

SW

HK

v.g. 10

ISBN = 594320 41

**PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE  
NAALDWIJK**

**Het berekenen van voedingsoplossingen voor plantenteelt zonder aarde**

**Negende druk**

**ing. C. Sonneveld  
ing. W. Voogt**

**No. 10**

**Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw**

**Augustus 1994**



0000 0935 3489

**BIBLIOTHEEK  
PROEFSTATION VOOR TUINBOUW  
ONDER GLAS TE NAALDWIJK**

<b>INHOUD</b>	<b>Pagina</b>
<b>Doel</b>	1
<b>Atoomgewichten</b>	1
<b>Voedingsoplossingen</b>	2
<b>Waterkwaliteit</b>	2
<b>Meststoffen</b>	2
<b>Berekenen van voedingsoplossingen</b>	8
<b>Verdeling van de meststoffen in de A- en B-bak</b>	12
<b>Referenties</b>	15
<b>Bijlagen</b>	16 t/m 21

## DOEL

Het doel van deze brochure is een handleiding te geven bij het uitrekenen van voedingsoplossingen. Tevens zijn in deze brochure tabellen opgenomen om het rekenwerk dat bij het uitrekenen moet worden verricht te vereenvoudigen. Sinds 1980 wordt in de glastuinbouw de mol als eenheid voor het uitdrukken van concentraties gebruikt. In deze brochure is daarom deze grootheid als rekeneenheid gebruikt.

### Definitie mol

De definitie van mol is internationaal als volgt overeengekomen (Aylward and Findlay, 1974):

"The mole is the amount of substance of a system which contains as many elementary entities as there are carbon atoms in 0.012 kilogram of carbon-12. The elementary entities must be specified and may be atoms, molecules, ions, electrons, other particles or specified groups of such particles".

## ATOOMGEWICHTEN

Atoomgewichten die van belang zijn voor de berekeningen in deze brochure zijn opgenomen in tabel 1. Ze zijn afgeleid uit de internationaal overeengekomen atoomgewichten (Aylward and Findlay, 1974) door afronding op één decimaal. Dit is voldoende nauwkeurig voor onze berekeningen.

Tabel 1: Afgeronde atoomgewichten ( $A_r$ ) van een aantal elementen.

Elementen	$A_r$	Elementen	$A_r$
N	14	Fe	55.9
P	31	Mn	54.9
K	39.1	Zn	65.4
Ca	40.1	B	10.8
Mg	24.3	Cu	63.6
S	32.1	Mo	95.9
O	16	Si	28.1
H	1	Al	27.0
C	12	Br	79.9
Na	23		
Cl	35.5		

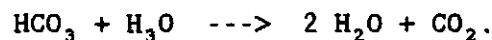
## VOEDINGSOPLOSSINGEN

Voedingsoplossingen voor verschillende gewassen zijn opgenomen in een afzonderlijke brochure (Sonneveld en Straver, 1994). Hierin zijn de ionensamenstellingen vermeld, zoals deze voor het betreffende gewas gerealiseerd moeten worden in de voedingsoplossing. In deze brochure zal een dergelijke samenstelling worden aangeduid als basissamenstelling.

## WATERKWALITEIT

Bij het samenstellen van voedingsoplossingen is de kwaliteit van het water waarvan wordt uitgegaan van groot belang. In het water zijn vaak reeds een aantal plantenvoedingsionen aanwezig. Deze moeten in mindering worden gebracht op de toediening. In veel soorten water betreft dit vooral de elementen calcium en magnesium, maar het kunnen ook andere hoofdelementen zijn. Daarnaast kunnen sporelementen in betekenende mate aanwezig zijn en ook deze moeten in rekening worden gebracht. Dit geldt echter niet voor het element ijzer. IJzer dat in water voorkomt precipiteert gewoonlijk snel als driewaardig ijzerhydroxide ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) en is dus niet beschikbaar voor de plant.

Bij het berekenen van de voedingsoplossing is ook het bicarbonaatgehalte van groot belang. Door te hoge gehalten aan bicarbonaat loopt de pH sterk op. Aan de voedingsoplossing moet daarom zoveel zuur worden toegevoegd, dat de bicarbonaat wordt geneutraliseerd. Hierbij verloopt dan de volgende chemische reactie:



In het water kunnen ook zodanige hoeveelheden van bepaalde ionen voorkomen, dat het water niet geschikt is voor het bereiden van voedingsoplossingen voor teelten in substraat. Normen hiervoor zijn samengevat in een afzonderlijk rapport (Sonneveld en De Krey, 1991).

## MESTSTOFFEN

Bij teelten in substraten worden naast de gangbare vaste meststoffen ook oplossingen van meststoffen en zuur gebruikt. Meststoffen in vaste vorm die worden gebruikt voor toediening van hoofdvoedings-elementen zijn weergegeven in tabel 2.

Bij berekening van het molgewicht zijn vulstoffen (water) of verontreinigingen meeberekend. De molgewichten zijn in die gevallen waarin dit een rol speelt tussen haakjes geplaatst. Het molgewicht geeft in die gevallen dus aan hoeveel g equivalent is met 1 mol van het essentiële bestanddeel van die meststof.

Kalksalpeter heeft een vrij ingewikkelde molecuulformule:

$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$ . Het molecuulgewicht is dus 1080.5 en 1 mol is equivalent met 5 mol Ca, 11 mol  $\text{NO}_3$  en 1 mol  $\text{NH}_4$ . Toch is het belangrijk de berekening goed door te voeren, om de juiste hoeveelheid ammonium in de voedingsoplossing te krijgen.

