

BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW  
15/423 (87)

**PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS  
TE NAALDWIJK**

**PLANTENVOEDING IN DE GLASTUINBOUW**

**Derde herziene uitgave**

**No. 87  
Informatiereeks**

**prijs f 30,-**

41D64



Deze brochure is uitgegeven door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk. U kunt deze brochure bestellen door het bedrag dat op de omslag is vermeld, over te maken op gironummer 293110, ten name van Proefstation Naaldwijk, Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk. Of via Rabobank Midden-Westland, nr. 34.36.08.006 te Naaldwijk. Vermeld daarbij wel het brochurennummer.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Het proefstation stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruikmaking van de gegevens uit deze uitgave.

Proefstation voor Tuinbouw onder Glas  
Kruisbroekweg 5  
Postbus 8  
2670 AA Naaldwijk  
Tel.: 01740-36700  
Fax: 01740-36835

1981 1010W  
broedstijl

15/423 (07)

841D64

BIBLIOTHEEK  
LARINGGEBOUW

Deze brochure is samengesteld door:

C. Bloemhard	Proefstation Naaldwijk
A. van den Bos	Proefstation Naaldwijk
N. van der Burg	Proefstation Naaldwijk
R. de Graaf	Proefstation Naaldwijk
D. Klapwijk	Proefstation Naaldwijk
C. de Kreij	Proefstation Naaldwijk
W. Post	Proefstation Naaldwijk
W. van Schie	Stichting R.H.P. Naaldwijk
C. Sonneveld	Proefstation Naaldwijk
N. Straver	Proefstation Aalsmeer
W. Voogt	Proefstation Naaldwijk
A. van der Wees	IKC-GB Naaldwijk

Redactie en lay-out: J. Mostert, Proefstation Naaldwijk

- 3 OKT. 1974

wordt niet  
uitgeleend  
BDekker

15n 570922 \*

INHOUD

	Pagina
1. TEN GELEIDE (C. Sonneveld)	11
1.1. Doel	11
1.2. Indeling	11
1.3. Leidraad	11
1.4. Veranderingen	12
2. (KUNST)MESTSTOFFEN (A. van der Wees)	13
2.1. Wat is een meststof	13
2.2. Kunstmeststoffen	13
2.2.1. Algemeen	13
2.2.2. Stikstof	14
2.2.3. Fosfaat	15
2.2.4. Kalium	16
2.2.5. Magnesium	16
2.2.6. Kalkmeststoffen	17
2.2.7. Spoorelementen	18
2.2.8. Mengmeststoffen	19
2.2.9. Langzaamwerkende meststoffen	20
2.2.10. Vloeibare meststoffen	20
2.3. Organische meststoffen	21
2.3.1. De Mestwet	21
2.3.2. Toepassing organische meststoffen	22
2.3.3. Stalmest	23
2.3.4. Kippenmest	23
2.3.5. Afgewerkte champignonmest	23
2.3.6. Dunne mest	23
2.3.7. Cacao-afval kalk	23
2.3.8. Boomschors	24
2.3.9. Stro (gehakseld)	24
2.3.10. Rioolslib	24
2.3.11. Veenprodukten	24
2.3.12. Gewas versnipperen	24
2.4. Kwaliteit van meststoffen c.q. bodemverbeteraars en de wet	25
2.4.1. Wet op meststoffen	25
2.4.2. Afvalstoffen als meststoffen	25
3. CHEMISCH-FYSISCH ACHTERGRONDEN VAN HET GRONDONDERZOEK (C. Sonneveld)	26
3.1. Grondonderzoek	26
3.2. Verdunning bodemoplossing	26



3.3.	Neveneffecten van verdunning	29
3.3.1.	Moeilijk oplosbare zouten	29
3.3.2.	Dilution and valency effect	30
3.3.3.	Relaties met bodemvocht	30
3.4.	Hoeveelheid voedingsstoffen	31
3.5.	Bemesting en analysecijfers	33
4.	VERSCHILLEN BIJ DE BEMESTING VAN GROND EN SUBSTRAAT (C. Sonneveld)	34
4.1.	Wortelvolumen	34
4.2.	Voorraad voedingsstoffen	34
4.3.	Spoorelementen	35
4.4.	Bodemoplossing	35
4.5.	Bufferwerking	36
4.6.	Opname en voorraad	37
4.7.	pH	37
4.8.	Verzouting	38
5.	BEMONSTERING VAN GROND EN SUBSTRAAT (A. van der Wees)	40
5.1.	Monsternamen - algemeen	40
5.2.	Groenteteelt in grond	41
5.3.	Bloemeteelt in grond	42
5.4.	Fruitteelt in de grond	42
5.5.	Potgrond	42
5.6.	Teelten in kunstmatige substraten	42
5.7.	Recirculatiesysteem	43
5.8.	Veensubstraat	43
5.9.	Watermonsters	43
6.	EFFECTEN VAN ZOUT (C. Sonneveld)	44
6.1.	Zout	44
6.2.	Osmotisch effect	44
6.2.1.	Osmotische druk	44
6.2.2.	EC	45
6.2.3.	Zoutgevoeligheid gewassen	45

6.3.	Specifieke effecten	47
6.3.1.	Natrium en chloride	47
6.3.2.	Sodicity	47
6.3.3	Calcium	48
6.4.	Gunstige zouteffecten	49
7.	NAUWKEURIGHEID VAN HET GROND- EN SUBSTRAATONDERZOEK (C. Sonneveld)	50
7.1.	Analysefout	50
7.2.	Monsterfout	50
7.3.	Nauwkeurigheid grondonderzoek	52
7.4.	Nauwkeurigheid substraatonderzoek	53
8.	MINERALENUISHOUDING VAN GLASTUINBOUWBEDRIJVEN (N. van der Burg)	55
8.1.	Bemesting bij verschillend bodemgebruik	55
8.2.	Kunstmestverbruik bij teelt in grond	56
8.3.	Kunstmestverbruik bij teelt in steenwol	57
8.4.	Balansonderzoek	59
9.	GEWASONDERZOEK (C. Sonneveld)	62
9.1.	Analyse	62
9.2.	Variatie in gehalten	62
9.3.	Rassen en gevoeligheid voor overmaat	65
9.4.	Monsternamen	65
9.4.1.	Groenten	66
9.4.2.	Bloemen	66
9.4.3.	Bewaren en vervoer	66
9.5.	Voorbehandeling	66
9.6.	Totaal analyse en plantesap	67
10.	INTERNE KWALITEIT VAN GROENTEGEWASSEN (A. van den Bos)	69
10.1.	Opname	69
10.2.	Bromide	69
10.3.	Zware metalen	71
10.3.1.	Cadmium	71
10.3.2.	Lood	72

