

→ bibl JB.

SEPARAAT
No. 33321

C202

mvm bvgiv37

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Regeling van gehalten van voedingselementen in gewassen.
Voor sommige nutriënten terugkoppeling, voor andere niet?

Berend van Goor
(gestationeerd door het IB in Haren)

Juni 1990

Intern verslag nr 37

2214990

INHOUDSOPGAVE

Pagina

Inleiding	1
Terugkoppeling in de techniek en het gewas	2
Gegevens in het gedrag van voedingselementen die aanwijzingen geven over de regeling van die elementen in de plant	
Selectie bij de opname	5
Conclusie en samenvatting	10
Literatuur	10

Inleiding

De plant moet in sterke mate in staat geacht worden zelf -onder zeer verschillende voedingsomstandigheden- de toevoer zo te regelen dat een optimale voeding tot stand komt. Dit betekent dat een optimaal gehalte in de verschillende onderdelen van de plant tot stand komt. Het interne transport is daar, naast de opname, ook belangrijk bij. Moeilijkheden met de voeding treden speciaal op bij die elementen waarvan de regeling tekortschiet.

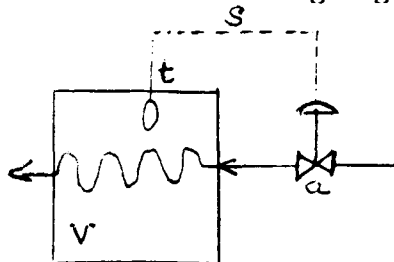
De verwachting is dat de regeling van de opname gebeurt door terugkoppeling, een regelprincipe dat ook vaak in de techniek toegepast wordt.

Een hoge concentratie in de bovengrondse delen van de plant heeft tot gevolg dat de opname in de wortel gaat afnemen. Een signaal van bovengrondse plantdelen naar het opnamegedeelte van de wortel is daarvoor nodig.

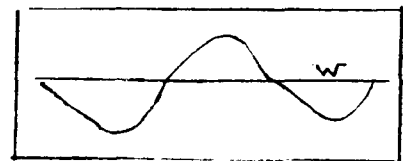
Dit rapport heeft betrekking op deze regeling voor verschillende nutriënten. Vooral zal naar de verklaring van verschillen in de regeling tussen elementen zoals kalium, stikstof, fosfor, calcium en magnesium en sporelementen zoals ijzer, mangaan, borium en koper onderling gezocht worden. Verder zullen wegen aangegeven worden voor onderzoek naar de regelingsprincipes in de toekomst.

Terugkoppeling in de techniek en in het gewas,

Het meest eenvoudige regelingsprincipe zou dat van terugkoppeling zijn, zoals dat ook uit de techniek bekend is. Zo wordt in distillatieprocessen (aardolie-industrie) de samenstelling (kookpunt) van het product dat van de verschillende schotels van een kolom afkomt geregeld via temperatuur en druk.



figuur 1. Regeling van de temperatuur in een kas met een stroom warm water via een afsluiter a.

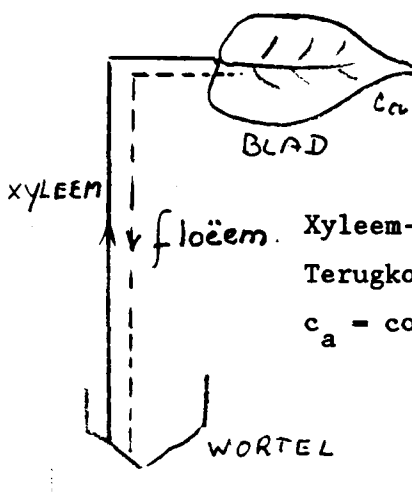


figuur 2. Schommelen van de temperatuur in figuur 1 om de regelwaarde w.

