

cb

BIBLIOTHEEK

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW  
ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Bibliotheek  
Proefstation  
Naaldwijk

A  
2  
S  
74

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Een universeel computermodel voor het berekenen van voedingsoplossingen.

Ing. C. Sonneveld

L. Spaans

Internverslag nr. 13

maart 1989

2233073

**PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK**

**Een universeel computermodel voor het berekenen van voedingsoplossingen.**

**Ing. C. Sonneveld**

**L. Spaans**

## INHOUD

pag

1. Inleiding	1
2. Standaardoplossingen per gewas	2
3. Aanpassing van de hoofdelementen	3
4. Aanpassing op ammonium en fosfaat	4
5. Controle op de grootte van de afwijkingen per element ten opzichte van de standaardvoedingsoplossingen	5
6. Aanpassing aan de EC-waarde van het druppelwater	5
7. Aanpassing naar waterkwaliteit (schemanummer)	6
8. Spoorelementen	8

Bijlagen

## 1. Inleiding

Het verstrekken van informatie over voedingsoplossingen zoals dit wordt gedaan via de brochures in de serie "Voedingsoplossingen Glastuinbouw" voldoet slechts ten dele aan de vraag. De in genoemde brochures opgenomen voedingsoplossingen zijn niet altijd optimaal aangepast aan de situatie. De volgende zaken zijn hierbij te noemen.

- De verhouding tussen de voedingselementen ligt per gewas vast. Aanpassingen zijn dus moeilijk te maken.
- De EC-waarde waarbij de voedingsoplossing wordt gebruikt, mag in principe niet afwijken van de waarde waarbij deze is berekend. Indien dit wel wordt gedaan, ontregelt de pH en de samenstelling van de oplossing. Alleen bij water waarbij een A 0.0.0. schema wordt gebruikt is dit niet het geval.
- De dosering van de spoorelementen vindt plaats in afhankelijkheid van de EC-waarde in het druppelwater. Het is de vraag in hoeverre dit is gewenst.
- De receptuur voorziet alleen in samenstelling van de voedingsoplossing met vaste meststoffen. Diverse systemen van vloeibare meststoffen zijn op de markt en moeten in de advisering worden opgenomen.

Genoemde problemen, die eigen zijn aan het huidige systeem van advisering van voedingsoplossingen, zijn goed te ondervangen in een rekenstelsel voor een computer. In de tuinbouw wordt steeds meer gebruik gemaakt van rekensystemen voor computers, zodat een praktische toepassing van een systeem voor het berekenen van voedingsoplossingen niet vermeer hoeft te zijn. Belangrijk hierbij is te beschikken over een universele methode. In deze brochure wordt een dergelijke methode aangegeven, waarbij vooral rekening is gehouden met de volgende zaken.

- De methode moet universeel zijn.
- Bestaande problemen bij de huidige rekenwijzen oplossen.
- Toepasbaar zijn voor diverse meststofsysteem.
- Vereenvoudiging, verbetering en grote flexibiliteit van de advisering in zich hebben.
- De standaardisatie zodanig maken dat onderlinge vergelijking van de voedingsoplossing op verschillende bedrijven eenvoudig is.

Het rekensysteem wordt gebaseerd op de standaardvoedingsoplossingen zoals deze door het PTG worden verstrekt voor diverse gewassen. Aan de hand van de standaardvoedingsoplossing voor tomaat als voorbeeld wordt een rekenschema uitgewerkt.

## 2. Standaardoplossing per gewas

De standaard voedingsoplossing van een gewas is uit een aantal eenheden opgebouwd.

- 1) De EC-waarde van de voedingsoplossing. Deze wordt uitgedrukt in millisiemens per cm bij 25°C.
  - 2) De hoofdelementen, deze worden uitgedrukt in millimol per liter.
  - 3) De spoorelementen, deze worden uitgedrukt in micromol per liter.
- De voedingsoplossingen voor zowel bloemen als groenten zijn vermeld in brochure nr. 8 uit de serie "Voedingsoplossingen glastuinbouw".

De som van alle hoofdelementen, vermenigvuldigd met hun waardigheid, wordt de ionensom genoemd. De ionensom is onder te delen in de kationen- en de anionensom. De kationensom is de som van de positief geladen voedingselementen vermenigvuldigd met hun waardigheid ( $\text{NH}_4 + \text{K} + 2*\text{Ca} + 2*\text{Mg}$ ).