10.3.3.	Kwik	73
10.3.4.	Arseen	73
10.3.5.	Invloed pH	74
10.4.	Cesium	74
11.	PLANTENVOEDING, GEBREK- EN OVERMAATVERSCHIJSSELEN (C. de Kreij)	75
11.1.	Algemeen	75
11.2.	Stikstof (N)	76
11.3.	Fosfor (P)	76
11.4.	Kalium (K)	77
11.5.	Magnesium (Mg)	77
11.6.	Calcium (Ca)	77
11.7.	Zwavel (S)	78
11.8.	IJzer (Fe)	78
11.9.	Mangaan (Mn)	78
11.10	Koper (Cu)	79
11.11.	Zink (Zn)	79
11.12.	Borium (B)	79
11.13.	Molybdeen (Mo)	79
12.	CALCIUM (C. de Kreij)	80
12.1.	Gebreksziekten	80
12.1.1.	Neusrot bij tomaat en paprika	80
12.1.2.	Randen van sla en aardbei	83
12.1.3.	Randen van kool	86
12.1.4.	Zwarte harten in bleekselderij	86
12.1.5.	Gebrek in blad van tomaat, komkommer en schutblad van Poinsettia	87
12.2.	Overmaatverschijnselen	87
12.2.1.	Stip bij paprika en goudspikkels bij tomaat	87
12.2.2.	Kelkverdroging bij aubergine	87
12.2.3.	Waterziek bij tomaat	87
12.3	Invloed calcium op smaak en houdbaarheid	88



13.	BETEKENIS ANALYSECIJFERS IN KASGROND (A. van den Bos)	89
13.1.	Onderzoekpakketten	89
13.2.	Basisonderzoek	89
13.2.1.	Organische stof	89
13.2.2.	Koolzure kalk	89
13.2.3.	pH-KCl	90
13.2.4.	P-Al	90
13.2.5.	Afslibbare delen	91
13.3.	Analysecijfers bijmestonderzoek	91
13.3.1.	EC	91
13.3.2.	Natrium en chloride	91
13.3.3.	Voedingselementen	92
13.4.	Facultatieve bepalingen	94
13.4.1.	Bromide	94
13.4.2.	Actief mangaan	94
13.4.3.	Mangaan-water	94
13.4.4.	Borium	95
14.	BEMESTING VOOR TEELTEN IN GROND (ALGEMEEN) (A. van den Bos)	96
14.1.	Bekalken	96
14.2.	Diepte van inwerken	96
14.3.	Klimatologische effecten	97
14.4.	Inspoelen van meststoffen	97
14.5.	Minimalisering bemesting	100
15.	BEMESTEN VIA DE REGENLEIDING (A. van den Bos)	101
15.1.	Apparatuur	101
15.2.	Meststoffen	103
15.3.	Bladverbranding	104
15.4.	Bijmesten	104
16.	BEMESTINGSADVISERING VOOR TEELTEN IN GROND VIA DE COMPUTER (A. van den Bos)	105
16.1.	Principe advisering	105
16.2.	Grondanalysecijfers	105
16.3.	Waardering analysecijfers	106
16.4.	Verhouding voedingselementen in de voedingsoplossing	106

16.5.	Concentratieregeling voedingsoplossing	106
16.6.	Ionenverhoudingen grondanalysecijfers	108
16.7.	Spoorelementen	108
16.8.	Meststoffen	108
16.9.	Bereiding geconcentreerde voedingsoplossing	109
16.10.	Hoge concentratie	109
16.11.	Zouttoestand tijdens de teelt	109
16.12.	Lage N-cijfers	109
16.13.	Ca-dosering	110
16.14.	Uitzonderingssituaties	110
16.15.	Samenvatting uitvoering systeem	110
17.	<b>CHEMISCHE VERANDERINGEN IN DE GROND DOOR STOMEN</b> (C. Sonneveld)	112
17.1.	Mangaan	112
17.1.1.	Effect van stomen	112
17.1.2.	Mangaanvastlegging na stomen	114
17.2.	Stikstof	116
17.2.1.	Directe invloed van stomen	117
17.2.2.	Stikstofhuishouding na het stomen	118
17.3.	Bromide	120
17.4.	Chemische effecten en plantengroei	120
18.	<b>NITRAAT</b> (W. Post)	122
18.1.	Nitraatgehalten in groenten	122
18.2.	Rol van stikstof in de plant	122
18.3.	Invloed van de jaargetijden op het nitraat- gehalte in de plant	123
18.4.	Nitraat in drinkwater	125
19.	<b>BETEKENIS ANALYSECIJFERS BIJ TEELTEN IN SUBSTRAAT</b> (A. van der Wees)	127
19.1.	Analyses substraat	127
19.1.1.	Onderzoekpakketten	127
19.1.2.	pH	128
19.1.3.	EC	128
19.1.4.	Hoofdelementen	129

19.1.5.	Spoorelementen	130
19.2.	Beoordelen/waarderen van de analyseresultaten bij teelten in kunstmatige substraten	132
19.2.1.	Beoordeling per gewas en teeltsysteem	132
19.2.2.	EC(c)	134
19.3.	Globale waardering analysecijfers bij de teelt in venige substraten (1:1,5 extract)	135
19.3.1.	Hoofdelementenonderzoek	135
19.3.2.	Spoorelementenonderzoek	136
20.	BEMESTEN VAN TEELTEN IN VEENSUBSTRAAT (C. de Kreij)	137
20.1.	Vorraadbemesting	137
20.1.1.	Bekalking	137
20.1.2.	Hoofdelementen	139
20.1.3.	Spoorelementen	140
20.2.	Bijmesten	141
20.2.1.	Vorraadbemesting	142
20.2.2.	Soort veensubstraat	142
20.2.3.	Gewas en gewasstadium	142
20.2.4.	Watergeef- en bemestingsmethode	142
20.2.5.	Concentratie in 1:1,5 volume extract	142
21.	VOEDINGSOPLOSSINGEN (W. Voogt)	144
21.1.	Standaardvoedingsoplossing	144
21.2.	Voedingsoplossing per gewas	145
21.3.	Voedingsoplossingen per teeltsysteem	146
21.4.	Voedingsoplossingen bij gesloten teeltsystemen	147
22.	BEMESTING BIJ PLANTENTEELT ZONDER AARDE (W. Voogt)	150
22.1.	Uitgangspunten	150
22.2.	Aanpassing aan de waterkwaliteit	150
22.2.1.	Calcium, magnesium en bicarbonaat	150
22.2.2.	Schemacode	151
22.2.3.	Bijzondere schema's	152
22.2.4.	Schema's voor leidingwater in Het Westland en De Kring	153
22.2.5.	Aanpassingen op spoorelementen	153
22.3.	Richtlijnen voor het bereiden van voedingsoplossingen	153
22.4.	Bemesting tijdens de teelt	155
22.4.1.	EC-waarde	155
22.4.2.	pH-waarde	161
22.4.3.	De voedingsoplossing tijdens de teelt	164