De thermometer t meet in een voorbeeld uit de techniek de temperatuur in een kas v (figuur 1). Zodra de temperatuur gaat dalen opent de afsluiter zich, daartoe aangezet door het signaal s. Als de temperatuur hoog genoeg is sluit de afsluiter weer. De meetwaarde van de temperatuur slingert om de gewenste waarde w (figuur2), afhankelijk van de afwijking/w die toegelaten wordt. Voor de plant kan aan een dergelijk systeem gedacht worden.

In figuur 3 is dit verder uitgewerkt.

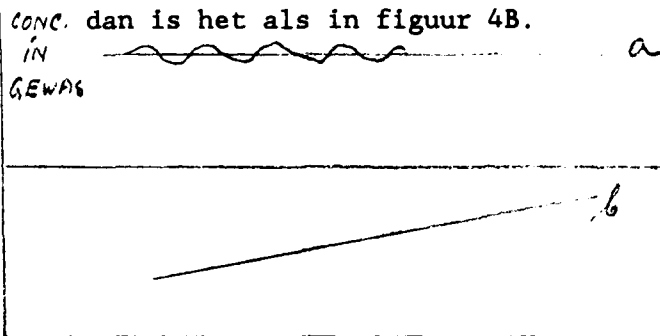
Het element a wordt via het xyleem (de houtvaten) naar het blad gevoerd. Een signaal terug naar de wortel via het floëem (zeefvaten) vindt daarna plaats. Dit gebeurt via een stof x. Als a floëemmobil is kan het via transport van a. In de wortel verlaagt dit de opname van a (afname van concentratiegradiënt of geringere activiteit van "carriers"). Dit kan zowel via influx als efflux gebeuren. De belangrijke bijdrage van afgifte door de wortel ("efflux") werd door Cogliatti en Santa Maria (1990) voor fosfor beschreven.



Figuur 3

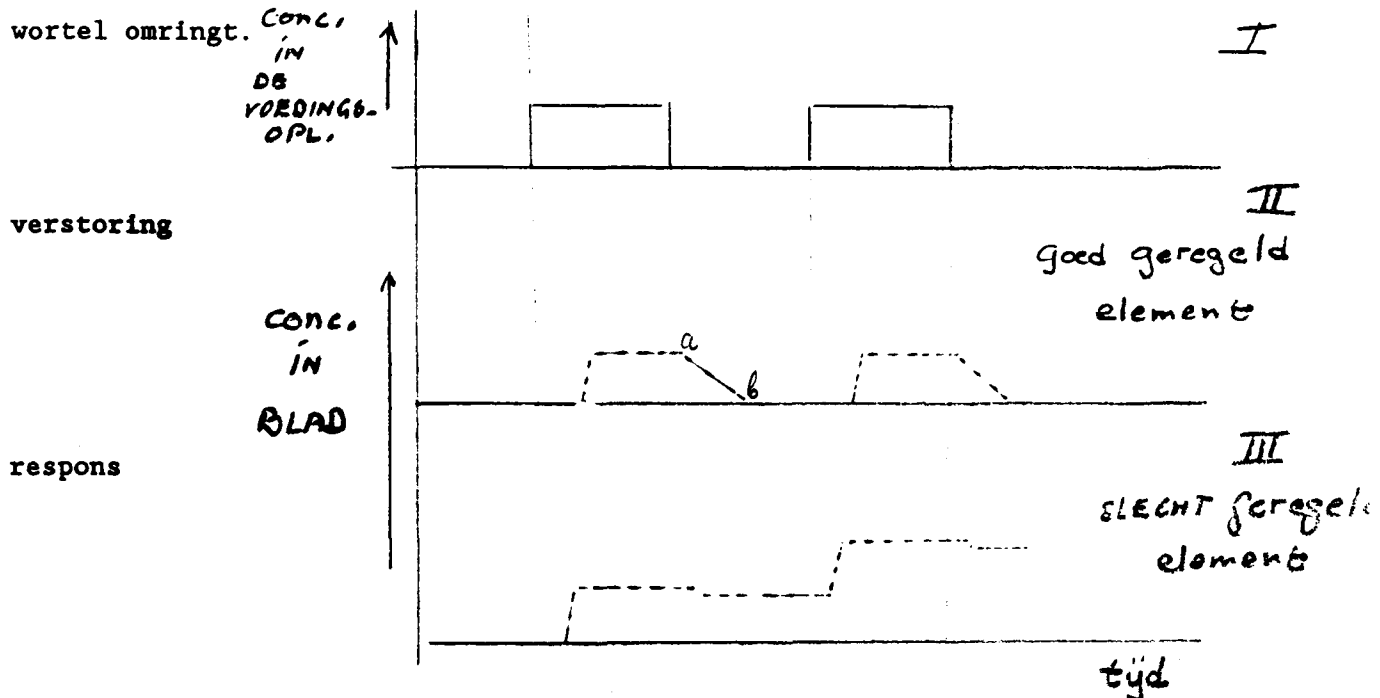
Xyleem- en floëemstroom in de plant tussen plant en wortel. Terugkoppeling van een goed floëemmobil element in de wortel c_a = concentratie van a