De anionensom is de som van de negatief geladen voedingselementen vermenigvuldigd met hun waardigheid ( $\text{NO}_3 + 2*\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{PO}_4$ ). Een voedingsoplossing is alleen dan te berekenen als anionen- en kationensom (ionenbalans) aan elkaar gelijk zijn.

Door aanpassingen in de voedingsoplossing kunnen een te hoge of te lage anionen- of kationensom, of een onregelde ionenbalans ontstaan. Dit wordt gecorrigeerd door de ionensommen terug te brengen op het oorspronkelijk niveau, door evenredige vereffening.  $\text{H}_2\text{PO}_4$  en  $\text{NH}_4$  worden uitgesloten van deze vereffening, omdat ammonium vooral gebruikt wordt voor het regelen van de pH en fosfaat bij hoge concentratie in te grote hoeveelheden kan worden opgenomen.

### 3. Aanpassingen van de hoofdelementen

De samenstelling van de standaard voedingsoplossing (hoofdelementen) van tomaat in steenwol is als volgt:

EC	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg
2.3	14.0	1.0	3.75	1.25	8.75	4.25	2.0

Door aanpassingen zal de ionensom van de voedingsoplossing gaan afwijken van de oorspronkelijke som. Daarom wordt na de aanpassing teruggerekend naar de som van de standaard samenstelling. Stel dat een verhoging van NO<sub>3</sub> gewenst is van 2 mmol en een verlaging bij K van 1.5 mmol. De nieuwe voedingsoplossing wordt dan als volgt:

EC	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg
2.3	16.0	1.0	3.75	1.25	7.25	4.25	2.0

Het terugrekenen naar de standaard ionensom gaat op de volgende manier:

#### Anionen

De anionensom, zonder H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, is van de standaard voedingsoplossing

$$\text{NO}_3 + 2 \cdot \text{SO}_4 = 14.0 + 2 \cdot 3.75 = 14.0 + 7.5 = 21.5$$

De anionensom, zonder H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, is van de aangepaste voedingsoplossing

$$\text{NO}_3 + 2 \cdot \text{SO}_4 = 16.0 + 2 \cdot 3.75 = 16.0 + 7.5 = 23.5$$

De anionen, behalve H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, van de nieuwe voedingsoplossing worden vermenigvuldigd met de factor 21.5/23.5

$$\text{NO}_3 \quad 16.0 \quad * \quad 21.5/23.5 = 14.64$$

$$\text{SO}_4 \quad 3.75 \quad * \quad 21.5/23.5 = 3.43$$

De anionsom, zonder H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, is van de aangepaste voedingsoplossing

$$\text{NO}_3 + 2 \cdot \text{SO}_4 = 14.64 + 2 \cdot 3.43 = 14.64 + 6.86 = 21.5$$

#### Kationen

De kationensom, zonder NH<sub>4</sub>, is van de standaard voedingsoplossing

$$\text{K} + 2 \cdot (\text{Ca} + \text{Mg}) = 8.75 + 2 \cdot (4.25 + 2.0) = 8.75 + 12.5 = 21.25$$

De kationensom, zonder NH<sub>4</sub>, is van de aangepaste voedingsoplossing

$$\text{K} + 2 \cdot (\text{Ca} + \text{Mg}) = 7.25 + 2 \cdot (4.25 + 2.0) = 7.25 + 12.5 = 19.75$$

De kationen, behalve NH<sub>4</sub>, van de nieuwe voedingsoplossing worden

vermenigvuldigd met de factor 21.25/19.75

$$K \quad 7.25 * 21.25/19.75 = 7.80$$

$$Ca \quad 4.25 * 21.25/19.75 = 4.57$$

$$Mg \quad 2.0 * 21.25/19.75 = 2.15$$

De kationensom, zonder  $NH_4$ , is van de aangepaste voedingsoplossing

$$K + 2*(Ca + Mg) = 7.8 + 2*(4.57 + 2.15) = 7.8 + 13.44 = 21.25$$

De nieuwe voedingsoplossing wordt dan als volgt:

EC	$NO_3$	$H_2PO_4$	$SO_4$	$NH_4$	K	Ca	Mg
2.3	14.64	1.0	3.43	1.25	7.8	4.57	2.15

en heeft dus weer de verhoudingen tussen  $NO_3:SO_4$  en  $K:Ca:Mg$  als in de aangepaste oplossingen; echter bij standaard ionensom.