22.5.	Bemesting bij gesloten teeltsystemen	166
22.5.1.	Aanpassingen	166
22.5.2.	Rekenprocedure	168
23.	<b>BEMESTING POTPLANTEN (N. Straver en C. de Kreij)</b>	169
23.1.	Inleiding	169
23.2.	Nutriëntenbalans	169
23.3.	Vorraadbemesting	170
23.4.	Voedingsoplossing	171
23.5.	Bemesting met speciaal doel	172
23.6.	Watergeven	172
23.6.1	Watergeefmanier	172
23.6.2.	Watergeeffrequentie	173
23.6.3.	Verdamping substraatoppervlak	174
23.7.	Soort plant	175
23.8.	Soort substraat	175
23.9.	Klimaat	176
24.	<b>BEMESTINGSADVIES VOOR TEELTEN IN STEENWOL VIA DE COMPUTER (C. Bloemhard)</b>	178
24.1.	Bemestingsadvies	178
24.2.	Analysecijfers	178
24.3.	Waardering analysecijfers	179
24.4.	Voedingsoplossing	179
24.5.	Aanpassing voedingsoplossing	180
24.6.	EC-advisering	181
24.7.	Na- en Cl-advisering	181
24.8.	Waardering en aanpassing pH	181
24.9	Standaard aanpassing	183
25.	<b>SILICIUM</b>	186
25.1	Inleiding	186
25.2	Chemie van silicium	186
25.3	Functie in de plant	187

25.4	Toepassing in tuinbouw	188
25.4.1.	Onderzoek bij komkommer	188
25.4.2.	Onderzoek bij roos	194
25.4.3.	Overige gewassen	195
26.	ADVIESBASIS VOOR WATERKWALITEIT (C. Sonneveld)	197
26.1.	Elektrisch geleidingsvermogen, natrium en chloor	197
26.2.	Stikstof, fosfaat en kali	198
26.3.	Calcium en magnesium	198
26.4.	Sulfaat	198
26.5.	Bicarbonaat	199
26.6.	pH	200
26.7.	IJzer	200
26.8.	Micro-elementen	201
26.8.1.	Borium	201
26.8.2.	Fluor	202
26.8.3.	Zink	202
26.8.4.	Mangaan	202
26.8.5.	Koper	202
26.8.6.	Bromide	203
27.	ORGANISCHE STOFFEN IN HET WORTELMILIEU EN NUTRIENT-OPNAME (C. de Kreij)	204
27.1.	Humus	204
27.1.1.	Chemie van humus	204
27.1.2.	Onderzoekmethoden van humus	205
27.1.3.	Detectie van humusachtige stoffen	206
27.1.4.	Complexen van 'humus'stoffen en nutriënten	206
27.2.	Opname van de complex gebonden nutriënten	208
27.3.	Wortelexydaten	209
27.4.	Conclusies	209
28.	VERDAMPING EN WATERVOORZIENING (R. de Graaf)	210
28.1.	Watergeven en verdamping	210
28.1.1.	Verdamping	210
28.1.2.	Verdamping over lange en korte perioden	212
28.1.3.	Luchtvochtigheid en verdamping	213
28.1.4.	Dampspanningsdeficit	214
28.1.5.	Invloed CO <sub>2</sub> -gehalte op de gewasverdamping	214
28.1.6.	Invloed plantgrootte op de verdamping	215
28.1.7.	Verdamping gedurende de nacht	216
28.1.8.	Invloed van stoken op de gewasverdamping	216

28.2.	Watergift	219
28.3.1	Berekening van de grootte van de waterbehoefte	219
28.2.2.	Watergeefrekenmodel	220
29.	<b>WATERHUISHOUDING BIJ TEELT OP SUBSTRAAT</b> (N. van der Burg)	224
29.1.	Drainagesysteem met vrije drainage	224
29.2.	Waterberging bij de plant	225
29.2.1.	Vochtigheid steenwolmat	226
29.2.2.	Groei beheersen	227
29.2.3.	Vochtmeting van de mat	227
29.3.	Watervoorziening	228
29.3.1.	Capaciteit watergeefstelsel	229
29.3.2.	Druppelaar	229
29.4.	Drain	230
29.4.1.	Automatiseren watergift en controle drain hoeveelheid	230
29.5	Hergebruik drainwater	231
29.6.	Alternatieve systemen	231
29.6.1	Voedingsfilm met recirculatie	231
29.6.2.	Wortelberekening	232
29.6.3.	Substraatbedden	232
29.6.4.	Overige alternatieve systemen	232



## 1. Inleiding **TEN GELEIDE**

### 1.1. **Doel**

In het verleden is door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas herhaaldelijk een cursus over bemesting in de glastuinbouw georganiseerd. De lesstof van deze cursus is in 1985 voor de eerste maal samengebracht in een brochure, getiteld "Bemesting en grondonderzoek in de glastuinbouw". Deze brochure is veel gebruikt als lesstof voor cursussen en scholen en voorziet als zodanig in een belangrijke behoefte.

