

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK,
CONSULENTSCHAP VOOR DE TUINBOUW TE NAALDWIJK

Het berekenen van voedingsoplossingen voor planteteelt zonder aarde

Derde herziene druk

C. Sonneveld

No. 57

Informatiereeks

Oktober 1984

Prijs f 5,--

I N H O U D

Pagina

Doel	3
mol	3
Atoomgewichten	3
Voedingsoplossingen	4
Waterkwaliteit	4
Meststoffen	4
Berekeningen van voedingsoplossingen	7
Referenties	12
Bijlagen	13

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.

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 Arnold Bik, 1984). In deze brochure 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 plantevoedingionen aanwezig en deze dienen in mindering te worden gebracht op de toediening. In veel soorten water betreft dit vooral de elementen calcium en magnesium, maar het kan ook andere hoofdelementen betreffen. Ook spoorelementen kunnen in betekenende mate aanwezig zijn en ook deze dienen in rekening te worden gebracht. Echter niet voor wat betreft 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. Te hoge gehalten aan bicarbonaat doen de pH sterk oplopen. Aan de voedingsoplossing dient daarom zoveel zuur te 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, 1983).

MESTSTOFFEN

De meststoffen die bij teelten in substraten worden gebruikt worden in dit hoofdstuk besproken. Naast de normaal gebruikelijke vaste meststoffen worden ook oplossingen van meststoffen en zuur gebruikt. 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.

Voor kalksalpeter is een molgewicht berekend op basis van het stikstofgehalte. De werkelijke molecuulformule is namelijk $5 [Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O] \cdot NH_4NO_3$. Het molecuulgewicht is in werkelijkheid dus 1080,5 en 1 mol is equivalent met 5 mol Ca^{++} , 11 mol NO_3^- en 1 mol NH_4 . Om ingewikkelde berekeningen te voorkomen wordt het weergegeven als $Ca(NO_3)_2$ en is het molecuulgewicht berekend op 181. In werkelijkheid is een klein deel van de stikstof aanwezig als ammoniak en wordt wat minder calcium gegeven dan wordt berekend.

Meststoffen in vaste vorm die worden gebruikt voor toediening van hoofdvoedingselementen zijn weergegeven in tabel 2.

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

Meststof	Chemische samenstelling	% zuivere voedingsstoffen	mol-gewicht
Kalksalpeter	$Ca(NO_3)_2$	15.5 N, 19 Ca	(181)
Kalisalpeter	KNO_3	13 N, 38 K	101,1
Ammoniumnitraat	NH_4NO_3	35 N	80
Magnesiumnitraat	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	11 N, 9 Mg	256,3
Monokalifosfaat	KH_2PO_4	23 P, 28 K	136,1
Monoammoniumfosfaat	$NH_4H_2PO_4$	26 P, 12 N	115
Kaliumsulfaat	K_2SO_4	45 K, 18 S	174,3
Bitterzout	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	10 Mg, 13 S	246,4
Kalibicarbonaat	$KHCO_3$	39 K	100,1
Calciumhydroxyde	$Ca(OH)_2$	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 drie laatst genoemde oplossingen zijn mengsels en daarom kan geen molgewicht worden opgegeven. Wel kan op basis van het meest essentiële bestanddeel een molgewicht worden berekend. Voor Nitrakal is dit het zuur en voor BFK en ZFK het fosfaat. In tabel 4 is een dergelijk overzicht gegeven.

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

Meststof	Chemische samenstelling	% zuivere voedingsstoffen	mol-gewicht	Soortelijke massa
Magnesiumnitraat				
\ lb.*	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	7 N, 6 Mg	(400)	1,35
Ammoniumnitraat				
\ lb.*	NH_4NO_3	20 N	(140)	1.25
Salpeterzuur 38%	HNO_3	8 N	(167)	1.24
Fosforzuur 59%	H_3PO_4	19 P	(167)	1.42
Nitrakal	$HNO_3 + KNO_3$	10 N, 5 K	-	1.36
BFK	$KH_2PO_4 + KOH$	7 P, 21 K	-	1.47
ZFK	$KH_2PO_4 + H_3PO_4$	16 P, 9 K	-	1.47

* = Vloeibaar

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

Meststof	Meest essentieel bestanddeel	mol-gewicht	Nevenbestanddelen in mol
Nitrakal	H_3O^+	(167)	1 H_3O^+ , 1.21 NO_3 , 0.21 K
BFK	P	(433)	1 P, 2.30 K, 1.30 OH^-
ZFK	P	(192)	1 P, 0.42 K, 0.58 H_3O^+

Indien dus fosfaat moet worden gegeven, is voor 1 mol 433 g BFK nodig. Naast 1 mol P wordt echter ook 2.33 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^{-1}	Base mol. kg^{-1}
Salpeterzuur 38%	6	-
Fosforzuur 59%	6	-
Nitrakal	6	-
BFK	-	3
ZFK	3	-

Een overzicht van de sporelement meststoffen is weergegeven in de tabellen 6 en 7.