Tabel 2: Meststoffen in vaste vorm voor toediening van hoofdvoedingselementen.

Meststof	Chemische samenstelling	% zuivere voedingsstoffen	mol-gewicht
Kalksalpeter	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$	15.5 N, 18.5 Ca	1080.5
Kalisalpeter	$\text{KNO}_3$	13 N, 38 K	101.1
Ammoniumnitraat	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	35 N	80
Magnesiumnitraat	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	11 N, 9 Mg	256.3
Monokalifosfaat	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	23 P, 28 K	136.1
Monoammoniumfosfaat	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	26 P, 12 N	115
Kaliumsulfaat	$\text{K}_2\text{SO}_4$	45 K, 18 S	174.3
Kaliumchloride	$\text{KCl}$	52 K, 47 Cl	74.6
Bitterzout	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10 Mg, 13 S	246.4
Calciumchloride	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	27 Ca, 47 Cl	147.2
Kalibicarbonaat	$\text{KHCO}_3$	39 K	100.1
Calciumhydroxyde	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	54 Ca	74.1

De twee laatstgenoemde meststoffen worden uitsluitend gebruikt voor pH-verhoging. Kalibicarbonaat is goed oplosbaar en kan dus geconcentreerd worden opgelost en verdund. Calciumhydroxyde lost slecht op en is dus alleen bruikbaar als het in een verdunde oplossing wordt toegediend.

Meststoffen in opgeloste vorm die worden gebruikt voor toediening van hoofdelementen of pH-correctie zijn opgenomen in tabel 3. De in de onderste helft van de tabel genoemde oplossingen zijn mengsels en daarom kan geen echt molgewicht worden opgegeven. Wel kan op basis van het meest essentiële bestanddeel een molgewicht worden berekend. Voor kalisalpeterzuur kan dit het zuur zowel als het nitraat zijn. Daarom zijn voor deze meststof twee molgewichten berekend; één op basis van 1 mol zuur en één op basis van 1 mol nitraat. Molgewichten berekend op basis van een essentieel element zijn tussen haakjes geplaatst. Tabel 4 bevat de gegevens. In vloeibare kalksalpeter is geen ammoniumnitraat aanwezig.

Tabel 3: Meststoffen in vloeibare vorm die worden gebruikt voor toediening van hoofdvoedingselementen.

Meststof	Chemische samenstelling	% Zuivere voedingsstoffen	mol-gewicht	Soortelijke massa
Magnesiumnitraat vlb*	$Mg(NO_3)_2$	7.0 N, 6.1 Mg	(400)	1.35
Ammoniumnitraat vlb*	$NH_4NO_3$	18 N	(156)	1.24
Calciumnitraat vlb*	$Ca(NO_3)_2$	8.7 N, 12.5 Ca	(320)	1.50
Calciumchloride vlb*	$CaCl_2$	21.3 Cl, 12.0 Ca	(333)	1.30
Kalichloride vlb*	KCl	9.5 Cl, 10.4 K	(373)	1.13
Ammoniumsulfaat vlb*	$(NH_4)_2SO_4$	8.4 N, 9.6 S	(333)	1.23
Bitterzout vlb*	$MgSO_4$	4.2 Mg, 5.6 S	(571)	1.23
Calciummagnesiumnitraat vlb*	$Ca(NO_3)_2 + Mg(NO_3)_2$	8.5 N, 6.3 Ca, 3.6 Mg	(683)	1.50
Salpeterzuur 38%	$HNO_3$	8.4 N	(167)	1.24
Fosforzuur 59%	$H_3PO_4$	18.6 P	(167)	1.42
Zwavelzuur 30%	$H_2SO_4$	10.0 S	(334)	1.22
Zwavelzuur 44%	$H_2SO_4$	14.4 S	(222)	1.35
Zwavelzuur 50%	$H_2SO_4$	16.3 S	(192)	1.40
Kalibicarbonaat vlb*	$KHCO_3$	7.8 K	(500)	1.13
Kalicarbonaat vlb*	$K_2CO_3$	23.4 K	(333)	1.39
Kaliloog vlb*34%	KOH	23.5 K	(167)	1.33
Kaliloog vlb*50%	KOH	34.6	(113)	1.50
Kalisalpeterzuur	$KNO_3 + HNO_3$	9.8 N, 3.9 K	-	1.32
Kalifosforzuur	$KH_2PO_4 + H_3PO_4$	16.2 P, 8.6 K	-	1.47
Kalifosforcarbonaat	$K_xPO_4 + K_2CO_3$	7.2 P, 20.8 K	-	1.47

vervolg tabel 3:

Meststof	Chemische samenstelling	% Zuivere voedingsstoffen	mol-gewicht	Soortelijke massa
Kalifosforloog	$K_x PO_4 + KOH$	7.2 P, 20.8 K	-	1.48
Kalizwavelzuur (Kemira)	$K_2 SO_4 + H_2 SO_4$	5.8 K, 6.4 S	-	1.20
Kalizwavelzuur (Hydro Agri)	$K_2 SO_4 + H_2 SO_4$	2.3 K, 10.6 S	-	1.26
Kalimagnesium-zwavelzuur	$K_2 SO_4 + MgSO_4 + H_2 SO_4$	2.4 K, 2.9 Mg 9.6 S	-	1.32
Kaliwaterglas	$H_4 SiO_4 + KOH$	9.0 K, 10.0 Si	-	1.32
Kalimetasilicaat	$H_4 SiO_4 + KOH$	25.4 K, 9.1 Si	-	1.62
Kalimetasilicaat (Cebeco)	$H_4 SiO_4 + KOH$	17.8 K, 6.3 Si	-	1.39

\* betekent vloeibaar

Tabel 4: molgewichten van enkele mengsels van meststoffen berekend op basis van het meest essentiële bestanddeel.