Bijvoorbeeld: $NO_3 : SO_4$	standaard oplossing	: 14.00 : 3.75 = 3.73 : 1.
	na aanpassing	: 16.00 : 3.75 = 4.27 : 1.
	na terugrekenen	: 14.64 : 3.43 = 4.27 : 1.

#### 4. Aanpassingen op ammonium en fosfaat

Ammonium en fosfaat blijven zoals gezegd buiten de vereffeningen van de ionensommen. Ook eventuele aanpassingen van deze ionen worden buiten deze vereffeningberekeningen gehouden. Dit heeft als consequentie dat ze relatief verrekend moeten worden over de andere kationen respectievelijk anionen. De volgende berekening dient als voorbeeld.

De standaardvoedingsoplossing voor tomaat wordt aangepast met 0.5 mmol  $NH_4$  en 1 mmol Ca extra. De nieuwe oplossing wordt dus:

EC	$NO_3$	$H_2PO_4$	$SO_4$	$NH_4$	K	Ca	Mg
2.3	14.0	1.0	3.75	1.75	8.75	5.25	2.0

Het terugrekenen van de kationensom naar de standaardwaarde gaat nu als volgt:

De kationensom zonder  $NH_4$  van de standaardvoedingsoplossing is

$$K + 2(Ca + Mg) = 8.75 + 12.50 = 21.25$$

Deze mag nu maar worden:

$$21.25 - NH_4 \text{ aanpassing} = 21.25 - 0.5 = 20.75.$$

De kationensom van de aangepaste oplossing zonder  $NH_4$  is

$$K + 2(Ca + Mg) = 8.75 + 14.50 = 23.25.$$

De kationen met uitzondering van ammonium worden dus vermenigvuldigd met de factor 20.75/23.25.

$$K = 8.75 * 20.75/23.25 = 7.81$$

$$Ca = 5.25 * 20.75/23.25 = 4.69$$

$$Mg = 2.0 * 20.75/23.25 = 1.78$$

De nieuwe voedingsoplossing wordt dan als volgt:

EC	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg
2.3	14.0	1.0	3.75	1.75	7.81	4.69	1.78

De verhouding K:Ca:Mg is dus weer als in de aangepaste voedingsoplossing, echter bij de standaard ionensom. Dit blijkt als volgt:

K:Ca:Mg	standaard	1:0.49:0.23
	aangepast	1:0.60:0.23
	omgerekend	1:0.60:0.23

Voor aanpassingen op fosfaat wordt eenzelfde berekening op de anionensom toegepast.

#### 5. Controle op de grootte van de afwijking per element ten opzichte van de standaard voedingsoplossing

De aanpassingen van de hoofdelementen mogen niet te groot zijn. De maximale aanpassing per element van de nieuwe voedingsoplossing ten opzichte van de oude voedingsoplossing moet in principe liefst niet groter zijn dan 30%. Dit om te voorkomen dat een bepaalde tijd te weinig of teveel van dat element wordt gegeven. Gebreks- of overmaatverschijnselen kunnen optreden bij teveel afwijkende waarden als ze langer dan 1 à 2 weken zouden worden gehandhaafd. Kortdurend kunnen soms grotere aanpassingen dan 30% nodig zijn. Signalering op grotere afwijkingen is nodig en moet in dit stadium van de berekening plaats vinden.

#### 6. Aanpassing aan de EC-waarde van het druppelwater

In bepaalde perioden, zoals bij het begin van een teelt, bij sterke groei als de voedingsopname groot is, wordt met een hoge EC gewerkt. Bij sterke verdamping van het gewas wordt wel met een lage EC geïrrigeerd.



Dit zal bij toepassing van een oplossing zonder zuur, zoals bij gebruik van regenwater geen problemen opleveren. Zodra echter gebruik wordt gemaakt van een andere kwaliteit water, zal bij een hoge EC teveel en bij een lage EC te weinig zuur worden gedoseerd. Om deze problemen te voorkomen moet de voedingsoplossing worden omgerekend naar de waarde die op de unit zal worden ingesteld.