Label 6: Spoorelement meststoffen in gebruik voor substraatteelten.

Meststof	Chemische samenstelling	% Zuivere meststof	molgewicht
Mangaansulfaat	$MnSO_4 \cdot H_2O$	32 Mn	169
Zinksulfaat	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	23 Zn	287.5
Borax	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	11 B	381.2
Kopersulfaat	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	25 Cu	249.7
Natriummolybdaat	$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	40 Mo	241.9

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

Label 7: 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-DTPA	6	(932)	< 7,5*
	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 vaarvoor de meststof wordt gegeven gewoonlijk verwaarloosd kunnen worden.

Bij het berekenen van de hoofdelementen is de volgende methode goed bruikbaar. Als voorbeeld is een voedingsoplossing voor komkommer uitgewerkt bij

gebruik van regenwater of ontzout water (tabel 8).

Tabel 8: Schema voor het samenstellen van een voedingsoplossing zonder correcties voor waterkwaliteit met gebruikmaking van alleen vaste meststoffen.

Meststof	mmol.l ⁻¹	Basissamenstelling mmol.l ⁻¹						
		NC ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
		11.75	1.25	1.0	0.5	5.5	3.5	1.0
NH ₄ NO ₃	0.5	0.5			0.5			
KH ₂ PO ₄	1.25		1.25			1.25		
Ca(NO ₃) ₂	3.5	7.0					3.5	
KNO ₃	4.25	4.25				4.25		
MgSO ₄	1.0			1.0				1.0

De in tabel 8 berekende hoeveelheden meststoffen in mmol.l⁻¹ kunnen worden omgerekend naar kg per m³ voor een 100 maal geconcentreerde oplossing door te vermenigvuldigen met de volgende factoren:

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

vaarin a het aantal mmol per l is en b het molgewicht. Voor wat betreft de berekeningen in tabel 8 worden dus de in tabel 9 weergegeven hoeveelheden berekend voor een 100 maal geconcentreerde oplossing.

Tabel 9: Omrekening van mmol.l⁻¹ (tabel 8) naar kg.m⁻³ voor een 100 maal geconcentreerde oplossing (vaste meststoffen).

Meststof	mmol.l ⁻¹	kg.m ⁻³ 100 maal geconcentreerd
Ammoniumnitraat	0.5	4.0
Monokalifosfaat	1.25	17.0
Kalksalpeter	3.5	63.4
Kalisalpeter	4.25	42.9
Bitterzout	1.0	24.6

Indien zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van vloeibare meststoffen, dan verloopt de berekening als weergegeven in tabel 10.

Tabel 10: Schema voor het samenstellen van een voedingsoplossing zonder correcties voor waterkwaliteit met gebruikmaking van vloeibare meststoffen.

Meststof	mmol.l ⁻¹	Basissamenstelling mmol.l ⁻¹							
		NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ₃ O ⁺
		11.75	1.25	1.0	0.5	5.5	3.5	1.0	0.0
NH ₄ NO ₃ vib	0.5	0.5			0.5				
BFK	1.25		1.25			2.88			-1.62
Nitrakal	1.62	1.96				0.34			+1.62
Ca(NO ₃) ₂	3.5	7.0					3.5		
KNO ₃	2.28	2.28				2.28			
MgSO ₄	1.0		1.0					1.0	

De omrekening naar kg per m³ voor een 100 maal geconcentreerde oplossing verloopt op dezelfde wijze als omschreven voor de vaste meststoffen.

Tabel 11: Omrekening van mmol.l⁻¹ (tabel 10) naar kg.m⁻³ voor een 100 maal geconcentreerde oplossing (vloeibare meststoffen).

Meststof	mmol.l ⁻¹	kg.m ⁻³ 100 maal geconcentreerd
Ammoniumnitraat Vib	0,5	7.0 kg = 5.6 l
BFK	1.25	54.1 kg = 36.8 l
Nitrakal	1.62	27.1 kg = 19.9 l
Kalksalpeter	3.5	63.4 kg
Kalisalpeter	2.28	23.1 kg
Bitterzout	1.0	24.6 kg

voor wat betreft de berekeningen van de sporelementen wordt verwezen naar tabel 12.