Als a niet floëembeweeglijk is kan een andere stof als signaal fungeren (zie ook Alberda 1948). De concentratie in de bladeren van een goed geregeld element via terugkoppeling is als in figuur 4A, vindt er praktisch geen regeling plaats



figuur 4. Meetwaarde voor een goed geregeld element (a) en voor een niet-geregeld element (b).

Onderzoek over al dan-niet regeling kan plaats hebben door een verstoring aan te brengen als in figuur 5. Bij een goed geregeld element wordt geleidelijk (van a naar b) de "juiste" concentratie hersteld. Bij een niet- of slecht geregeld element neemt de concentratie steeds verder toe, als in figuur 5-III. Een verder kenmerk is dat bij een element waarvan het gehalte geregeld wordt de samenstelling van xyleemvocht zal verschillen van die van de vloeistof die de wortel omringt.



figuur 5. Het aanbrengen van een blokvormige verstoring in de samenstelling van de voedingsvloeistof om de regeling van het opnameproces te testen.

Gegevens inzake het gedrag van voedingselementen die aanwijzingen geven over de regeling van die elementen in de plant.

Zoals al eerder vermeld is, zijn er een aantal gedragingen van nutriënten die inzicht kunnen geven in het aanwezig zijn van een regeling. En ook hoe deze regeling plaatsvindt.

Dit zijn onder andere:

- De verhouding tussen de concentratie bij de opname, in het xyleemvocht of wortelperssap en die in de bodemoplossing. Selectie in de opname stap zal maken dat de concentratie buiten en binnen de wortel sterk zal verschillen.
- Belangrijk criterium is verder de constantheid van het gehalte in blad of de bovengrondse plantedelen. Hierbij dient echter bedacht te worden, dat er voor sommige nutriënten een behoorlijke spreiding is in het optimum. Er is dan een vrij groot gebied van gehalten waarbij het gewas kwantitatief en kwalitatief optimaal groeit. Dit laatste verschilt voor verschillende elementen en hangt samen met de vraag of de plant een overmaat veilig kan opbergen. De breedte van het optimum hangt ook af van bij welke grootte van afwijking de regeling gaat werken..
- Belangrijk punt is om de opnamesnelheid uit te zetten tegen de concentratie in blad (als voor de productie belangrijke plantorgaan). Deze concentratie kan daarbij uitgedrukt worden in het optimale gehalte. Het optimum betekent dat de processen in blad als totaliteit zo goed mogelijk verlopen.
- Een gedeelte van de regeling vindt plaats via de keten lucht-verdamping-opname. Een aantal elementen gaat passief met het water van de massastroom de plant in, bij het binnentreden van andere wordt geselecteerd.

Selectie bij de opname.