Meststof	Meest essentiële bestanddeel	mol-gewicht	Nevenbestanddelen in mol
Kalisalpeterzuur	$H_3 O$	(167)	$1H_3 O, 1.17NO_3, 0.17K$
Kalisalpeterzuur	$NO_3$	(143)	$1NO_3, 0.86H_3 O, 0.14K$
Kalifosforzuur	P	(192)	$1P, 0.57H_3 O, 0.43K$
Kalifosforcarbonaat	P	(433)	$1P, 1.30 OH, 2.30K$
Kalifosforloog	P	(433)	$1P, 1.30 OH, 2.30K$
Kalizwavelzuur (Kemira)	$SO_4$	(500)	$1S, 3.00 H_3 O, 0.75K$
Kalizwavelzuur (Hydro Agri)	$SO_4$	(302)	$1S, 1.81 H_3 O, 0.18K$
Kalimagnesiumzwavelzuur	$SO_4$	(333)	$1S, 1.00 H_3 O, 0.20K, 0.40 Mg$
Calciummagnesiumnitraat	Mg	(683)	$1Mg, 1.1Ca, 4.2NO_3$
Kaliwaterglas	Si	(270)	$1Si, 0.65K, 0.65OH$
Kalimetasilicaat	Si	(308)	$1Si, 2K, 2OH$
Kalimetasilicaat (Cebeco)	Si	(446)	$1Si, 2K, 2OH$

Indien dus fosfaat moet worden gegeven, is voor 1 mol 433 g kalifosforcarbonaat nodig. Naast 1 mol P wordt echter ook 2.30 mol K en 1.30 mol OH gegeven. Naast de voedingselementen dient dus ook steeds rekening te worden gehouden met het zuur- of basegehalte van een meststof. In tabel 5 is een overzicht gegeven van de zuur- en basegehalten van meststoffen.

Tabel 5: Zuur- en basegehalten van de meststoffen in mol per kg.

Meststof	Zuur mol. kg <sup>-1</sup>	Base mol. kg <sup>-1</sup>
Salpeterzuur 38%	6	-
Fosforzuur 59%	6	-
Zwavelzuur 30%	6	-
Zwavelzuur 44%	9	-
Zwavelzuur 50%	10.4	-
Kalialpeterzuur	6	-
Kalifosforcarbonaat	-	3
Kalifosforloog	-	3
Kalifosforzuur	3	-
Kalizwavelzuur (Kemira)	6	-
Kalizwavelzuur (Hydro Agri)	6	-
Kalimagnesiumzwavelzuur	3	-
Kalicarbonaat vlb.	-	6
Kalibicarbonaat vlb.	-	2
Kaliloog vlb. 34%	-	6
Kaliloog vlb. 50%	-	8.85
Kalimetasilicaat	-	6.5
Kalimetasilicaat (Cebeco)	-	4.5



Een overzicht van de spoorelement meststoffen is weergegeven in de tabellen 6, 7 en 8

Tabel 6: Spoorelement meststoffen in gebruik voor substraatteelten.

Meststof	Chemische samenstelling	% Zuivere meststof	molgewicht
Mangaansulfaat	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	32 Mn	169
Zinksulfaat 23%	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	23 Zn	287.5
Zinksulfaat 24%	$\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	24 Zn	269.5
Zinksulfaat 36%	$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	36 Zn	179.5
Borax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11 B	381.2
Kopersulfaat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25 Cu	249.7
Natriummolybdaat	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	40 Mo	241.9

Tabel 7. Spoorelement meststoffen in vloeibare vorm voor substraatteelten

Meststof	Chemische samenstelling	% Zuivere meststof	Mol- gewicht	Soortelijke massa
Mangaansulfaat	$\text{MnSO}_4$	11.7	(469)	1.40
Mangaansulfaat*	$\text{MnSO}_4$	6.8	(810)	1.21
Zinksulfaat	$\text{ZnSO}_4$	11.0	(595)	1.39
Zinknitraat*	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	5.6	(1168)	1.16
Borax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	11.0	(393)**	1.37
Boorzuur*	$\text{H}_3\text{BO}_3$	4.7	(228)	1.14
Kopersulfaat	$\text{CuSO}_4$	4.5	(1413)	1.12
Kopernitraat*	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	0.63	(10144)	1.02
Natriummolybdaat	$\text{Na}_2\text{MoO}_4$	4.1	(2339)	1.08
Natriummolybdaat* $\text{Na}_2\text{MoO}_4$		0.94	(10191)	1.02

\* Nutrichem produkt

\*\* 1 mol Borax = 4 mol B.

Voor wat betreft ijzermeststoffen worden alleen soortnamen opgenomen en geen handelsmerken. Gebruikelijke soorten zijn Fe-EDTA, Fe-HEEDTA, Fe-DTPA en Fe-EDDHA. Het molgewicht is berekend op het percentage ijzer dat de meststoffen bevatten. Verder moet bij gebruik worden gelet op de pH waarbij het chelaat nog werkzaam is.

Tabel 8: Overzicht van de ijzermeststoffen die worden gebruikt voor substraatteelten en de pH waarbij ze kunnen worden toegepast.