Tabel 12: Berekening van de hoeveelheden aan sporelement meststoffen.

Dosering umol.l ⁻¹	Meststof	mg.l ⁻¹	g.m ⁻³ 100 maal geconcentreerd
10 Fe	IJzerchelaat DTPA 6%	9.32	932
10 Mn	Mangaansulfaat	1.69	169
4 Zn	Zinksulfaat	1.15	115
20 B	Borax	1.91	191
0.5 Cu	Kopersulfaat	0.12	12
0.5 Mo	Natriummolybdaat	0.12	12

De getallen in de derde en vierde kolom worden als volgt verkregen:

$10 \text{ umol Fe} = 10 \times 932 \text{ ug Fe-DTPA(6\%)} = 9.32 \text{ mg}$. Voor een 100 maal geconcentreerde oplossing wordt in g per m^3 berekend:

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

Het zelfde systeem kan worden gevolgd voor de andere elementen. Let wel dat 1 mol borax \equiv 4 mol B. Voor borium wordt de berekening per liter dus $1/4 \times 20 \times 381.2 \text{ ug} = 1.91 \text{ mg}$.

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.

In de bijlagen zijn rekenschema's te vinden voor omrekening van mmol.l^{-1} in de voedingsoplossing naar g of kg.m^{-3} voor een 100 maal geconcentreerde oplossing.

Nu het geval dat in de voedingsoplossing wordt gecorrigeerd voor HCO_3^- , Ca^{++} en Mg^{++} . Voor HCO_3^- worden equivalente hoeveelheden H_3O^+ berekend. In geval dat een deel van de stikstof als NH_4^+ aanwezig is, kan het nodig zijn minder zuur te gebruiken. In het rekenvoorbeeld wordt 3 mmol H_3O^+ toegediend en 1 mmol Ca^{++} en $1/2$ mmol Mg^{++} weggelaten. Meestal als in het water HCO_3^- aanwezig is worden equivalente hoeveelheden aan $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ gevonden. Tabel 13 bevat het rekenschema. Als voorbeeld is de berekening van een voedingsoplossing voor tomaat in steenwol genomen. Zoveel als mogelijk is gebruik gemaakt van vloeibare meststoffen. De berekening kan natuurlijk ook voor vaste meststoffen worden uitgevoerd.

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

Als het water veel SO_4^{--} , NO_3^- of K^+ bevat, moet ook hiervoor worden aangepast bij de berekeningen.

Tabel 13: Schema voor het samenstellen van een voedingsoplossing met correctie van 3 mmol H_3O^+ , 1 mmol Ca^{++} en 0,5 mmol Mg^{++} (vloeibare meststoffen).

		Basissamenstelling mmol.l ⁻¹							
		NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{--}	H_3O^+	NH_4^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
		10.5	1.5	2.5		0.5	7.0	3.75	1.0
		Correcties							
					+3.0			-1.0	-0.5
Meststof	mmol.l ⁻¹	Te berekenen samenstelling							
		10.5	1.5	2.5	3.0	0.5	7.0	2.75	0.5
NH_4NO_3	0.5	0.5				0.5			
ZFK	1.5		1.5		0.87		0.63		
Nitrakel	2.13	2.58			2.13		0.45		
$Ca(NO_3)_2$	2.75	5.5						2.75	
KNO_3	1.92	1.92					1.92		
$MgSO_4$	0.5		0.5						0.5
K_2SO_4	2.0			2.0			4.0		

Voor een aantal gewassen zijn schema's berekend met correcties voor H_3O^+ , Ca^{++} en Mg^{++} . Deze voedingsoplossingen zijn per gewas in brochures bijeengebracht. Onderstaande brochures zijn beschikbaar in de informatiereeks

- no. 44 : Voedingsoplossingen voor de teelt van komkommers in steenwol.
- no. 63 : Voedingsoplossingen voor de teelt van tomaten in steenwol.
- no. 76 : Voedingsoplossingen voor de teelt van paprika in steenwol.
- no. 77 : Voedingsoplossingen voor de teelt van aubergines in steenwol.
- no. 84 : Voedingsoplossingen voor teelten in steenwol in het Westland en de Kring.
- no. 27 : (Bloemeteeltinformatie, Voedingsoplossingen voor de teelt van van Cymbidium in kunstmatige substraten.

REFERENTIES

Aylward, G.H. and T.J.V. Findlay, 1974.

SI chemical data, Second edition. John Wiley and Sons.

Sonneveld, C. and R. Arnold Bik, 1984. Voedingsoplossingen voor groenten en bloemen geteeld in water of substraten. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk. Informatiereeks nr. 69.