In tabel 1 wordt de verhouding bij de opname gegeven voor mais en boon

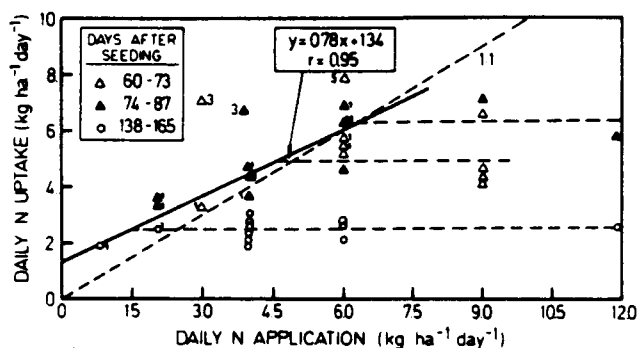
Tabel 1. Verhouding tussen concentratie in wortelperssap en de externe voedingsoplossing bij mais en boon. Marscher (1986).

	mais	boon
kalium	1150	125
calcium	3	17
natrium	1	10
fosfor	100	130
nitraat	290	500
sulfaat	23	7

Het blijkt dat vooral bij kalium, fosfor en nitraat veel meer in het wortelsap aanwezig is dan in de wortels omgevende vloeistof. Dit betekent dat de plant een eventueel ontstaan tekort kan opheffen. Van elementen als calcium en natrium kan uit de tabel het idee verkregen worden dat deze elementen veel meer passief de plant ingaan.

Stikstof

Uit gegevens van Bar-Yosef & Sagiv (1982) blijkt dat bij de stikstofvoeding verzadiging optreedt. In de figuur 6 is de stikstofopnamesnelheid uitgezet tegen de stikstofgift.



figuur 6. Verband tussen dagelijkse N-gift en de dagelijkse N-opname bij tomaat. Lineaire regressieberekening met de punten 1. Het betreft een zandgrond met bemesting via het irrigatiesysteem. Punten 3 zijn afkomstig van een object met afwijkende irrigatie. Bar-Yosef en Sagiv (1982).

Kalium

Dat de kaliumflux geregeld wordt door het kaliumniveau blijkt ook uit tabel 2.

Tabel 2. Verband tussen gehalte en influx voor kalium in gerst wortels.

K Content ($\mu\text{mol/g}$ fresh wt)	K ⁺ Influx ($\mu\text{mol/g}$ fresh wt \times hr)	Marschner (1986)
20.9	3.05	
32.1	2.72	
47.9	2.16	
57.8	1.61	

^aFrom Glass and Dunlop (1979).

Fosfor

De resultaten vermeld in tabel 3 geven aanleiding om ook voor fosfaat regeling naar behoefte aan te nemen.

Tabel 3. Effect van de fosfaatvoedingstoestand op de fosfor opname in verschillende wortelzones bij gerst. Marschner(1986).

Pretreatment for 9 days	Root zone (distance from root tip, cm)		
	1	2	3
With phosphorus	2019	1558	970
Without phosphorus	3150	4500	4613

^aUptake rate expressed as picomoles per cubic millimeter of root segment in 24 hr. Based on Clarkson *et al.* (1978a).

Tabel 4. Gemiddeld fosfaatgehalte in scheut en wortel van sla en kool geteeld op 7 fosfaatniveau's.

Phosphate concn in nutrient solution (μM)	Shoot phosphate (% dry wt)		Root phosphate (% dry wt)	
	Cabbage	Lettuce	Cabbage	Lettuce
0.06	0.12	0.06	0.27	0.13
0.12	0.24	0.06	0.35	0.17
0.24	0.34	0.12	0.43	0.24
0.48	0.37 (a) [*]	0.33 (a)	0.45	0.40
0.96	0.47 (b)	0.49 (b)	0.49 (c)	0.47 (c)
3.84	0.51	0.74	0.63	0.69
7.68	0.52	0.67	0.68 (d)	0.70 (d)

^{*} Orthogonal comparisons between species at each phosphate concentration—values followed by same letter are not significantly different ($P = 0.05$).