Deze omrekening gebeurt door de ionensamenstelling van de voedingsoplossing te vermenigvuldigen met de factor: toe te dienen EC/standaard EC.

Voorbeeld:

De EC waarmee zal worden gedruppeld is 3.5. De EC van de standaard voedingsoplossing is 2.3. De rekenfactor is dan  $3.5/2.3$ . De voedingsoplossing uit paragraaf 3 was als volgt:

EC	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg
2.3	14.64	1.0	3.43	1.25	7.8	4.57	2.15

De nieuwe voedingsoplossing wordt dan:

EC	2.3 * 3.5/2.3 =	3.5
NO <sub>3</sub>	14.64 * 3.5/2.3 =	22.28
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.0 * 3.5/2.3 =	1.52
SO <sub>4</sub>	3.43 * 3.5/2.3 =	5.22
NH <sub>4</sub>	1.25 * 3.5/2.3 =	1.90
K	7.8 * 3.5/2.3 =	11.87
Ca	4.57 * 3.5/2.3 =	6.95
Mg	2.15 * 3.5/2.3 =	3.27

EC	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg
3.5	22.28	1.52	5.22	1.90	11.87	6.95	3.27

## 7. Aanpassing naar waterkwaliteit (schemanummer)

Nadat de hiervoor besproken berekeningen zijn uitgevoerd, moet als laatste stap de waterkwaliteit op de aan de EC aangepaste voedingsoplossing in rekening worden gebracht. Voedingsionen die in het water aanwezig zijn, moeten in mindering worden gebracht. Bicarbonaat moet equivalent worden vervangen door zuur. In de bestaande boeken met voedingsop-

lossingen is de waterkwaliteit weergegeven in schanummers. Een schama-  
nummer is namelijk gebaseerd op de waterkwaliteit.

Er bestaan er twee series schamanummers en wel een A- en een B-serie. De  
A-serie wordt gebruikt voor watersoorten die vrijwel uitsluitend Ca, Mg  
en  $\text{HCO}_3$  bevatten. Een schamanummer uit deze serie is opgebouwd uit drie  
codes en wel een eerste code voor hoeveelheid  $\text{HCO}_3$ , een tweede code voor  
de hoeveelheid Ca en een derde code voor de hoeveelheid Mg. De numerieke  
telling van de codecijfers is voor eenwaardige ionen 0.5 millimol en  
voor tweewaardige ionen 0.25 millimol. De waarde van de eerste code moet  
dus gelijk zijn aan de som van de tweede en de derde code, want ook in  
het uitgangswater moet de ionenbalans sluitend zijn.

Het codenummer van de B-serie bestaat uit 6 cijfers en wordt gebruikt  
voor water dat naast Ca, Mg en  $\text{HCO}_3$  ook  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$  of K bevat. De numerieke  
telling van de codecijfers is dezelfde als bij de A-serie. De anionen  
en kationen van de correcties moeten weer gelijk zijn, dus de waarde van  
de eerste + vierde + vijfde moet gelijk zijn aan die van de tweede +  
derde + zesde code.

Voorbeeld: Schamanummer B 6. 8. 1. / 3. 0. 0.

Dit schamanummer komt overeen met een water dat de volgende elementen  
bevat:

$\text{SO}_4$	Ca	Mg	$\text{HCO}_3$
0.75	2.0	0.25	3.0

Voedingsoplossing na verrekening van de waterkwaliteit:

EC	$\text{NO}_3$	$\text{H}_2\text{PO}_4$	$\text{SO}_4$	$\text{NH}_4$	K	Ca	Mg	$\text{H}_3\text{O}$
3.5	22.28	1.52	5.22	1.9	11.87	6.95	3.27	
			-0.75			-2.0	-0.25	3.0
3.5	22.28	1.52	4.47	1.9	11.87	4.95	3.02	3.0

Omdat de kans bestaat dat bij een hoge EC de oplosbaarheid van sommige  
meststoffen onvoldoende is, wordt na het verrekenen van de waterkwali-  
teit, de voedingsoplossing teruggerekend naar de standaard EC. Het ge-  
volg is natuurlijk wel dat de nieuwe voedingsoplossing niet meer 100  
maal geconcentreerd is. De factor waarmee deze laatst berekende voe-  
dingsoplossing moet worden vermenigvuldigd is omgekeerd aan de vorige,  
dus  $2.3/3.5$ .