Meststof	% Fe	molgewicht	pH-gebied
Fe-EDTA	13	( 430)	< 6
FE-HEEDTA	6	( 932)	< 7.5
Fe-DTPA	3	(1863)	< 7.5*
	6	( 932)	
	7	( 799)	
	9	( 621)	
	11	( 508)	
Fe-EDDHA	5	(1118)	Alle waarden
	5,5	(1016)	
	6	( 932)	

\* - bij veel zink < 6.

#### BEREKENEN VAN VOEDINGSOPLOSSINGEN

Bij berekening van voedingsoplossingen kunnen de handelingen gewoonlijk in twee delen worden gesplitst. Het eerste deel van de berekening omvat de hoofdelementen. Hierbij moet als regel met twee of meer componenten van de meststof tegelijkertijd rekening worden gehouden. Als bijvoorbeeld  $KNO_3$  wordt gegeven om het kaligehalte te verhogen, moet tegelijkertijd de  $NO_3$  in rekening worden gebracht. Voor wat betreft de spoorelementen is de berekening veel eenvoudiger, omdat bij deze meststoffen de andere componenten dan die waarvoor de meststof wordt gegeven gewoonlijk verwaarloosd kunnen worden.

Bij het berekenen van de hoofdelementen is de in tabel 9 gevolgde methode goed bruikbaar. Als voorbeeld is een voedingsoplossing voor komkommer uitgewerkt bij gebruik van regenwater of ontzout water.

Tabel 9: Schema voor het samenstellen van een voedingsoplossing zonder correcties voor waterkwaliteit met gebruikmaking van alleen vaste meststoffen.

Meststof	mmol.l <sup>-1</sup>	Basissamenstelling mmol.l <sup>-1</sup>						
		NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg
		16.0	1.25	1.375	1.25	8.0	4.0	1.375
Kalksalpeter	4.0/5	8.8			0.8		4.0	
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0.45	0.45			0.45			
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.25		1.25			1.25		
KNO <sub>3</sub>	6.75	6.75				6.75		
MgSO <sub>4</sub>	1.375			1.375				1.375

De in tabel 9 berekende hoeveelheden meststoffen in mmol.l<sup>-1</sup> kunnen worden omgerekend naar kg per m voor een 100 maal geconcentreerde oplossing door te vermenigvuldigen met de volgende factoren:

$$\text{kg.m}^{-3} = 10^{-1} \text{ a.b.mmol.l}^{-1}$$

waarin a het aantal mmol per l is en b het molgewicht. Voor de berekeningen in tabel 9 worden dus de in tabel 10 weergegeven hoeveelheden verkregen voor een 100 maal geconcentreerde oplossing.

Tabel 10: Omrekening van mmol.l<sup>-1</sup> (tabel 9) naar kg.m<sup>-3</sup> voor een 100 maal geconcentreerde oplossing (vaste meststoffen).

Meststof	mmol.l <sup>-1</sup>	kg.m <sup>-3</sup> 100 maal geconcentreerd
Ammoniumnitraat vlb.	0.45	7.0
Monokalifosfaat	1.25	17.0
Kalksalpeter	0.8	86.4
Kalisalpeter	6.75	68.2
Bitterzout	1.375	33.8

Als vloeibare meststoffen worden gebruikt, dan verloopt de berekening als weergegeven in tabel 11. Naast een berekening van de voedingselementen moet dan ook een berekening van de hoeveelheid zuur en base worden meegenomen. Voor zuur wordt (+) en voor base wordt (-) toegevoegd.

Tabel 11: Schema voor het samenstellen van een voedingsoplossing zonder correcties voor waterkwaliteit met gebruikmaking van vloeibare meststoffen.

Meststof	mmol.l <sup>-1</sup>	Basissamenstelling in mmol.l <sup>-1</sup>							
		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
		16.0	1.25	1.375	1.25	8.0	4.0	1.375	0
Ammonium-nitraat vlb.	1.25		1.25			1.25			
Kalifosfor-carbonaat	1.25			1.25			2.88		-1.63
Calciumni-traat vlb.	4.0		8.0					4.0	
Kalimagnesium-zwavelzuur	1.375				1.375		0.27	0.55	+1.38
Magnesium-nitraat vlb.	0.825		1.65					0.825	
Kalisalpeter-zuur (NO <sub>3</sub> )	5.1		5.1				0.71		+4.39
Kalicarbonaat vlb.	2.07						4.14		-4.14

De omrekening naar kg per m<sup>3</sup> voor een 100 maal geconcentreerde oplossing verloopt hetzelfde als omschreven voor de vaste meststoffen.

Tabel 12: Omrekening van mmol.l<sup>-1</sup> (tabel 11) naar kg.m<sup>-3</sup> voor een 100 maal geconcentreerde oplossing (vloeibare meststoffen Substrafeed).

Meststof	mmol.l <sup>-1</sup>	100 maal geconcentreerd	
		kg.m <sup>-3</sup>	l.m <sup>-3</sup>
Ammoniumnitraat vlb.	1.25	19.5	15.7
Kalifosforcarbonaat	1.25	54.1	38.9
Calciumnitraat vlb.	4.0	128.0	85.3
Kalimagnesiumzwavelzuur	1.375	45.8	31.1
Magnesiumnitraat vlb.	0.825	33.0	24.4
Kalisalpeterzuur (NO <sub>3</sub> )	5.1	72.9	55.2
Kalicarbonaat vlb.	2.07	68.9	49.6

Voor wat betreft de berekeningen van de spoorelementen wordt verwezen naar tabel 13.

