

Elegante wiskunde voor efficiëntere bloementeelt

Er gaat niets boven een echte roos, maar de virtuele roos van Wageningen UR staat met stip op twee. Gerie van der Heijden, medewerker van Biometris, onderdeel van Wageningen UR, vertelt iets over de achterliggende schoonheid van deze bloem.



Het is mooi om, blaadje voor blaadje, een roos te zien groeien die uiteindelijk wordt bekroond met een donkerrode bloem. Het lijkt of we naar een versnelde filmopname kijken, maar in werkelijkheid zien we de resultaten van 'Virtual rose'. Op basis van groeiregels tovert dit simulatieprogramma vanuit het niets een levensechte roos op het scherm. Een programma met een hoog 'Valentijn'-gehalte, maar er is natuurlijk meer. 'Virtual rose' – en de daarin verwerkte wiskunde – is een krachtig instrument bij de bestudering van nieuwe technieken voor plantenteelt en plantenveredeling.

Verbluffend echt

Gerie van der Heijden is sinds 2006 betrokken bij het 'Virtual rose'-project. "Er bestaan al langer groeimodellen van planten", licht van der Heijden toe. "Tot voor kort simuleerden die alleen de effecten van fysiologie en fotosynthese. Belangrijke inputparameters in deze modellen zijn de hoeveelheid water, licht en CO₂ waarover een plant beschikt. De plant zet dit om in suikers, die op hun beurt zorgen voor groei. Hierdoor vermeerderd het bladoppervlak, waardoor er meer licht wordt opgevangen, waardoor de plant meer suikers aanmaakt, enzovoort. Deze modellen simuleren wel de totale groei van planten, maar houden geen rekening met de architectuur ervan. Als nieuwe bladeren zich boven eerder gevormde bladeren vormen, heeft dit consequenties voor de totale lichtinval en dus voor de vorming van suikers en de verdere groei. Om de praktijk toch zo goed mogelijk te benaderen, bevatten deze modellen wel een parameter die bij benadering de vorm van de plant in de berekeningen verwerkt. In de berekeningen is de plantvorm dan een van de uitgangspunten waarmee gerekend wordt. Programma's zoals 'Virtual rose' draaien deze aanpak volledig om."

In de nieuwe generatie groeimodellen zijn regels opgenomen over vertakkingspatronen en bladvormen en deze worden met de fysiologische processen gecombineerd. Hierdoor kunnen deze modellen zelf de plantvorm - en dus de bladdichtheid – en de

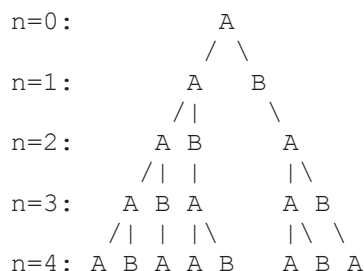
verandering daarvan tijdens de groei berekenen. De wiskundige basis voor de beschrijving van de plantarchitectuur is het L-systeem dat in 1968 door de Hongaarse bioloog Aristid Lindenmayer werd geïntroduceerd. Zo'n systeem bestaat uit een axioma plus een aantal herschrijfgeregels. Hieronder twee eenvoudige voorbeelden uit Wikipedia*:

Voorbeeld 1

Lindenmayer beschreef de groei van algen met behulp van het volgende L-systeem:

- we hebben de variabelen A en B
- en de regels $[A \rightarrow AB]$, $[B \rightarrow A]$
- bij de start beschikken we alleen over A

Dit kun je visualiseren als:



Al na een paar stappen blijken zich wierachtige contouren af te tekenen.

► Lees verder op volgende pagina.