De ontwikkelingen in de glastuinbouw voltrekken zich snel. Sinds de eerste uitgave hebben belangrijke veranderingen plaats gevonden. De tweede druk werd daarom geheel herzien en waar nodig uitgebreid. Vooral op het gebied van de teelt in substraten zijn veel hoofdstukken gewijzigd en zijn ook nieuwe toegevoegd. De titel van de brochure is aangepast bij het ruimere begrip "plantenvoeding" in plaats van "bemesting" in de glastuinbouw. In de derde druk zijn de hoofdstukken over fysische eigenschappen van substraten komen te vervallen, omdat over dit onderwerp een afzonderlijke brochure is verschenen. Over nitraat in groentegewassen en Si bij teelt in substraten zijn twee hoofdstukken toegevoegd. De brochure is geschreven met het doel algemene informatie te verstrekken over plantenvoeding in de glastuinbouw. Over specifieke onderwerpen zijn veelal aparte brochures of publikaties beschikbaar.

### 1.2. **Indeling**

Deze brochure bevat 29 hoofdstukken over plantenvoeding in de glastuinbouw. Ze zijn zo geschreven dat ze alle afzonderlijk zijn te raadplegen. Bij de bestudering van de stof zou dus min of meer willekeurig te werk gegaan kunnen worden. Toch is getracht een handreiking te doen bij de bestudering door de hoofdstukken enigszins te ordenen.

In de eerste twaalf hoofdstukken worden min of meer algemene basisbegrippen behandeld. Daarna volgen in de hoofdstukken 13-18 onderwerpen over plantenvoeding bij teelten in kasgrond. De hoofdstukken 19-25 gaan over plantenvoeding bij teelten in substraat. Aan het einde worden in de hoofdstukken 26-29 nog enkele onderwerpen behandeld die niet direct de plantenvoeding betreffen, maar daar wel nauw verband mee houden.

### 1.3. **Leidraad**

Bij de bestudering van de stof dient men zich wel bewust te zijn van het feit dat het bemestingsbeleid in de glastuinbouw anders gericht is dan bij teelten in de open grond. Bij laatstgenoemde teelten heeft het bemesten van de grond uitsluitend als doel de plant optimaal te voorzien van de mineralen die voor de groei nodig zijn. Bij teelten onder glas wordt bij de bemesting ook in belangrijke mate rekening gehouden met het feit dat de bodemploosing een bepaalde minimale osmotische waarde moet hebben. Dit houdt verband met de regulatie van de groei van sommige gewassen en met de kwaliteit van de geogoste produkten. Vooral bij de vruchtgroentegewassen in het winterhalfjaar is dit belangrijk. De

gewenste verhoging van de osmotische waarde van de bodemoplossing komt in belangrijke mate tot stand door het toedienen van extra meststoffen. Bij het toedienen van de bemesting speelt de samenstelling van de bodemoplossing dan ook een belangrijke rol.

#### 1.4. Veranderingen

In de glastuinbouw moet het bemestingsbeleid regelmatig worden bijgesteld door veranderingen in teelten en teeltwijzen. Het is te verwachten dat dit ook in de toekomst het geval zal zijn. Vooral nu de eisen ten aanzien van de belasting van het milieu een belangrijke rol spelen, zal dit de nodige aanpassingen in het bemestingsbeleid vragen. De inhoud van deze brochure moet daarom regelmatig worden bijgesteld. Voor suggesties houden wij ons aanbevolen.

## 2. (KUNST)MESTSTOFFEN

### 2.1. Wat is een meststof

De Meststoffenschikking 1977 (uitgave 1991) verstaat onder "Meststof" een stof om aan bodem of aan grond te worden toegevoegd ter instandhouding of vermeerdering van het produktievermogen. Zie ook paragraaf 2.4.

Meststoffen worden verdeeld in anorganische meststoffen (minerale stoffen) en organische meststoffen (dierlijk en plantaardig afval). De anorganische meststoffen worden vaak ten onrechte aangeduid als "kunst"meststoffen. Ze worden vooral aangewend om de chemische vruchtbaarheid van de grond te verhogen of op peil te houden. De organische meststoffen, het afval van de samenleving en sommige venige materialen, worden ook wel aangewend om de fysische bodemvruchtbaarheid te verhogen of in stand te houden.

### 2.2. Kunstmeststoffen

#### 2.2.1. Algemeen

De in de glastuinbouw toe te passen kunstmeststoffen zijn veelal goed oplosbaar. Meststoffen die met het beregeningswater worden toegediend, moeten volledig oplossen. Dit om verstoppingen van het gietsysteem en vervuiling van het te beregenen gewas te voorkomen.

De meeste kunstmeststoffen zijn zouten of mengsels van zouten. Voor een deel worden ze in de vrije natuur aangetroffen. Na eventuele zuivering en/of vermaling gaan sommige direct naar de gebruiker. Andere worden fabrieksmatig uit grondstoffen bereid. Kunstmeststoffen worden in poeder-, kristal-, korrel- of vloeibare vorm geleverd. Bij een slechte oplosbaarheid verdient de poederform de voorkeur. De goed oplosbare vormen worden meestal in kristal- of korrelvorm (gegranuleerd) of vloeibaar geleverd. Sommige meststoffen, speciaal de hygroscopische, worden soms van een wasachtig omhulsel voorzien om vervloeiing of hard worden te voorkomen.

Sommige industrieën maken kunstmeststoffen met een lange werkingsduur. De meststof wordt dan van een coating voorzien of wordt in een speciale bindingsvorm gegoten. Dit zou uitspoelverliezen tot het minimum beperken en bijmesten zou door het langzaam vrijkomen van de voedingsstof weinig of niet meer nodig zijn.

Ook worden tal van zogenaamde mengmeststoffen gefabriceerd. De meeste van deze meststoffen bevatten stikstof, fosfaat en kali; sommigen bevatten ook magnesium. De belangstelling in de glastuinbouw voor zulke mengmeststoffen zal in de komende jaren afnemen. Dit omdat tuinders meer en meer op basis van bijvoorbeeld de waterkwaliteit zelf de meststofmengsels gaan samenstellen.

Het bewaren van kunstmeststoffen dient in vochtvrije ruimten te geschieden. De meest vloeibare vormen dienen vorstvrij, boven circa 5°C, te worden opgeslagen.

### 2.2.2. Stikstof

Stikstof is een van de belangrijkste plantenvoedingsstoffen. De meest voorkomende stikstofmeststoffen staan vermeld in tabel 2.1. Voor vloeibare meststoffen zie ook paragraaf 2.2.10.

Tabel 2.1. Basisgegevens van enkele veel in de glastuinbouw voorkomende meststoffen.