De nieuwe klaar te maken voedingsoplossing wordt dan als volgt:

EC	3.5	*	2.3/3.5	=	2.3
NO <sub>3</sub>	22.28	*	2.3/3.5	=	14.64
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.52	*	2.3/3.5	=	1.0
SO <sub>4</sub>	4.47	*	2.3/3.5	=	2.94
NH <sub>4</sub>	1.9	*	2.3/3.5	=	1.25
K	11.87	*	2.3/3.5	=	7.80
Ca	4.95	*	2.3/3.5	=	3.25
Mg	3.02	*	2.3/3.5	=	1.98
H <sub>3</sub> O	3.0	*	2.3/3.5	=	1.97

De voedingsoplossing na verrekening van het schanummer en na de terugrekening voor te hoge concentratie is:

EC	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	H <sub>3</sub> O
2.3	14.64	1.0	2.94	1.25	7.80	3.25	1.98	1.97

## 8. Sporelementen

De standaard toediening aan sporelementen voor tomaat in steenwol is:

Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
15	10	5	25	0.75	0.5

De sporelementen in de voedingsoplossing nemen wat betreft de aanpassingen aan de druppel EC een aparte plaats in.

Deze worden niet met een bepaalde factor omgerekend, maar blijven in alle situaties dezelfde waarde houden. De maximale aanpassingen wordt gesteld op 50%. De aanpassingen mogen maximaal 2 weken worden gehandhaafd. Aanpassingen voor wat betreft de waterkwaliteit worden uitgevoerd door de hoeveelheid sporelementen die in het gietwater voorkomen in mindering te brengen op de voedingsoplossing bij de aanpassingen aan de waterkwaliteit.

Bijlage 1

Overzicht van het rekenschema

Kolom A = standaard voedingsoplossing

B = aanpassing hoofdelementen

C = verrekening aanpassing hoofdelementen

D = omrekening naar druppel EC

E = waterkwaliteit (schemanummer)

F = verrekening waterkwaliteit

G = naar standaard EC

Kolom	A	B	C	D	E	F	G
EC	2.3		2.3	3.5		3.5	2.3
NO <sub>3</sub>	14.0	+ 2.0	14.64	22.28		22.28	14.64
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.0		1.0	1.52		1.52	1.0
SO <sub>4</sub>	3.75		3.43	5.22	- 0.75	4.47	2.9
	-----		-----	-----		-----	-----
Som	22.5		22.5	34.24		32.74	21.44
NH <sub>4</sub>	1.25		1.25	1.9		1.9	1.25
K	8.75	- 1.5	7.8	11.87		11.87	7.8
Ca	4.25		4.57	6.95	- 2.0	4.95	3.25
Mg	2.0		2.15	3.27	- 0.25	3.02	1.98
H <sub>3</sub> O	0.0		0.0	0.0	+ 3.0	3.0	1.97
	-----		-----	-----		-----	-----
Som	22.5		22.5	34.21		32.71	21.48
Fe	15.		15.	15.		15.	9.9
Mn	10.		10.	10.		10.	6.6
Zn	5.		5.	5.		5.	3.3
B	30.		30.	30.		30.	19.7
Cu	0.75		0.75	0.75		0.75	0.5
Mo	0.5		0.5	0.5		0.5	0.3

Bijlage 2

Uitwerking doseervoedingsoplossing in millimol per meststof

	mmol	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	H <sub>3</sub> O
		14.64	1.0	2.9	1.25	7.8	3.25	1.98	1.97
CaNO <sub>3</sub>	3.25	7.15			0.65		3.25		
		-----			-----		-----		
		7.49			0.6		0.0		
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0.6	0.6			0.6				
		-----			-----				
		6.89			0.0				
MgSO <sub>4</sub>	1.98			1.98				1.98	
				-----				-----	
				0.92				0.0	
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.92			0.92		1.84			
				-----		-----			
				0.0		5.96			
KNO <sub>3</sub>	5.96	5.96				5.96			
		-----				-----			
		0.93				0.0			
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1.0		1.0						1.0
			---						-----
			0.0						0.97
HNO <sub>3</sub>	0.93	0.93							0.93
		-----							-----
		0.0							0.04

Door het afronden is op papier een restpost ontstaan van 0.04 millimol.