* <http://en.wikipedia.org/wiki/L-system>

Voorbeeld 2

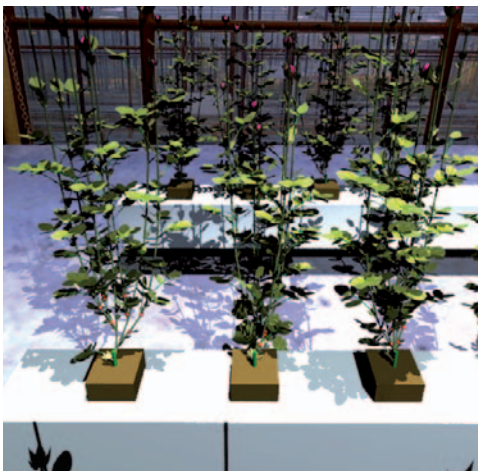
Ook voor het onderstaande plaatje zijn betrekkelijk eenvoudige groeiregels gebruikt (zie Wikipedia). Het resultaat lijkt verbluffend echt.



Het resultaat van een eenvoudig L-systeem ($n=6$)

Kweken in Nederland of Ethiopië

Voor complexere planten zijn ook complexere regels nodig. "Hiervoor doen we uitgebreide 3D-metingen", legt van der Heijden uit. "We meten tijdens de groei allerlei gegevens zoals bladoppervlak, bladgewicht, bladhoek, temperatuuffecten, enzovoort. Dit levert een immense hoeveelheid data waarmee nauwkeurige groeiregels opgesteld worden." Als je deze regels combineert met de fysiologische groei modellen – over de effecten van voedingsstoffen, licht, water en CO_2 – en met *ray tracing* – over hoe invallend licht door de aanwezige oppervlakken wordt geabsorbeerd en gereflecteerd –, kun je hiermee complexe groei processen simuleren. Van der Heijden: "Met ons rozenmodel simuleren we de speciale technieken uit de rozenteelt. Daarbij wordt een deel van de plant weggeknipt en wordt een aantal takken omgebogen; het blad van deze ingebogen takken zorgt voor de suikers voor de plant. De rest van de plant moet mooie, rechte stelen met rozen produceren. Met het simulatiemodel kunnen we nu bijvoorbeeld de invloed van LED-belichting onderzoeken. Wat is de beste plaats voor de lampen in de kas en hoe kun je zoveel mogelijk energie besparen?"



Simulatie van rozenplanten in een verlichte kas

Het model is nog volop in ontwikkeling. Vorig jaar is een onderzoek begonnen om te kijken of het mogelijk is om ook op basis van DNA-markers de groei-eigenschappen van verschillende genotypes met dit model te voorspellen. Je kunt dan beoordelen onder welke groeicondities een nieuwe kruising het beste gedijt. Rozen die het in Nederland niet goed doen, zijn misschien bijzonder geschikt voor teelt in India of Ethiopië. Het model levert belangrijke informatie op voor plantenveredelaars.

Sterke link met de praktijk

Van der Heijden studeerde plantenveredeling in Wageningen en promoveerde daarna in Delft op het gebied van beeldbewerking. Naast het rozenproject werkt hij onder andere mee aan de ontwikkeling van landbouwrobots, zoals een robot voor de biologische landbouw die – met behulp van Fourieranalyse – zuring in een grasveld herkent en mechanisch verwijdert. Het werk van van der Heijden is zowel theoretisch als praktisch; de helft van zijn tijd is hij op pad voor veldwerk en in overleg met allerlei betrokken partijen. "Het leuke van dit werk vind ik de sterke link met de praktijk. Je vangt de werkelijkheid in een model en verwerft zo inzicht in hoe dingen werken. Het mooie is dat de voorspellingen meestal nog kloppen ook."

'The Algorithmic Beauty of Plants' van Przemyslaw Prusinkiewicz en Aristid Lindenmayer is een prachtig boek over de toepassing van L-systemen voor het simuleren van plantengroei. Het boek is niet meer in de handel maar op <http://algorithmicbotany.org/papers/#abop> kunt u het in zijn geheel inzien en gratis downloaden.