

→ bibl.

BIBLIOTHEEK
PROEFSTATION VOOR TUINBOUW
ONDER GLAS TE NAALDWIJK

cb
Bibliotheek
Proefstation
Naaldwijk
A
2
G
55

ern

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS

Mogelijkheden van metingen aan intacte wortelstelsels met fysische methoden
waaronder kern spinresonantie (NMR)

Berend van Goor

februari 1989

Intern rapport nr. 9

2217296

A
2
G
55

Mogelijkheden van metingen aan intacte wortelstelsels met fysische methoden waaronder kern spinresonantie (NMR)

Het is van belang om methoden beschikbaar te hebben waarbij men tijdens de groei van een gewas op verschillende substraten als steenwol en veen wortelmetingen kan doen. Dit geldt zowel gegevens over de bouw van het wortelstelsel in de ruimte als over de opnameactiviteit. Belangrijk is dat een 3-dimensionaal beeld ontstaat. De technieken berusten op verschillen in eigenschappen tussen de wortels en het omgevende substraat. De technieken moeten het mogelijk maken op een afstand te meten.

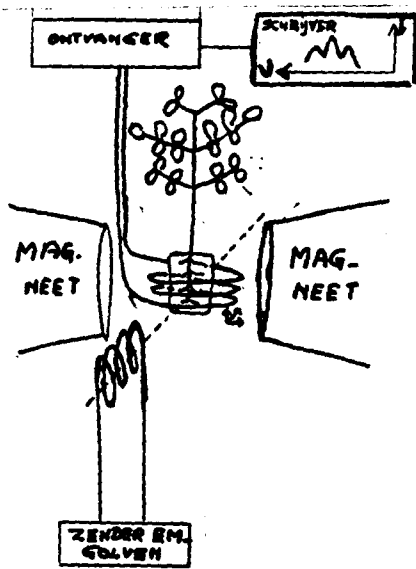
Een aantal technieken zijn in deze zin in het verleden reeds toegepast of moeten nog verder ontwikkeld worden, zoals:

- het werken met doorzichtige wanden;
- het toepassen van herbicidebanden;
- röntgenstraal computer tomografie;
- isotooptechnieken en neutronen straal absorptie;
- kern spinresonantie (NMR).

Over deze technieken zal nu in dit rapport enige informatie gegeven worden.

Kern spinresonantie (NMR-"imaging")

Deze techniek berust op de eigenschap van een aantal atoomkernen zich te richten in een magneetveld. Het gaat hier om atoomkernen met een oneven atoomnummer. Kernen als H^1 , C^{13} , N^{15} en P^{31} , alle voor de plant belangrijke elementen kunnen ervoor gebruikt worden. De gerichte magnetische kernen kunnen terugklappen naar een energetisch hoger niveau als ze "bestraald" worden met electro-magnetische golven van een bepaalde golflengte. Het terugklappen gaat maar in bepaalde stappen, het is gekwantiseerd. Het elementairmagneetje valt na enige tijd terug in een energetisch gunstiger toestand en zendt het een electro-magnetische straling uit die gemeten kan worden. In figuur 1 is dit weergegeven. Men kan via de plaats van de plant of de ontvanger de plaats waar in de ruimte gemeten wordt in drie dimensies



wijzigen. Op deze manier zou men in principe een ruimtelijk beeld op grond van bepaalde eigenschappen kunnen krijgen. Ook kan men geïnformeerd worden over de identiteit van de stof waarin de atoomkern waaraan gemeten wordt zich bevindt. Dat komt omdat de straling afhangt van andere atomen in de omgeving die het magnetische veld beïnvloeden. Dat betekent dat de frequentie verschuift. Deze verschuiving wordt vergeleken met de verschuiving van dezelfde kern binnen een standaardstof, vandaar dat het

Figuur 1. Principe van de opstelling om met kern spinresonantie (NMR) de opbouw van een wortelstelsel te bepalen.

Hesse et al (1984)

V = frequentie

I = intensiteit

gemeten worden. Deze kern moet kan wel in de wortels in een andere concentratie voorkomen dan in de substantie om de wortels (b.v. steenwol, grond, perliet). Een probleem daarbij kan zijn dat ferromagnetische stoffen storen.

De techniek is vergelijkbaar met die zoals die in de geneeskunde gebruikt wordt. Hoe daar ruimtelijke beelden verkregen worden is onder andere beschreven door Mansfield and Morris (1982).

* frequentie meetstof - frequentie standaardstof

. 10⁶

frequentie standaardstof

De methode ("NMR-imaging") verschaft de mogelijkheid het wortelstelsel gedurende langere tijd te volgen. Zo wordt het mogelijk om de omgevingsfactoren te variëren en de invloed op het wortelsysteem na te gaan.