Tabel 13: Berekening van de hoeveelheden aan spoorelementen meststoffen.

Dosering umol. <sup>-1</sup>		Meststof	mg.l <sup>-1</sup>	g.m <sup>-3</sup> 100 maal geconcentreerd
15	Fe	IJzerchelaat DTPA 6%	13.98	1398
		of IJzerchelaat DTPA 3%	27.94	2794
10	Mn	Mangaansulfaat	1.69	169
5	Zn	Zinksulfaat 23%	1.44	144
25	B	Borax	2.38	238
0.75	Cu	Kopersulfaat	0.19	19
0.5	Mo	Natriummolybdaat	0.12	12

De getallen in de derde en vierde kolom worden als volgt verkregen:  
 15 umol Fe = 15 x 932 ug Fe-DTPA (6%) = 13,98 mg. Voor een 100 maal geconcentreerde oplossing wordt in g per m berekend:

$$15 \times 932 \times 10^{-6} \times 10^3 \times 10^2 = 1398.$$

Hetzelfde systeem kan worden gevolgd voor de andere elementen. Let wel dat 1 mol borax = 4 mol B. Voor borium wordt de berekening per liter dus  $1/4 \times 25 \times 381.2 \text{ ug} = 2.38 \text{ mg}$ .

Het zal duidelijk zijn dat verschillende mogelijkheden van meststofkeuze zich voordoen. Deze keuze kan technisch bepaald worden. Indien dit niet het geval is, zal als regel de goedkoopste meststof worden genomen.

De meststoffen worden verdeeld over twee verschillende bakken, die gewoonlijk A en B worden genoemd. In bak A worden geen fosfaten en sulfaten gedaan en in bak B worden geen calciumhoudende zouten gedaan. Op deze wijze wordt voorkomen dat calciumfosfaat of calciumsulfaat precipiteren (neerslaan).

In de bijlagen zijn rekenschema's te vinden voor omrekening van 1 mmol.l<sup>-1</sup> van een bepaald ion of element, in de voedingsoplossing naar g of kg.m<sup>-3</sup> voor een 100 maal geconcentreerde oplossing.

Nu het geval dat in de voedingsoplossing wordt gecorrigeerd voor HCO<sub>3</sub>, Ca en Mg, dat in het gietwater aanwezig is. Voor HCO<sub>3</sub> worden equivalente hoeveelheden H<sub>2</sub>O berekend. In het rekenvoorbeeld wordt 3 mmol H<sub>2</sub>O toegediend en 1 mmol Ca en 1/2 mmol Mg weggelaten. Meestal als in het water HCO<sub>3</sub> aanwezig is, worden equivalente hoeveelheden aan Ca + Mg gevonden. Tabel 14 bevat het rekenschema. Als voorbeeld

is de berekening van een voedingsoplossing voor tomaat in steenwol genomen. Zoveel als mogelijk is gebruik gemaakt van vaste meststoffen. De berekening kan natuurlijk ook voor vloeibare meststoffen worden uitgevoerd.

Op dezelfde wijze als reeds eerder is besproken kunnen de hoeveelheden in  $\text{mmol.l}^{-1}$  worden omgerekend naar kg per m<sup>3</sup> voor een 100 maal geconcentreerde oplossing.

Als het water veel  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$  of K bevat, moet ook hiervoor worden aangepast bij de berekeningen.

Tabel 14: Schema voor het samenstellen van een voedingsoplossing met correctie van 3  $\text{mmol H}_3\text{O}$ , 1  $\text{mmol Ca}$  en 0,5  $\text{mmol Mg}$ .

		Basissamenstelling $\text{mmol.l}^{-1}$							
		$\text{NO}_3$	$\text{H}_2\text{PO}_4$	$\text{SO}_4$	$\text{H}_3\text{O}$	$\text{NH}_4$	K	Ca	Mg
		14.0	1.0	3.75		1.25	8.75	4.25	2.0
		Correcties							
		-----							
					+3.0			-1.0	-0.5
Meststof	$\text{mmol.l}^{-1}$	<u>Te berekenen samenstelling</u>							
		14.0	1.0	3.75	3.0	1.25	8.75	3.25	1.5
$\text{H}_3\text{PO}_4$	1.0		1.0		1.0				
$\text{HNO}_3$	2.0	2.0			2.0				
Kalksalpeter	3.25/5	7.15				0.65		3.25	
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	0.6	0.6				0.6			
$\text{KNO}_3$	4.25	4.25					4.25		
$\text{MgSO}_4$	1.5			1.5					1.5
$\text{K}_2\text{SO}_4$	2.25			2.25			4.5		

#### VERDELING VAN DE MESTSTOFFEN IN DE A- EN B-BAK

Niet alle meststoffen kunnen in geconcentreerde vorm bij elkaar worden gevoegd. Calcium en sulfaat vormen bij te hoge concentraties een neerslag van calciumsulfaat. Verder kunnen neerslagen ontstaan van calcium- of magnesiumfosfaat als de pH in de oplossing te hoog wordt. De verdeling van de meststoffen vindt plaats over twee bakken, die benoemd worden als A en B. De verdeling van de meststoffen over deze bakken wordt als volgt gestandaardiseerd.

Vaste meststoffen systeem. In bak A geen sulfaten en fosfaten doen; wel het ijzerchelaat in deze bak doen.

In bak B geen calciumhoudende meststoffen doen; wel de overige spoorelementmeststoffen behoudens ijzerchelaat.