Meststofnaam	Hoofdbestanddelen in element-vorm in gewichtsprocenten					Molaire massa <sub>1</sub>	Volumieke massa <sub>3</sub>	EC-waarde <sup>1</sup> (mS.cm <sup>-1</sup> bij 25°C)
	K	Ca	Mg	N	S	P (g.mol <sup>-1</sup> )	(g.cm <sup>-3</sup> )	
<b>Strooimeststoffen</b>								
Kalkammonsalpeter				27,0				
Stifstofmagnesiameststof (magnesamon)			4,2	22,0				
NP meststof 23+23+0				23,0		10,0		
Patentkali	24,9		6,0		17,0			
Kieseriet			16,3		21,0			
Kieseriet-korrel			15,7		20,7			
Triple superfosfaat						20,0		
Superfosfaat					12,6	8,3		
Dubbel kalkfosfaat (F-arm)					20,0			
<b>'Oplosmeststoffen'</b>								
Ureum				46,0		60		
Kalksalpeter	19,0			15,5		(216) <sup>3)</sup>		1,24
Zwavelzure ammoniak				21,0	24,2	132,1		1,90
Kalisulfaat	44,8				17,0	174,3		1,54
Kalibicarbonaat	39,0					100,1		
Kalisalpeter	38,2			13,0		101,1		1,35
Mono kalifosfaat	28,2					22,3	136,1	0,68
Mono ammoniumfosfaat				12,0		26,2	115,0	0,86
Bitterzout			9,9		13,0		246,4	0,94
Calciumhydroxide		53,9					74,1	
Ammoniumnitraat vlb <sup>2)</sup>				18,0		(156)	1,25	0,86
Magnesiumnitraat vlb <sup>2)</sup>			6,1	7,0		(400)	1,35	0,54
Calciumnitraat vlb <sup>2)</sup>	12,5			8,7		(320)	1,50	0,63
Kalimetasilicaat vlb <sup>2)</sup>	25,4		(9,1% Si)			(308)	1,62	

1) EC-waarde = verhoging van de geleidbaarheid (EC) van een oplossing door toevoeging van 1,0 gram van die meststof per liter.

2) vlb = vloeibaar

3) Berekend als 1 mol Ca, 2,2 mol NO<sub>3</sub>, 0,2 mol NH<sub>4</sub>.

In de stikstofbindingsfabrieken wordt stikstof uit de lucht gebonden aan waterstof. Hierbij wordt ammoniak gevormd. Dit is de grondstof voor de meeste meststoffen. Zo wordt ureum gefabriceerd uit ammoniak en koolzuurgas en salpeterzuur door oxyderen van ammoniak. Salpeterzuur gevoegd bij ammoniak levert de verbinding ammoniumnitraat op. Omdat ammoniumnitraat explosief, brandgevaarlijk en hygroscopisch is, voegt men er in ons land kalkmergel aan

toe en ontstaat de meststof kalkammonsalpeter. Door kalkmergel te laten reageren met salpeterzuur kan men kalksalpeter laten ontstaan. Deze methode wordt echter niet toegepast om kalksalpeter te bereiken. Deze meststof is een 'bijproduct' van de mengmeststoffen industrie. Zwavelzure ammoniak was de eerste ammoniummeststof die fabrieksmatig werd geproduceerd. Nu is deze meststof een bijproduct van de nylonindustrie.

Stikstof kan in verschillende vormen worden aangewend, bijvoorbeeld als nitraat of als ammonium. Ammoniumhoudende meststoffen beïnvloeden de pH van de grond of het substraat. In kassen verloopt onder normale omstandigheden de omzetting van ammoniumstikstof naar nitraatstikstof (nitrificatie) vrij snel en geeft het een lichtzure reactie. Na het stomen van de grond kan de nitrificatie tijdelijk stagneren.

De ammoniumstikstof kan worden gebonden aan het adsorptiecomplex en spoelt dan niet zo gemakkelijk uit. Deze stikstofvorm kan ook direct door de plant worden opgenomen. Vergiftiging van de plant door ammoniak is hierbij niet uitgesloten. Dit is vooral van belang bij de substraatteelten omdat vastlegging en nitrificatie dan slechts in geringe mate plaatsvindt. De ammoniumstikstof kan ook vervluchtigen wat in gesloten kassen gemakkelijk tot ammoniakschade (verbranding) kan leiden.

De stikstofmeststoffen in nitraatvorm worden nauwelijks door het adsorptiecomplex gebonden en zijn daardoor zeer geschikt om mee bij te mesten, vooral als er stikstoftekorten dreigen te ontstaan.

In de meststof ureum komt de stikstof voor in de amidevorm ( $\text{NH}_2$ ). In de grond wordt deze stikstof omgezet tot ammoniumstikstof en vervolgens tot nitraatstikstof. Ureum geeft aanvankelijk een basische werking maar uiteindelijk een zure. Volgens de scheikundige terminologie is het een organische meststof. Het lost goed op in water, maar ioniseert niet.

Salpeterzuur is een belangrijke 'stikstof leverancier'. Het wordt voornamelijk toegepast in substraatcultures ter neutralisatie van het bicarbonaat dat aanwezig is in sommige soorten gietwater.

### 2.2.3. Fosfaat

Fosfaatverbindingen worden in grote hoeveelheden in de vrije natuur aangetroffen (onder andere Marokko, Algiers). Dit zijn de zogenaamde ruwe fosfaten, die slecht in water oplossen. Door er na winning fosforzuur of zwavelzuur aan toe te voegen, ontstaan triple superfosfaat, respectievelijk superfosfaat. Deze laatste meststof is gipshoudend. Doordat de meeste natuurfosfaten fluorhoudend zijn (3 à 4% F), zijn ook de hiervan afgeleide meststoffen fluorhoudend, ook de mengmeststoffen. Fluor kan vooral bij veel monocotyle gewassen schade veroorzaken (bladverbranding). Het gewas freesia staat hierom bekend door het tonen van verbrande bladpunten. Enkele veel voorkomende fosfaat(houdende) meststoffen zijn in tabel 2.1. weergegeven. Voor vloeibare meststoffen zie paragraaf 2.2.10.

Doordat superfosfaat en triple superfosfaat bereid worden met een overmaat aan zuur, is de werking van deze meststoffen in een oplossing enigszins zure. In de grond echter is de werking ongeveer neutraal.

Dubbelkalkfosfaat is een fluorarme fosfaatmeststof, afkomstig uit

de veevoederindustrie en bij uitstek geschikt als fosfaat moet worden gegeven voor de teelt van fluorgevoelige gewassen. Let bij de aanschaf van deze meststof op de garantie "fluorarm".