Sonneveld, C., 1983. Adviesbasis voor waterkwaliteit in de glastuinbouw. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk. Informatiereeks nr. 75.

Bijlage 1.

Omrekening van vaste meststoffen van mmol.l^{-1} in de voedingsoplossing naar kg.m^{-3} in een 100 maal geconcentreerde oplossing.

Aantal mmol.l^{-1}	KNO_3 kg	$\text{K H}_2\text{PO}_4$ kg	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ kg	K_2SO_4 kg	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kg
0.25	2.5	3.4	4.5	4.4	6.2
0.50	5.1	6.8	9.0	8.7	12.3
0.75	7.6	10.2	13.6	13.1	18.5
1.00	10.1	13.6	18.1	17.4	24.6
1.25	12.6	17.0	22.6	21.8	30.8
1.50	15.2	20.4	27.2	26.1	37.0
1.75	17.7	23.8	31.7	30.5	43.1
2.00	20.2	27.2	36.2	34.9	49.3
2.25	22.7	-	40.7	39.2	-
2.50	25.3	-	45.2	43.6	-
2.75	27.8	-	49.8	47.9	-
3.00	30.3	-	54.3	52.3	-
3.25	32.8	-	58.8	-	-
3.50	35.4	-	63.4	-	-
3.75	37.9	-	67.9	-	-
4.00	40.4	-	72.4	-	-
4.25	42.9	-	76.9	-	-
4.50	45.4	-	81.4	-	-
4.75	48.0	-	86.0	-	-
5.00	50.6	-	90.5	-	-
5.25	53.1	-	-	-	-
5.50	55.6	-	-	-	-
5.75	58.1	-	-	-	-
6.00	60.7	-	-	-	-

Bijlage 2

Omrekening van vloeibare meststoffen van mmol.l^{-1} in de voedingsoplossing naar kg.m^{-3} in een 100 maal geconcentreerde oplossing.

Aantal	HNO_3	38 %	H_3PO_4	59 %	NH_4NO_3	V1b	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	V1b
	kg	l	kg	l	kg	l	kg	l
0.25	4.2	3.4	4.2	3.0	3.5	2.8	10.0	7.4
0.50	8.4	6.8	8.4	5.9	7.0	5.6	20.0	14.8
0.75	12.5	10.1	12.5	8.8	10.6	8.5	30.0	22.2
1.00	16.7	13.5	16.7	11.8	14.1	11.3	40.0	29.6
1.25	20.9	16.9	20.9	14.7	17.6	14.1	50.0	37.0
1.50	25.0	20.2	25.0	17.6	21.2	17.0	60.0	44.4
1.75	29.2	23.5	29.2	20.6	24.7	19.8	70.0	51.9
2.00	33.4	26.9	33.4	23.5	28.2	22.6	80.0	59.3
2.25	37.6	30.3	-	-	-	-	-	-
2.50	41.8	33.7	-	-	-	-	-	-
2.75	45.9	37.0	-	-	-	-	-	-
3.00	50.1	40.4	-	-	-	-	-	-
3.25	54.3	43.8	-	-	-	-	-	-
3.50	58.4	47.1	-	-	-	-	-	-
3.75	62.6	50.5	-	-	-	-	-	-
4.00	66.8	53.9	-	-	-	-	-	-
4.25	71.0	57.3	-	-	-	-	-	-
4.50	75.2	60.6	-	-	-	-	-	-
4.75	79.3	64.0	-	-	-	-	-	-
5.00	83.5	67.3	-	-	-	-	-	-
5.25	87.7	70.7	-	-	-	-	-	-
5.50	91.8	74.0	-	-	-	-	-	-
5.75	96.0	77.4	-	-	-	-	-	-
6.00	100.2	80.8	-	-	-	-	-	-

Bijlage 3

Omrekening van gemengde vloeibare meststoffen van mmol.l^{-1} in de voedingsoplossing naar kg.m^{-3} in een 100 maal geconcentreerde oplossing.