Vloeibare meststoffen systeem. In bak A geen sulfaat- of fosfaathoudende meststoffen en in bak B geen calciumhoudende meststoffen. Kalisalpeterzuur, kalicarbonaat en kaliloog mogen zowel in de A- als in de B-bak worden gedaan; echter onder die voorwaarde dat nooit een basische oplossing mag ontstaan. Dus kalicarbonaat of kaliloog nooit in equivalent grotere hoeveelheid base toevoegen dan reeds aan zuur aanwezig is. Een geconcentreerde oplossing mag wel zuur zijn, maar nooit basisch.

Het kan voorkomen dat de spoorelement meststoffen gezamenlijk in één oplossing worden toegediend. Bij het vloeibare meststoffen systeem kunnen deze dan het beste in de A-bak worden gedaan. De pH van deze bak moet dan rond 5.0 liggen. Zonodig dus iets zuur toevoegen. Ook in de B-bak moet de pH wat laag (< 5.0) worden gehouden als daar spoorelementen of magnesium aan toegevoegd worden.

Naast de toediening op zich is bij vloeibare meststoffen de volgorde van toediening van belang. Algemeen kan de volgende regel worden aangehouden: eerst de zuur-houdende meststoffen in de bak doen, daarna de base-houdende meststoffen en daarna de andere meststoffen. Het is van belang in beide bakken de base-houdende meststoffen tenminste te neutraliseren met een equivalente hoeveelheid zuur. De hoeveelheid vrij zuur kan over beide bakken equivalent worden verdeeld.

Indien het rekenvoorbeeld in tabel 12 op deze wijze nader wordt uitgewerkt, ontstaat de volgende verdeling.

Bak A

Calciumnitraat vlb.	128.0 kg.
Magnesiumnitraat vlb.	33.0 kg.
Ammoniumnitraat vlb.	19.5 kg.

Bak B

Kalisalpeterzuur	72.9 kg.
Kalimagnesiumzwavelzuur	45.8 kg.
Kalifosforcarbonaat	54.1 kg.
Kalicarbonaat vlb.	68.9 kg.

Eventueel kan worden gestreefd naar gelijke aantallen kg per bak. Dit kan bereikt worden door gelijke hoeveelheden kalisalpeterzuur en kalicarbonaat van de B- naar de A-bak over te brengen.

Voordat de vloeibare meststoffen in de A- en de B-bak worden gedaan, in de bakken ongeveer 500 l water doen. De oplossing wordt anders te geconcentreerd, waardoor bepaalde zouten kunnen uitkristalliseren.

**IJzerchelaten en zuur.** Bepaalde ijzerchelaten zijn gevoelig voor lage pH. Fe-EDDHA wordt afgebroken bij pH-waarden beneden 3 en van Fe-DTPA neemt de oplosbaarheid sterk af bij lage pH. De hoeveelheden zuur in de bak waaraan ook het ijzerchelaat wordt toegediend, is daarom beperkt. Per m mag niet meer dan 0.5 mmol/l aan vrij zuur aanwezig zijn. Dit komt overeen met 8.35 kg salpeter- of fosforzuur per m. Het meerdere aan benodigd zuur moet dan aan de andere bak worden toegediend.

**Geconcentreerde sporenoplossing.** Bij het bereiden van een geconcentreerde oplossing van spoorelement-meststoffen, mag de pH niet hoger dan 6 worden. Met name de meststof Borax verhoogt de pH zeer sterk, waardoor neerslagen van mangaanoxide ontstaan. De beste werkwijze is als volgt: eerst de benodigde borax oplossen, vervolgens de pH door aanzuren beneden 5 brengen, daarna de overige spoorelementen toevoegen. Let op dat de pH niet te laag wordt, vanwege problemen met ijzerchelaten.

Voor vloeibare meststoffen bestaan verschillende systemen, die als volgt zijn samengesteld.

	Systemen*			
	A	B	C	D
Calciumnitraat vlb.	+	+	+	+
Ammoniumnitraat vlb.	+	+	+	+
Ammoniumsulfaat vlb.	+	-	-	-
Bitterzout vlb.	+	+	+	+
Magnesiumnitraat vlb.	+	+	+	+
Calciummagnesiumnitraat vlb.	-	-	+	-
Calciumchloride vlb.	+	-	+	+
Kalisalpeterzuur	+	-	+	-
Kalifosforcarbonaat	+	-	-	-
Kalifosforzuur	+	-	-	-
Kalizwavelzuur	+	-	+	-
Kalichloride vlb.	-	-	+	+
Kalimagnesiumzwavelzuur	+	-	-	-
Kalifosforloog	-	-	+	-
Salpeterzuur 38%	-	+	+	+
Fosforzuur 59%	-	+	+	+
Zwavelzuur 30%	-	-	+	-
Zwavelzuur 44%	-	+	-	-
Zwavelzuur 50%	-	-	-	-
Kalicarbonaat vlb.	+	-	-	-
Kalibicarbonaat vlb.	-	-	-	+
Kaliloog 34%	-	-	+	+
Kaliloog 50%	-	+	-	-

+ betreffende meststof wel in het pakket  
 - betreffende meststof niet in het pakket.

