

Tuinbouw met zout water?

In Nederland is volop zoet water aanwezig, maar op veel andere plaatsen is dat niet het geval. Het zou een uitkomst zijn als je daar planten kunt kweken die ook op zout water gedijen. Magdalena Julkowska onderzoekt de rol die het wortelstelsel daarbij speelt. Ze doet dat (onder andere) met verrassend eenvoudige wiskunde.



De zandraket (*Arabidopsis*) speelt de hoofdrol in het onderzoek van Magdalena Julkowska. In geconditioneerde kweekkamers heeft zij al honderden van deze kleine plantjes gekweekt. Zij doet dit in het kader van haar promotieonderzoek bij de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica van de Universiteit van Amsterdam. Enthousiast vertelt Julkowska over de achtergronden van haar werk en de rol die wiskunde daarin speelt.

Natrium als boosdoener

“70% van de aarde bestaat uit water, 2% daarvan is zoet water en het grootste deel daarvan heeft de vorm van ijs. Wereldwijd is zoet water dus schaars. Door veranderingen in het klimaat neemt het aantal gebieden dat door watertekort getroffen wordt toe. De concentratie van mineralen in het water neemt daardoor toe. Dit gebeurt bijvoorbeeld in grote gebieden in Australië. De planten die daar groeien ondervinden daardoor zoutstress. Planten kunnen zich daaraan aanpassen, maar dat kost veel energie, daarom groeien planten met zoutstress langzamer. Ze ontwikkelen strategieën om zo goed mogelijk met de nieuwe situatie om te gaan. Bijvoorbeeld door hun wortelstelsel aan te passen.”

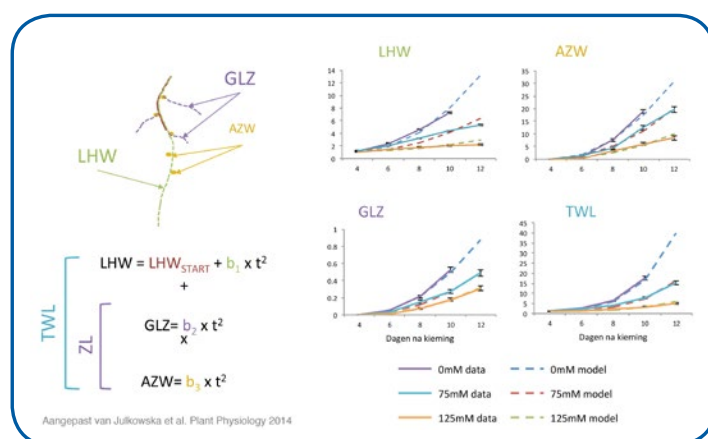
De wortels van een plant hebben een aantal functies. Ze zorgen voor grip in de grond en voor de opname van water en voedingsstoffen. Een van die voedingsstoffen is kalium, dat onder andere een belangrijke rol speelt bij de fotosynthese in de bladeren. Dit proces wordt belemmerd door natrium, een van de bestanddelen van zout. Op moleculair niveau lijken kalium en natrium op elkaar waardoor natrium via de kaliumkanaaltjes naar binnen kan druipe. Een plant kan hierop reageren door de opname van water en voedingsstoffen aan te passen.

“Interessant is om te zien wat er gebeurt met de wortelstructuur”, legt Julkowska uit. “Wat voor beslissing neemt de plant. Kiest hij voor veel wortels om water op te nemen? Maakt hij minder wortels zodat hij minder zout opneemt? Past hij de architectuur van zijn wortelstelsel aan?” Om dit te onderzoeken worden verschillende ecotypes van de *Arabidopsis* onderzocht. “Dit plantje komt overal voor in het noordelijke halfrond en past zich aan de lokale omstandigheden aan. Ze komen voor in kuststreken, bergstreken, steppegebieden enzovoort. We gaan er vanuit dat planten die uit verschillende locaties komen, aangepast zijn aan de uitdagende omstandigheden waarin ze groeien. Dit kan zich uiten in genetische aanpassing. *Arabidopsis*-plantjes zijn klein en hebben bovendien een korte generatietijd, de cyclus van zaad naar zaad duurt drie maanden. Dat maakt het plantje heel geschikt om te onderzoeken.”

De zaden moeten eerst kiemen. Na vier dagen worden ze overgezet op platen met een agaragar-gelei waarin voedingsstoffen zijn opgelost. Er zijn controleplaten zonder zout en platen met verschillende zoutconcentraties. Het hele kiem- en kweekproces vindt plaats in kweekkamers onder gecontroleerde condities. Elke tweede dag wordt gekeken hoe de wortels zich ontwikkelen. Dit gebeurt door de kweekplaten onder een scanner te leggen. Met software wordt daarna de vorm van de wortels geanalyseerd.