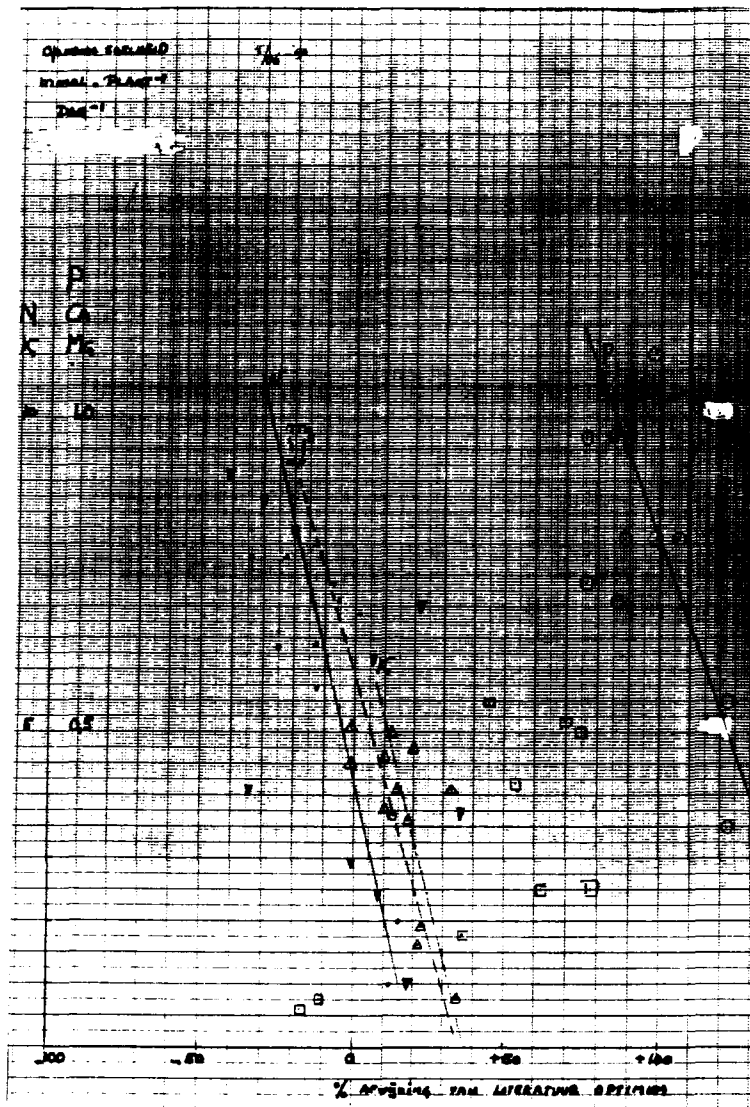
Temple-Smith en Menary (1977)

Uit tabel 4 blijkt dat bij fosfor bij een voldoende gehalte verzadiging optreedt. In deze proeven is sla en kool op watercultuur geteeld. In kool is dit verzadigingsniveau 0.5% en bij sla 0.7%. Ook Smith & Scaife (1973) vonden bij sla maximale fosforgehalten in de scheuten van de plant (bovengronds deel) van 0.5-0.6% op de droge stof.

Beter blijkt het al dan niet aanwezig zijn van regeling uit grafieken als weergegeven in de figuren 7 en 8. Hier wordt het optimale gehalte gebruikt, zoals door de Krey, Sonneveld, Warmenhoven en Straver (1990) berekend werd. De afwijking in procenten van het optimum in positieve en negatieve zin wordt dan berekend en op de horizontale as uitgezet. Op de verticale as wordt de opnamesnelheid uitgezet. Van een element dat geregeld wordt zal de opname afnemen bij afwijking in positieve zin van de optimale waarde, bij een afwijking in negatieve zin zal de opname daarentegen juist toenemen.

Uit figuur 7 voor tomaat kan gekonkludeerd worden dat voor stikstof, fosfor, kalium en magnesium terugkoppeling plaats heeft, terwijl bij calcium geen regeling zou optreden.