Aantal mmol.l^{-1}	Nitrakal		BFK		ZFK	
	$\text{mmol H}_3\text{O}^+$		mmol P		mmol P	
	kg	l	kg	l	kg	l
0.25	4.2	3.1	10.8	7.3	4.8	3.3
0.50	8.4	6.2	21.6	14.7	9.6	6.5
0.75	12.5	9.2	32.5	22.1	14.4	9.8
1.00	16.7	12.3	43.3	29.5	19.2	13.1
1.25	20.9	15.4	54.1	36.8	24.0	16.3
1.50	25.0	18.4	65.0	44.2	28.8	19.6
1.75	29.2	21.5	75.8	51.6	33.6	22.9
2.00	33.4	24.6	86.6	58.9	38.4	26.1
2.25	37.6	27.6	-	-	-	-
2.50	41.8	30.7	-	-	-	-
2.75	45.9	33.8	-	-	-	-
3.00	50.1	36.8	-	-	-	-
3.25	54.3	39.9	-	-	-	-
3.50	58.4	42.9	-	-	-	-
3.75	62.6	46.0	-	-	-	-
4.00	66.8	49.1	-	-	-	-
4.25	71.0	52.2	-	-	-	-
4.50	75.2	55.3	-	-	-	-
4.75	79.3	58.3	-	-	-	-
5.00	83.5	61.4	-	-	-	-
5.25	87.7	64.5	-	-	-	-
5.50	91.8	67.5	-	-	-	-
5.75	96.0	70.6	-	-	-	-
6.00	100.2	73.7	-	-	-	-

* = van het meest essentieel element

Bijlage 4

Omrekening van ijzerchelaten in afhankelijkheid van het percentage ijzer van $\mu\text{mol.l}^{-1}$ voedingsoplossing naar g.m^{-3} in een 100 maal geconcentreerde oplossing.

umol Fe.l ⁻¹	% ijzer in het chelaat						
	$\frac{13}{\text{g}}$	$\frac{11}{\text{g}}$	$\frac{9}{\text{g}}$	$\frac{7}{\text{g}}$	$\frac{6}{\text{g}}$	$\frac{5.5}{\text{g}}$	$\frac{5}{\text{g}}$
5	215	254	310	399	466	508	559
10	430	508	621	799	932	1016	1118
15	645	762	932	1198	1398	1524	1677
20	860	1016	1242	1598	1864	2032	2236
25	1075	1270	1552	1998	2330	2540	2795
30	1290	1524	1863	2397	2796	3048	3354
35	1505	1778	2174	2796	3262	3556	3913
40	1720	2032	2484	3196	3728	4064	4472
45	1935	2286	2794	3596	4194	4572	5031
50	2150	2540	3105	3995	4660	5080	5590
55	2365	2794	3416	4394	5126	5588	6149
60	2580	3048	3726	4794	5592	6096	6708
65	2795	3302	4036	5194	6058	6604	7267
70	3010	3556	4347	5593	6524	7112	7826
75	3225	3810	4658	5992	6990	7620	8385
80	3440	4064	4968	6392	7456	8128	8944
85	3655	4318	5278	6792	7922	8636	9503
90	3870	4572	5589	7191	8388	9144	10062
95	4085	4826	5900	7590	8854	9652	10621
100	4300	5080	6210	7990	9320	10160	11180

Bijlage 5

Omrekening van spoorelementmeststoffen van $\mu\text{mol.l}^{-1}$ in de voedingsoplossing naar g.m^{-3} in een 100 maal geconcentreerde oplossing.

$\mu\text{mol.l}^{-1}$	MnSO_4 $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{g}}$	μmol	ZnSO_4 $\frac{7\text{H}_2\text{O}}{\text{g}}$	μmol	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7^*$ $\frac{10 \text{H}_2\text{O}}{\text{g}}$	μmol	CuSO_4 $\frac{5 \text{H}_2\text{O}}{\text{g}}$	Na_2MoO_4 $\frac{2 \text{H}_2\text{O}}{\text{g}}$
2	34	1	29	0.5	19	0.1	2.5	2.4
4	68	2	58	1.0	38	0.2	5.0	4.8
6	101	3	86	1.5	57	0.3	7.5	7.3
8	135	4	115	2.0	76	0.4	10.0	9.7
10	169	5	144	2.5	95	0.5	12.5	12.1
12	203	6	172	3.0	114	0.6	15.0	14.5
14	237	7	201	3.5	133	0.7	17.5	16.9
16	270	8	230	4.0	152	0.8	20.0	19.4
18	304	9	259	4.5	172	0.9	22.5	21.8
20	338	10	288	5.0	191	1.0	25.0	24.2
22	372	11	316	5.5	210	1.1	27.5	26.6
24	406	12	345	6.0	229	1.2	30.0	29.0
26	439	13	374	6.5	248	1.3	32.5	31.4
28	473	14	402	7.0	267	1.4	35.0	33.9
30	507	15	431	7.5	286	1.5	37.5	36.3
				8.0	305			
				8.5	324			
				9.0	343			
				9.5	362			
				10.0	381			

* = denk er aan dat 1 mol $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O} \equiv 4 \text{ mol B}$