De beste strategie

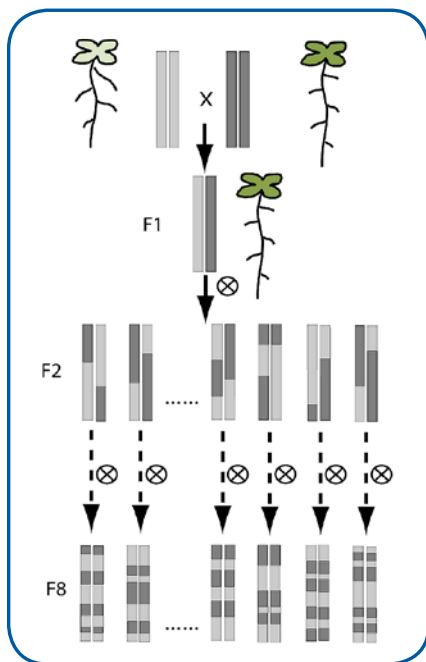
“De *Arabidopsis* heeft een wortelstelsel dat uit een hoofdwortel met zijwortels bestaat”, vertelt Julkowska. “Je kunt dit stelsel met drie parameters beschrijven: de lengte van de hoofdwortel (LHW), het aantal zijwortels (AZW) en de gemiddelde lengte van de zijwortels (GLZ). Je kunt deze drie parameters combineren om de zijwortellengte (ZL) en vervolgens de totale wortellengte (TWL) te beschrijven. Bij metingen van de controleplaten, blijkt dat LHW, GLZ en AZW alle drie kwadratische verlopen met de tijd.” Elke individuele zaailing ontwikkelt zich op zijn eigen manier. Zaken als gemiddelde groeifactoren en standaarddeviaties spelen dus ook een belangrijke rol.



Een schematische weergave van de parameters die het wortelstelsel van de *Arabidopsis* beschrijven als functie van de tijd

Dat je LHW, GLZ en AZW met dezelfde functie ($y=b \times t^2$) kunt beschrijven is mooi. Als de groeifactoren b_1 , b_2 en b_3 bij een bepaalde zoutconcentratie alle drie halveren, dan betekent dat dat de architectuur van het wortelstelsel niet verandert, er worden alleen minder wortels aangemaakt. "Arabidopsis-plantjes van verschillende plekken op de wereld blijken verschillend te reageren op zoutstress", vertelt Julkowska. "We zien vier verschillende strategieën: (1) de hoofdwortel wordt korter en in mindere mate ook de zijwortels, (2) alle parameters verminderen in dezelfde mate, (3) de hoofdwortel wordt net zo lang, maar de zijwortels worden korter en (4) de hoofdwortel wordt net zo lang en de plant maakt minder en kortere zijwortels. Strategie (3) blijkt de beste. Daarbij vinden we de minste natriumionen in de bladeren."

De volgende stap is om uit te zoeken welke genen verantwoordelijk zijn voor de gekozen groeistrategie. Hiervoor worden planten met verschillende strategieën gekruist. Bij de eerste generatie nakomelingen kun je zien welke strategie 'dominant' is. Daarna kweek je in totaal acht generaties nakomelingen door de plantjes alleen nog maar met zichzelf te kruisen. Door middel van recombinatie, krijg je zo uiteindelijk verschillende combinaties van het genoom (het genenbestand) van de twee ouderplanten. Deze techniek heet RIL: Recombinant Inbred Lines.



Een schematisch overzicht van de Recombinant Inbred Lines-methode. Bij de achtste generatie plantjes worden honderden genpatronen vergeleken met de ontwikkelde wortelstructuur.

"Met de RIL-methode kun je bepalen hoe stukjes genoom corresponderen met je favoriete wortelstrategie en kun je genen identificeren die aan de basis liggen van zoutstresstolerantie", legt Julkowska uit. "Met deze kennis kun je bijvoorbeeld kijken of die genen ook aanwezig zijn in tomatenplanten. Door slim te kruisen kun je een tomatenlijn ontwikkelen die altijd een stabiele wortelstructuur maakt."

"Soms heb je moeilijke wiskunde nodig, maar soms kun je met eenvoudige kwadratische functies al veel doen."

Moeilijke en eenvoudige wiskunde

Op de middelbare school vond Julkowska wiskunde al een mooi vak. "Ik moest er wel hard en vooral ook regelmatig voor werken. Het mooie is dat je alles met behulp van wiskunde kunt beschrijven. Soms heb je daar moeilijke wiskunde voor nodig, maar zoals in dit geval kun je met eenvoudige kwadratische functies al veel doen."

Over dit onderzoek publiceerden Julkowska en coauteurs het volgende artikel:

Magdalena M. Julkowska, Huub C.J. Hoefsloot, Selena Mol, Richard Feron, Gert-Jan de Boer, Michel A. Haring, and Christa Testerink, Capturing Arabidopsis root architecture dynamics with ROOT-FIT reveals diversity in responses to salinity. *Plant Physiol.* pp.114.248963; First Published on September 30, 2014; doi:10.1104/pp.114.248963.

[Hier vindt u het artikel.](#)