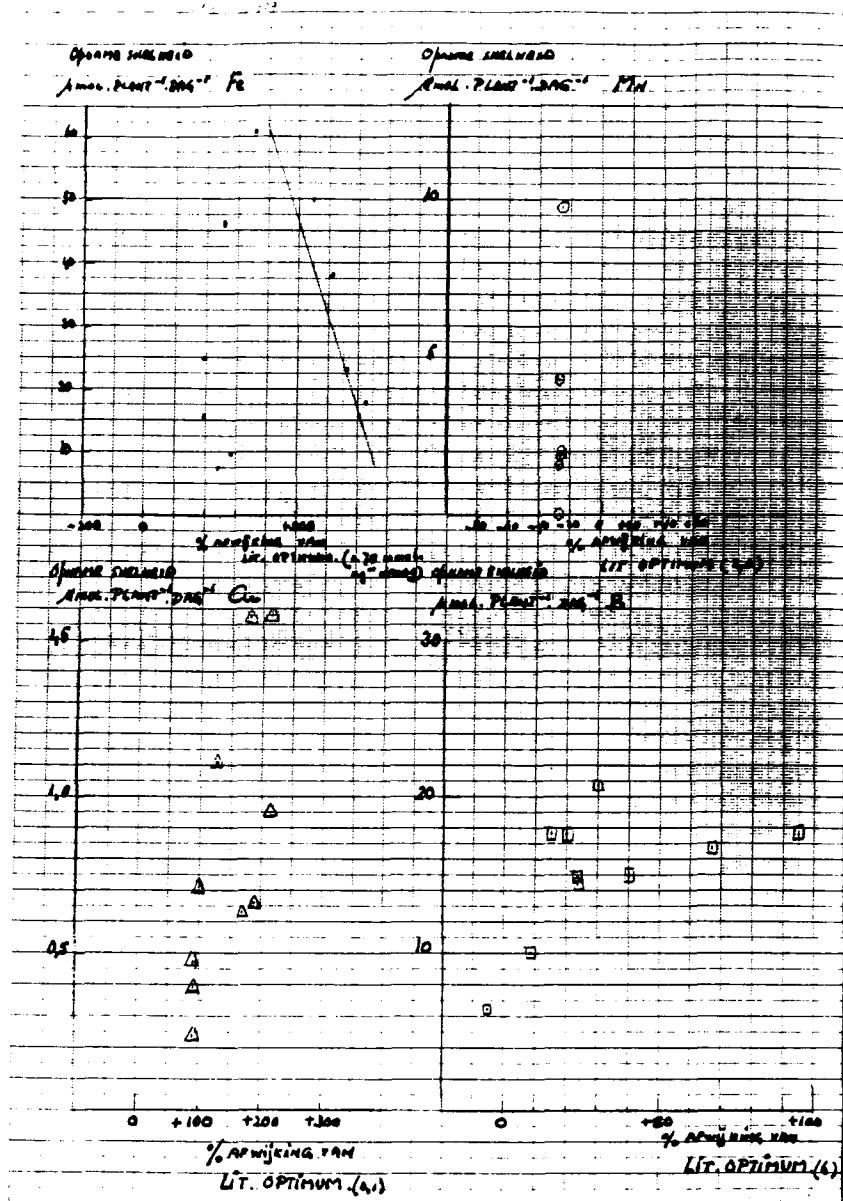
In figuur 8 is hetzelfde uitgezet voor een aantal spoorelementen. Voor mangaan, koper en borium kan hieruit geen regeling en terugkoppeling gekonkludeerd worden. Voor ijzer is er een afname van de opnamesnelheid boven +400% ten opzichte van de optimale waarde, daarbeneden daalt de opnamesnelheid. De vermelde resultaten zijn van één onderzoek afkomstig en zullen uitgebreider getoetst moeten worden.



figuur 7. Verband tussen opnamesnelheid van macro-elementen en de afwijking van wat optimaal (=100%) geacht wordt voor tomaat*. Berekening uit gegevens van Ward 1967.

