasticiteit vd cel
  + Opm:
    - 1) Ψs niet constant zoals ervoor verondersteld zie 5.
    - 2) Ψs daalt
      * Want waterverlies => conc. opgeloste stoffen stijgt => afname Ψs

3.4 Watertransport door de membraan w gefaciliteerd door aquaporines

* Watertransport doorheen dubbele lipidenlaag (vb: plasmamembraan)
  + Door diffusie = onvoldoende om snelheden watertransport te verklaren
  + Door Aquaporines
* Aquaporines
  + = waterporiën = porie waarlangs polaire molecule door hydrofobe dubbellaag kan
  + = integrale/ transmembraaneiwitten die selectief water transporteren/ doorlaten
  + = gefaciliteerde diffusie
  + = passief transport
    - Transport gedreven door water concentratiegradiënt
  + In gesloten of open toestand
    - Afhankelijk vd intracellulaire pH en Ca2+ concentraties
    - Planten => actief de permeabiliteit vd membraan voor water regelen
* Conclusie: eiwitten voor transport laten controle toe

4. De waterstatus vd plant

* Waterstatus
  + = waterconditie vd plant
  + Plant is zelden in volledig gehydrateerde toestand
    - Oorzaak: waterverlies door transpiratie
    - => waterstatus vd plant
  + Beschreven in termen vd waterpotentiaal
    - Waterpotentiaal daalt => water verliezen
  + Onvolledige hydratatie beïnvloed fysiologische processen
    - Mate waarin fysiologisch proces gevoelig is aan waterstatus vd plant
      * Reflecteert de adaptaties van de plant aan droogte omstandigheden
* Figuur
  + Bij afnemende waterpotentiaal: stomata dicht (?) op bepaald moment
    - Beïnvloedt processen
  + 1) Celexpansie gevoelig aan waterstatus
    - Afname waterpotentiaal => afname/stoppen celexpansie
    - Verklaring: celexpansie = gedreven door turgordruk vd cel op celwand
    - Merkwaardig: aanhoudende droogte => toename in wortelvolume
      * Te wijten aan vorming nieuwe wortels en niet echt aan strekkingsgroei
  + 2) solute accumulation = toenemen van opgeloste stof in de cel
    - Afname waterpotentiaal => toename solute accumulation
    - Verklaring: Ψw ~ concentratie opgeloste stof
      * Hoe meer opgeloste stof => hoe meer negatief waterpot.
    - Indien wortelcellen org. Moleculen bijnemen => waterpot wortel lager dan bodem => wortel zo water opnemen zelfs in droge bodem (!!!)
  + 3) abscisic acid accumulation
    - Afname waterpotentiaal => toename zuur
      * => plant nood aan hormoon/signaal dat plant reageert op watertekort => sluiten stomata etc (aanpassingen)