\*A-pakket Hydro Agri (Substrafeed)  
 B-pakket Van Iperen  
 C-pakket Kemira (Fertigro)  
 D-pakker Epenhuysen (Biofeed)



### Berekende schema's

Voor een aantal gewassen zijn schema's berekend met correcties voor H<sub>2</sub>O, Ca en Mg. Deze voedingsoplossingen zijn per gewas in brochures bijeengebracht. Onderstaande brochures zijn beschikbaar in de serie "Voedingsoplossingen glastuinbouw":

- no. 2 : Voedingsoplossingen voor de teelt van komkommers in steenwol.
- no. 3 : Voedingsoplossingen voor de teelt van tomaten in steenwol.
- no. 4 : Voedingsoplossingen voor bloementeelten in steenwol in het Westland en de Kring (Anjer, gerbera, roos).
- no. 5 : Voedingsoplossingen voor de teelt van rozen in kunstmatige substraten.
- no. 6 : Voedingsoplossingen voor de teelt van anjers in steenwol en veen.
- no. 7 : Voedingsoplossingen voor de teelt van gerbera in kunstmatige substraten.
- no. 8 : Voedingsoplossingen voor groenten en bloemen, geteeld in water of substraten.
- no. 9 : Voedingsoplossingen voor de teelt van Anthurium andreanum in substraten.
- no.12 : Voedingsoplossingen voor de teelt van cymbidium in substraten.
- no.13 : Voedingsoplossingen voor de teelt van paprika in steenwol en bij hergebruik van drainagewater.
- no.14 : Voedingsoplossingen voor de teelt van aubergines in steenwol.
- no.16 : Voedingsoplossingen voor de teelt van aardbeien in veensubstraat.
- no.17 : Voedingsoplossingen voor de teelt van tomaten in gesloten systemen.

### REFERENTIES

Aylward, G.H. and T.J.V. Findlay, 1974. SI chemical data, Second edition. John Wiley and Sons.

Sonneveld, C. en N. Straver, 1994. Voedingsoplossingen voor groenten en bloemen, geteeld in water of substraten. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, achtste druk. Voedingsoplossingen glastuinbouw no. 8.

Sonneveld, C. en C. de Krey, 1991. Normen voor waterkwaliteit in de glastuinbouw. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, vijfde druk. Voedingsoplossingen glastuinbouw no. 11.

Bijlage 1

Rekentabel vaste meststoffen.

Naam	Formule	Mol- gewicht	Soor- te- lijke massa	E* 1 mol	Andere elemen- ten mol/mol E	1 mol**/m <sup>3</sup> 100 maal geconcen- treerd kg
Kalksalpeter	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$	1080.5	-	Ca	2.20 $\text{NO}_3$ , 0.20 $\text{NH}_4$	21.61
Kalisalpeter	$\text{KNO}_3$	101.1	-	K	1 $\text{NO}_3$	10.11
Ammonium- nitraat	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	80	-	$\text{NH}_4$	1 $\text{NO}_3$	8.00
Magnesium- nitraat	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	256.3	-	Mg	2 $\text{NO}_3$	25.63
Monokali- fosfaat	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	136.1	-	$\text{H}_2\text{PO}_4$	1 K	13.61
Kalisulfaat	$\text{K}_2\text{SO}_4$	174.3	-	$\text{SO}_4$	2 K	17.43
Bitterzout	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246.4	-	Mg	1 $\text{SO}_4$	24.64
Kalichloride	KCL	74.6	-	Cl	1.0 K	7.46
Calcium- chloride	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	147.1	-	Cl	0.5 Ca	7.35

\* Het element dat essentieel is gesteld

\*\* Van het essentiële element

Bijlage 2

Rekentabel vloeibare enkelvoudige meststoffen.

Naam	Formule	Mol- gewicht	Soor- te- lijke massa	E* 1 mol	Andere elemen- ten mol/mol E	1 mol**/m <sup>3</sup> 100 maal geconcen- treerd kg	1
Magnesium- nitraat vlb.	MgNO <sub>3</sub>	(400)	1.35	Mg	2 NO <sub>3</sub>	40.00	29.63
Ammonium- nitraat vlb.	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	(156)	1.24	NH <sub>4</sub>	1 NO <sub>3</sub>	15.60	12.58
Calcium- nitraat vlb.	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(320)	1.50	Ca	2 NO <sub>3</sub>	32.00	21.33
Calcium- chloride vlb.	CaCl <sub>2</sub>	(333)	1.30	Cl	0.5 Ca	33.30	25.62
Kalichloride vlb.	KCl	(373)	1.13	Cl	1 K	37.30	33.01
Ammonium% sulfaat vlb.	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(333)	1.23	NH <sub>4</sub>	0.5 S	16.65	13.54
Bitterzout vlb.	MgSO <sub>4</sub>	(571)	1.23	Mg	1 SO <sub>4</sub>	57.10	46.42
Calciummagne- siumnitraat vlb.	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(683)	1.50	Mg	1.07 Ca, 4.13 NO <sub>3</sub>	68.30	45.53
Salpeterzuur 38%	HNO <sub>3</sub>	(167)	1.24	H <sub>3</sub> O	1 NO <sub>3</sub>	16.70	13.47
Fosforzuur 59%	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	(167)	1.42	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1 H <sub>3</sub> O	16.70	11.76
Zwavelzuur 30%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(334)	1.22	SO <sub>4</sub>	2 H <sub>3</sub> O	33.40	27.38
Zwavelzuur 44%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(222)	1.35	SO <sub>4</sub>	2 H <sub>3</sub> O	22.20	16.44
Zwavelzuur 50%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(192)	1.40	SO <sub>4</sub>	2 H <sub>3</sub> O	19.20	13.71
Kalibicar- bonaat	KHCO <sub>3</sub>	(500)	1.13	OH	1 K	50.00	44.25
Kalicarbo- naat vlb.	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	(333)	1.39	CO <sub>3</sub>	2 K	33.30	23.96