Beendermeel heeft als fosfaatmeststof de eigenschap de fluor in de grond te binden en is derhalve een geschikte meststof op 'fluorverrijkte' gronden.

Thomasslakkenmeel is een vrij complexe meststof. Het bevat naast flinke hoeveelheden fosfaat en calcium een kleine hoeveelheid magnesium en een aantal spoorelementen, maar geen fluor. Vanwege de slechte oplosbaarheid van Thomasslakkenmeel wordt dit produkt zeer fijn vermalen (poedervorm). Alleen op zure gronden is dit produkt goed bruikbaar.

Monokaliumfosfaat is een vrij dure meststof met twee zogenaamde waardegevende bestanddelen. Het is naast fosforzuur de fosfaatmeststof in de substraatteelt. Beide stoffen worden tegenwoordig meestal als "fluorarm" in de handel gebracht.

Het bijmesten met fosfaatmeststoffen sorteert weinig effect. Door neerslaan of adsorptie dringt fosfaat namelijk nauwelijks in de bodem. Werk een fosfaatmeststof zo mogelijk altijd door de grond. Door de residuwerking van fosfaat geldt vaak hoe ouder de grond, hoe rijker deze aan fosfaat is.

#### 2.2.4. Kalium

Kalium wordt in mijnbouw gewonnen (ruw kalizout). Het ruwe kalizout is zeer onzuiver en bevat vooral veel chloride. Door zuivering en omzetting worden hieruit de voor tuinbouw geschikte kalimeststoffen geproduceerd. Kalizout 60 (KCl) wordt onder glas vrijwel niet gebruikt. Enkele in de glastuinbouw gebruikte kalimeststoffen worden vermeld in tabel 2.1. De werking van deze kalimeststoffen is ongeveer neutraal tot zwak zuur. Voor de vloeibare vormen zie paragraaf 2.2.10.

Aan kali-fixerende gronden die onder glas komen, moeten de eerste jaren vrij grote giften kali worden gegeven (10-15 kg K per are). In dergelijke gevallen stijgt het K-watercijfer, verkregen via grondonderzoek, nauwelijks.

Kalisalpeter is een meststof met twee waardegevende bestanddelen: stikstof en kali. Voor de glastuinbouw is kalisalpeter een aantrekkelijke en veel gebruikt meststof, die voornamelijk als bijbemesting en bij teelten in substraat wordt toegepast.

Patentkali, een dubbelzout, wordt voornamelijk toegepast bij de voorraadbemesting. Het bevat naast kalium ook magnesium en sulfaat.

#### 2.2.5. Magnesium

De belangrijkste magnesiummeststoffen voor de glastuinbouw staan in tabel 2.1. De werking van deze magnesiummeststoffen is ongeveer neutraal. Kieseriet is een bijprodukt van de kali-industrie.

Bitterzout is het chemische zuivere magnesiumsulfaat, het bevat relatief veel kristalwater. Het is goed oplosbaar en in tegenstelling tot kieseriet geschikt voor bemesting via de regenleiding en voor bladbespuiting. Magnesiumnitraat, ook wel aangewend als stikstofmeststof, is sterk hygroscopisch en daarom alleen in vloeibare vorm op de markt gebracht. Het wordt uit Israël geïmporteerd en voornamelijk toegepast bij de teelt in substraat.

Veel kalkmeststoffen bevatten het slecht oplosbare magnesiumcarbonaat. Het is het magnesiumleverende bestanddeel van onder andere stikstof-magnesiummeststof (magnesamon).

### 2.2.6. Kalkmeststoffen

De grondstof voor de kalkmeststoffen is koolzurekalk. In ons land wordt deze grondstof in grote hoeveelheden aangetroffen bij Winterswijk en in Limburg. Het meststoffenbesluit deelt de kalkmeststoffen in bij de bodemverbeterende middelen. De bemesting met deze produkten is gericht op de verhoging van de pH en op de verbetering van de structuur. In tabel 2.2. worden de meest belangrijke kalkmeststoffen voor gebruik in kassen weergegeven.

Tabel 2.2. Enkele kalkmeststoffen.

Naam en voornaamste bestanddelen	ZBW
Koolzure magnesiakalk $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$	ruim 50 3-11 % Mg
Koolzure (landbouw) kalk $\text{CaCO}_3$	53
Kalkmergel $\text{CaCO}_3$	35
Landbouwpoederkalk $\text{Ca}(\text{OH})_2$	60
Schuimaarde $\text{CaCO}_3 + \text{organische stof}$	circa 20

Kalkmengsel is grof gezeefde, niet gedroogde koolzure kalk. De overige kalkmeststoffen worden wel gedroogd en vermalen en zijn dus fijner. De fijnheid van kalkmeststoffen is bepalend voor de werking, hoe fijner hoe beter. De wet op meststoffen (Meststoffen Beschikking) stelt bepaalde eisen aan die fijnheid.

Wordt aan de benaming van kalkmeststoffen toegevoegd "van Dolomiet" dan moeten er garanties gegeven worden ten aanzien van het magnesiumgehalte. De magnesium die in de kalkmeststoffen voorkomt of is toegevoegd, is aan carbonaten gebonden en dus slecht in water oplosbaar.

Landbouwpoederkalk is met water behandelde gebrande koolzure kalk. Het heeft een snelle werking en wordt meestal curatief gebruikt (dus niet gebruiken voor een onderhoudsbekalking).

Schuimaarde is een bijproduct van de suikerindustrie. Het wordt gedroogd en ongedroogd geleverd. In de glastuinbouw wordt dit materiaal niet veel gebruikt. Het eerder bij de fosfaatmeststoffen genoemde Thomasslakkenmeel kan min of meer ook gezien worden als een kalkmeststof.

2.2.7. Spooelementen

Bij de teelt in substraat is het toevoegen van spooelementen noodzakelijk. Bij teelten in grond is het toevoegen van spooelementen minder noodzakelijk. De meeste van deze elementen komen in voldoende mate in de grond voor of worden met het oppervlaktewater toegevoegd. Bij gebruik van boriumarm water zoals regenwater, leidingwater en soms ook bronwater is het gewenst voorbehoedend bij te mesten met borium. Een vuistregel voor de hoeveelheid die hierbij gehanteerd kan worden: 1 kg borax per ha per maand. In tabel 2.3. staan een aantal spooelementenmeststoffen die vooral bij de teelt in substraat worden toegepast.