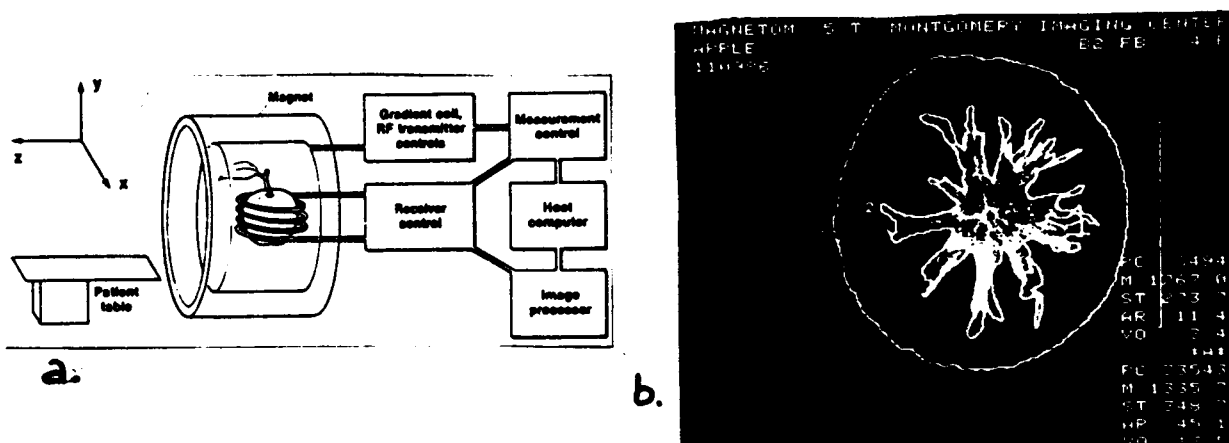
Het meest uitgebreid is aan deze techniek gewerkt door Rogers en Bottomley van het Nationaal Grond Dynamica Laboratorium en van General Electric in de USA (Bottomley, Rogers & Foster, 1986 en Rogers & Bottomley, 1987). Door hen werd een oplossend vermogen van 0.6 x 0.6 mm gebruikt en het materiaal nog twee-dimensionaal verwerkt. In principe is het mogelijk om met groter oplossend vermogen te "scannen" en ook de derde dimensie erbij te betrekken. Dit betekent dat de scanduur langer wordt. Storingen van de NMR-beelden komen - zoals eerder vermeld - voort uit magnetische materialen, die in het substraat aanwezig zijn.



Figuur 2. Wortelstelsel van boon in turfstrooisel "gefotografeerd" met NMR (Uit Rogers & Bottomley 1987).

Het is belangrijk om die zoveel mogelijk te verwijderen. Ook inhomogene plekken in het substraat kunnen een probleem vormen. Daarnaast zal het substraat tijdens de metingen zelf zo droog mogelijk moeten zijn als men H^1 meet. In wezen gaat het hier om een waterbepaling. De variatie in de kwaliteit van de beelden wordt verder toegeschreven aan de toegankelijkheid van het substraat voor de radiostraling (RF). Rogers en collega's waren in staat nog wortels met 0.3 mm diameter zichtbaar te maken.

De techniek kan trouwens ook op andere terreinen in de tuinbouw toegepast worden.



Figuur 3. Appel met "watercore" met NMR gefotografeerd (b) en de gebruikte opstelling (a). Wang et al (1988)

Zo werd NMR met succes toegepast door Wang et al (1988) om fysiologische ziekten in appel zichtbaar te maken zonder de appel behoeven aan te snijden. Voordeel van deze methode is ook dat men beter beginstadia kan constateren. In figuur 3 is de opstelling waarmee dit gebeurt en een beeld van een appel met "watercore" weergegeven.

De manier waarop nu drie-dimensionaal gemeten wordt is voornamelijk gebaseerd op ontwikkelingen in de medische wetenschappen (Mansfield et al, 1982 en Smith, 1985). Er zijn hier andere mogelijkheden dan de eerder genoemde verplaatsing van het meetobject. Zo kan onder andere in een vlak of ook in de ruimte "gescand" worden met een veranderde veldsterkte. Dit betekent dat de uitgezonden frequentie ook veranderd en dat op die manier onderscheid gemaakt kan worden tussen verschillende plaatsen in het object.

Andere methoden

Een andere methode is de röntgenstraalabsorptiemethode. Bij deze methode worden met röntgenstralen foto's gemaakt van het object of metingen daaraan verricht (Hainsworth & Aylmore, 1986). De wortels absorberen de straling op andere wijze dan het omringende materiaal. Ook doet men hetzelfde met een neutronenbundel (Willatt et al, 1978).

Conclusie

Er zijn verschillende mogelijkheden om wortelstelsels in "vivo" te bestuderen. Waarschijnlijk zullen de ontwikkelingen in dit wetenschapsgebied maken dat vooral de toepassingen van NMR in de toekomst veel perspectief bieden.

Literatuur

Bottomley, P.A., H.H. Rogers and T.H. Foster: NMR imaging shows water distribution and transport in plant root systems in situ. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 83 (1986) 87-89.

Hesse, M., Meier, H. und B. Zeeh: Spektroskopische methoden in der organische chemie, George Thieme Verlag, Stuttgart, 1984, 453 pp.

Mansfield, P. and Morris, P.G.: NMR imaging in biomedicine, Academic Press, New York, London, 1982, 354 pp.

Rogers, H.H. and Bottomley, P.A.: In situ magnetic resonance imaging of roots: Influence of soil type, ferromagnetic particle content and soil water. Agron J. 79 (1987) 957-965.

Smith, S.L.: Nuclear magnetic resonance imaging. Analytical Chemistry 57 (1985) 595A - 608A.

Wang, S.Y.P.C. Wang and M. Faust: Non-destructive detection of watercore in apple with nuclear magnetic resonance imaging. Scientia Horticulturae 35 (1988) 227-234.

Willatt, S.T., R.G. Struss and H.M. Taylor: In situ root studies using neutron radiography. Agronomy Journal 70 (1978) 581 - 586.

Berend van Goor

PTG-Naaldwijk, IB-Haren 22 februari 1989