- stikstof □ calcium
- fosfor ▼ magnesium
- △ kalium

* Ward vermeldt alleen gehalten voor de gehele plant exclusief vruchten



figuur 8. Verband tussen opnamesnelheid van micro-elementen en de afwijking van wat optimaal(100%) geacht wordt voor tomaat. Berekening uit gegevens van Lewis en Marmory 1939.

- ijzer Δ koper
- mangaan □ borium

Conclusie en samenvatting

Op grond van een vrij beperkt literatuur materiaal werd de rol van terugkoppeling bij de regeling van de opnamesnelheid onderzocht. Terugkoppeling is een wijze van regeling waarbij een signaal- afhankelijk van het gehalte in de bovengrondse plantedelen- naar de wortel teruggaat. Bij een te hoog gehalte zal de opnamesnelheid daar moeten verminderen, bij een te laag gehalte zal de opnamesnelheid moeten toenemen.

Het al dan niet aanwezig-zijn van een regeling voor een element zal onder andere op de volgende manieren getoets kunnen worden:

- Bij de aanwezigheid van een regeling zal er verschil geconstateerd worden tussen de concentratie in de wortel (perssap of xyleemvocht b.v.) of bij de opname en die in het bodemvocht.
- Verder zal het gehalte van het element na het bereiken van een verzadingsniveau niet verder stijgen.
- Uitzetten van de opnamesnelheid tegen de afwijking van de optimaal geachte waarden bij positieve afwijkingen tot een afnemende opnamesnelheid aanleiding moeten geven.

Het materiaal waarop dit interne rapport berust is vrij beperkt en verder onderzoek op grond van literatuur en experimenten zal nodig zijn.

Daarbij zal de aan de techniek ontleende methode van het aanbrengen van een korte verstoring in de concentratie in het wortelmilieu toegepast kunnen worden. De respons kan onderzocht worden via de gehalteveranderingen in bovengrondse delen of in de sapstroom. Voor verschillende nutriënten mag een verschillende responsietijd verwacht worden. De verstoring kan volgens een bepaalde wiskundige formulering gebeuren zoals een blokform of een sinuscurve.

Literatuur

- Alberda TH, 1948 The influence of some external factors on growth and phosphate uptake to maize plants of different salt conditions. PHD thesis, University of Groningen, 59pp.
- Bar-Yosef, B en B Sagiv (1982). Response of tomatoes to N and water applied via a trickle irrigation system I. Nitrogen. *Agronomy Journal* 74:633-639.
- Cogliatti, D.H. en G.E. Santa Maria (1990). Influx and efflux of phosphorus in roots of wheat plants in non-growth-limiting concentrations of phosphorus. *J. of Exp.Bot* 41:601-607.
- Krey, C.de, C.Sonneveld, M.G.Warmenhoven en N.Straver (1990). Normen voor gehalten aan voedingselementen van groenten en bloemen onder glas. Serie voedingsoplossingen glastuinbouw (PTG, Naaldwijk en PBN, Aalsmeer) No 15, 58pp.
- Lewis, A.H. en F.B.Marmoy (1939). Nutriënt uptake by the tomato plant. *J.Hort.Sci.* 17:275-283.
- Marschner, H.(1986). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Londen, 674pp.
- Smith, R en M.A.Scaife (1973). The phosphorus requirement of lettuce I. Use of P intensity estimates to predict the response curve. *J.Agric.Sci., Camb.* 80:111-117.
- Temple-Smith, M.G. en R.C. Menary (1977). Growth and phosphate absorption of lettuce and cabbage. *Aust. J.Plant Physiol.* 4:505-513.
- Ward, G.M. (1967) Growth and nutrient absorption in greenhouse tomato and cucumber. *Proc. Am.Soc.for Hort. Sci.* 90:335-341.