Tabel 2.3. Enkele belangrijke spooelementenmeststoffen.

Naam	Waardegevende bestanddelen in %	Opmerkingen
IJzerchelaat EDTA	Fe)	Werkzaam tot pH 6
IJzerchelaat DTPA	Fe) 3 tot 13 <sup>1)</sup>	" " " 7,5
IJzerchelaat EDDHA	Fe)	" " " 12
Borax	B 11	
Mangaansulfaat	Mn 32	
Zinksulfaat (7 aq)	Zn 23	
Kopersulfaat	Cu 25	
Natriummolybdaat	Mo 40	
	Mg Cu B Co Zn Mn Mo Fe(DTPA)	
Sporumix A	15 1,2 0,07 0,05	0,02
Sporumix B	15 0,7 0,6 0,05	0,02
Microsol Rood vlb <sup>2)</sup>	0,03 0,19	0,24 0,5 0,05 0,6

1) Gehalte afhankelijk van fabrikant en vorm (poeder of vloeibaar).

2) Niet mengen met kalksalpeter (in geconcentreerde vorm).

Bij het gebruik van spooelementenmeststoffen is voorzichtigheid geboden. Overdosering is snel bereikt en de schade kan dan ernstiger zijn dan het vermeende gebrek (bijvoorbeeld B-overmaat). Overvloedige bemesting met ijzerchelaten kan mangaangebrek induceren. De werkzaamheid van de ijzerchelaten hangt in hoge mate af van de pH in het wortelmedium waaraan het wordt toegevoegd. Bij teelten in grond is men hierdoor dus al gauw aangewezen op het EDDHA-chelaat (zie tabel). Sommige chelaten worden tegenwoordig in vloeibare vorm afgeleverd; achter de naam staat dan meestal de afkorting vlb. Vrij grote hoeveelheden aan spooelementen worden bij gebruik van organische meststoffen zoals stalmest, kippenmest, champignonmest, enzovoort aan de grond toegevoegd. Het gebruik van deze organische meststoffen neemt de laatste jaren om verschillende redenen af, of vindt niet meer plaats. Hierdoor kan de spooelementenvoorziening van kasgronden weleens in het gedrang komen. Meer informatie ten aanzien van de spooelementenvoorziening bij teelten in substraat wordt in aparte hoofdstukken daarover gegeven.



### 2.2.8. Mengmeststoffen

De industrie brengt een groot aantal mengmeststoffen in de handel. Voor de glastuinbouw zijn alleen de chloorarme meststoffen van belang. De aanduiding van deze meststoffen geschiedt door 3 of 4 door + gescheiden getallen. De betekenis van deze getallen is achtereenvolgens %N + %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + %K<sub>2</sub>O + eventueel %MgO. De omrekening van de oxidevorm (K<sub>2</sub>O, MgO, enzovoort) naar de elementvorm (K, Mg, enzovoort) staat in tabel 2.4. De stikstof in deze mengmeststoffen komt vaak in meerdere vormen voor NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub> en NH<sub>2</sub>.

Tabel 2.4. Omrekeningsfactoren om van de oxidevorm naar de elementvorm en omgekeerd te rekenen.

NO <sub>3</sub> x 0,226 - N	N x 4,426 - NO <sub>3</sub>
NH <sub>4</sub> x 0,776 - N	N x 1,288 - NH <sub>4</sub>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> x 0,436 - P	P x 2,292 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
K <sub>2</sub> O x 0,830 - K	K x 1,205 - K <sub>2</sub> O
CaO x 0,715 - Ca	Ca x 1,399 - CaO
MgO x 0,603 - Mg	Mg x 1,658 - MgO
SO <sub>4</sub> x 0,334 - S	S x 2,996 - SO <sub>4</sub>
SO <sub>3</sub> x 0,40 - S	S x 2,497 - SO <sub>3</sub>

Enkele veel voorkomende mengmeststoffen geschikt om via het beregningswater te doseren zijn:

Sulfaatarm (max. 3-6 %S)	Sulfaathoudend
19+6+19+7	17+6+17 en 17+6+18
15+6+30+4	15+3+15+5 en 15+0+15+5
18+18+18	13+3+26+6 en 13+0+26+6
18+12+24	12+4+24+6

Enkele mengmeststoffen die niet geschikt zijn om via het beregningswater te doseren zijn:

Sulfaatarm	Sulfaathoudend
23+23+0 (fosfaatammonsalpeter)	7+14+28
16+10+20 (4,4 %S)	15+15+15
	12+10+18
	14+14+14

Mengmeststoffen die speciaal voor de teelt in substraat zijn ontwikkeld:

- \* Nutriflora-t; 2+11+40+5 + spoorelementen (gebruiken in combinatie met kalksalpeter volgens voorschriften de fabrikant).
- \* 12+14+24 + spoorelementen. Speciaal voor potgronden als voorraadbemesting.

### 2.2.9. Langzaamwerkende meststoffen

Gold-N, Nitroform en Floranid zijn merknamen van langzaamwerkende meststoffen. Gold-N is ureum, dat omhuld is door een zwavelhuidje (coating). De ureum komt alleen vrij in vochtige grond. Nitroform en Floranid bestaan uit moeilijk aantastbare ureumverbindingen (ureumformaldehyde, ureumhars, en dergelijke). Het vrijkomen van de stikstof hieruit wordt bevorderd door een hoge temperatuur, een hoge vochtigheid en een lage pH.

Osmocote en Nutricote zijn merknamen van enkelvoudige of samengestelde meststoffen met uiteenlopende werkingsduur. Het principe bij deze meststoffen is weer een coating, in dit geval een soort membraan. Na uitstrooien of doorwerken in de grond vult de omhulde korrel zich met bodemvocht waarna de voedingsstoffen door diffusie vrijkomen. De snelheid van dit vrijkomen is afhankelijk van de gebruikte membraansoort en temperatuur.

FTE (Fritted trace elements) meststoffen geven één of meer sporelementen 'gebakken in een kleimineraal' langzaam vrij.

Al de genoemde langzaamwerkende meststoffen hebben gemeen dat als ze in normale hoeveelheden worden toegediend aan grond of potgrond het totale zoutgehalte hiervan niet onmiddellijk verhogen.