Kaliloog vlb. KOH 34%	(167)	1.33	OH	1 K	16.70	12.56
Kaliloog vlb. KOH 50%	(113)	1.50	OH	1 K	11.30	7.53

---

\* Het element dat essentieel is gesteld  
\*\* Van het essentiële element

Rekentabel vloeibare samengestelde meststoffen

Naam	Formule	Mol- gewicht	Soor- te- lijke massa	E*	Andere 1 mol elemen- ten mol/mol E	1 mol**/m <sub>3</sub> 100 maal geconcen- treerd kg	1
Kalisal- peterzuur	$KNO_3 + HNO_3$	(167)	1.32	H <sub>3</sub> O	1.17 NO <sub>3</sub> , 0.17 K	16.70	12.65
Kalisal- peterzuur	$KNO_3 + HNO_3$	(143)	1.32	NO <sub>3</sub>	0.86 H <sub>3</sub> O, 0.14 K	14.30	10.83
Kalifosfor- zuur	$KH_2PO_4 + H_3PO_4$	(192)	1.47	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.57 H <sub>3</sub> O, 0.43 K	19.20	13.06
Kalifosfor- carbonaat	$K_xPO_4 + K_2CO_3$	(433)	1.47	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.65 CO <sub>3</sub> , 2.30 K	43.30	29.46
Kalifosfor- loog	$K_xPO_4 + KOH$	(433)	1.48	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.30 OH, 2.30 K	43.30	29.26
Kalizwavel- zuur (Kemira)	$K_2SO_4 + H_2SO_4$	(500)	1.20	SO <sub>4</sub>	3.00 H <sub>3</sub> O, 0.75 K	50.00	41.67
Kalizwavel- zuur (Hydro Agri)	$K_2SO_4 + H_2SO_4$	(302)	1.26	SO <sub>4</sub>	1.81 H <sub>3</sub> O, 0.18 K	30.20	23.97
Kalimagne- siumzwavel zuur	$K_2SO_4 + MgSO_4 + H_2SO_4$	(333)	1.32	SO <sub>4</sub>	1.00 H <sub>3</sub> O, 0.20 K, 0.40 Mg	33.30	25.23
Calciummag- nesiumnitraat	$Ca(NO_3)_2 + Mg(NO_3)_2$	(683)	1.50	Mg	1.07 Ca, 4.13 NO <sub>3</sub>	68.30	45.53
Kalimeta- silicaat	$H_4SiO_4 + KOH$	(308)	1.62	Si	2 K 2 OH	30.80	19.01
Kalimetasili- caat (Cebeco)	$H_4SiO_4 + KOH$	(446)	1.39	Si	2 K 2 OH	44.46	31.99

\* Het element dat essentieel is gesteld

\*\* Van het essentiële element

Rekentabel spoorelement meststoffen

Naam	Formule	Mol-gewicht	Soor-te-lijke massa	E* 1 mol	Andere elemen-ten mol/mol E	1 mol**/m <sup>3</sup> 100 maal geconcen- treerd kg
IJzerchelaat 13%	Fe-EDTA	( 430)	-	Fe		43
IJzerchelaat 3%	FE-DTPA	(1863)	-	Fe		186
IJzerchelaat 6%	Fe-DTPA en Fe-HEEDTA	( 932)	-	Fe		93
IJzerchelaat 7%	Fe-DTPA	( 799)	-	Fe		80
IJzerchelaat 11%	FE-DTPA	( 508)	-	Fe		51
IJzerchelaat 5%	FE-EDDHA	(1118)	-	Fe		112
Mangaan- sulfaat	MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	169	-	Mn		16.9
Zinksulfaat 23%	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	287.5	-	Zn		28.8
Zinksulfaat 24%	ZnSO <sub>4</sub> .6H <sub>2</sub> O	269.5	-	Zn		27.0
Zinksulfaat 36%	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	179.5	-	Zn		18.0
Borax	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	381.2	-	B	1 mol Borax= 4 mol B	9.5
Kopersulfaat	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	249.7	-	Cu		25.0
Natrium- molybdaat	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	241.9	-	Mo		24.2

\* Het element dat essentieel is gesteld

\*\* Van het essentiële element

Bijlage 5

Rekentabel vloeibare spoorelement meststoffen

Naam	Formule	Mol- gewicht	Soor- te- lijke massa	E** 1 mol	1 mol***/m <sup>3</sup> 100 maal geconcen- treerd kg	1
Mangaan- sulfaat	MnSO <sub>4</sub>	(469)	1.40	Mn	47	33.6
Mangaan- sulfaat*	MnSO <sub>4</sub>	(810)	1.21	Mn	81	66.9
Zinksulfaat	ZnSO <sub>4</sub>	(595)	1.39	Zn	60	43.2
Zinknitraat*	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(1168)	1.16	Zn	117	100.7
Borax	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	(393)	1.37	B	10	7.3
Boorzuur*	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	(228)	1.14	B	23	20.0
Kopersulfaat	CuSO <sub>4</sub>	(1413)	1.12	Cu	141	125.8
Kopernitraat	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(10144)	1.02	Cu	1014	994.5
Natrium- molybdaat	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	(2339)	1.08	Mo	234	216.7
Natrium- molybdaat*	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	(10191)	1.02	Mo	1019	999.0

\* Nutrichem produkt

\*\* Het element dat essentieel gesteld is

\*\*\* Van het essentiële element