Tenslotte behoren de gedroogde organische meststoffen en organische mengmeststoffen ook tot de langzaamwerkende meststoffen. Als organische bemesting hebben deze meststoffen nauwelijks waarde. Wel hebben ze plantenvoedende waarde, die echter soms duur wordt betaald. De stikstof in organische meststoffen komt hoofdzakelijk voor in eiwitvormen. Onder invloed van bacteriën in de grond wordt deze organisch gebonden stikstof omgezet tot uiteindelijk nitraat. De snelheid van omzetting hangt af van de aard van de eiwitvorm en de activiteit van de bacteriën. Bij snelle omzetting naar ammoniak is er kans op verbranding van het gewas. Van de organische meststoffen hebben er twee een stikstofgehalte van circa 12%, te weten bloedmeel en ledermeel. Van de overige meststoffen is het stikstofgehalte belangrijk lager en ligt in de regel tussen 3 en 5%.

Sommige gedroogde organische meststoffen kunnen door fabrieksmatige be- en verwerking verrijkt zijn met milieu-onvriendelijke stoffen (zware metalen en dergelijke). Deze stoffen komen uiteindelijk in bodem- en oppervlaktewater terecht en kunnen daar de nodige problemen geven (zie ook paragraaf 2.4.).

### 2.2.10. Vloeibare meststoffen

Vooral bij de teelt in substraat neemt de toepassing van vloeibare meststoffen sterk toe. Enkele belangrijke redenen zijn: geen gesjouw meer met zware zakken met meststof en de mogelijkheid tot een vergaande automatisering. Een nadeel is de soms vrij hoge investering voor de opslag en de verwerking van de meststoffen. Er zijn meerdere fabrikanten die een 'totaalpakket' aan vloeibare meststoffen op de markt brengen. We spreken hier van een 'totaalpakket', omdat per fabrikant meerdere afzonderlijke vloeistoffen worden gemaakt die in bepaalde combinatie met elkaar de gewenste voedingsoplossing leveren.

Vloeibare meststoffen zijn meestal sterk zure of sterk basische vloeistoffen. Bij de opslag en de verwerking van deze stoffen moet

hier terdege rekening mee worden gehouden. Ze hebben een agressieve werking bij contact met zowel mens als materiaal. Vloeibare meststoffen worden meestal aangeduid door achter de meststofnaam vlb (= vloeibaar) te plaatsen, bijvoorbeeld ammoniumnitraat vlb. De hoeveelheid te gebruiken vloeistof (= meststof) wordt meestal in kg en liter vloeistof opgegeven.

In deze brochure wordt niet verder ingegaan op de specificaties van de vloeibare meststoffen. De fabrikanten kunnen op aanvraag alle gewenste informatie leveren, zoals opslag, verwerking, produktsamenstelling enzovoort. Meer informatie staat ook vermeld in brochure no. 10 uit de serie Voedingsoplossingen Glastuinbouw.

### 2.3. Organische meststoffen

Organische meststoffen verhogen bij regelmatige toediening het gehalte aan organische stof in de grond. Dit gehalte is medebepalend voor de structuur van de grond. Een regelmatige organische bemesting zal doorgaans de vochthoudendheid van de grond verhogen, de slempgevoeligheid verminderen en de bewerkbaarheid van de grond verbeteren. Verder heeft organische bemesting invloed op de chemische bodemvruchtbaarheid. Organische bemesting verhoogt soms ook het aantal micro- en macro-organismen in de grond.

Bij de vertering van organisch materiaal komt CO<sub>2</sub> vrij. Speciaal onder glas kan dit van betekenis zijn, omdat deze CO<sub>2</sub> aanzienlijk kan bijdragen in de verhoging van het CO<sub>2</sub>-gehalte van de kaslucht. In het verleden werd hiervan bijvoorbeeld bij de komkommerteelt op stro gebruik gemaakt.

#### 2.3.1. De Mestwet

Het gebruik van dierlijke meststoffen is sinds 1986 geregeld in het Besluit gebruik dierlijke mest. Per ha (10.000 m<sup>2</sup>) mag jaarlijks niet meer dan 125 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (54,5 kg P) in de vorm van bijvoorbeeld stalmest of iets dergelijks worden gegeven. Dit komt ongeveer overeen met een stalmestgift van zo'n 330 kg per are (tabel 2.5.). Voor de overige organische meststoffen treedt per 1 januari 1993 het Besluit overige organische meststoffen (BOOM) in werking. De regels die hieruit voortvloeien hebben vooral betrekking op gehalten aan zware metalen in die meststoffen. In tabel 2.5. staan voor een aantal organische meststoffen de maximaal toelaatbare giften in tonnen per ha per jaar. Tevens is in kg weergegeven hoeveel organische stof, stikstof, fosfaat, kali, cadmium, koper, lood en zink wordt aangevoerd bij de maximaal toelaatbare gift.

Onderzoek naar de chemische samenstelling van organische meststoffen kan plaatsvinden op het Rikilt te Wageningen (speciaal voor de handel en bij geschillen) en bij het Bedrijfslaboratorium (BLGG) te Oosterbeek.

Bij het afleveren van dierlijke meststoffen moeten afleveringsbewijzen worden overlegd. Bewaar deze bewijzen minimaal twee jaar. Bij controle moeten ze getoond kunnen worden.

Tabel 2.5. Maximaal toegestane dosering van dierlijke mestsoorten, compostsoorten en zuiveringsslib.

Mestsoort	Toegestane gift *) (ton/ha/jr)	AANVOER (per ha per jaar)							
		org. stof (kg)	N (kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg)	K <sub>2</sub> O (kg)	Cad- mium (g)	Ko- per (g)	lood (g)	zink (g)
Runderdrijfmest	69	2100	304	125	380	2	208	76	347
Varkendrijfmest	32	805	208	125	218	2,3	703	22	1222
Kippedrijfmest	12	720	127	125	73	1,3	216	7	767
Vaste rundveemest	33	2300	182	125	116	2	223	82	372
Droge kippemest	4,4	820	107	125	98	1,6	251	?	903
Champignonmest	6	2088	119	91	169	3,1	300	120	810
GFT-compost	6	1080	72	36	60	4,6	252	690	1128
Heidecompost	6	1870	26	8	3	3,3	72	420	402
Boomschorscompost	3	1495	39	6	9	8,1	30	99	564
Compost van:									
- plantsoenafval	6	505	60	24	66	3,6	168	570	636
- bermmaaisel	6	1045	150	55	55	3,3	204	342	858
- glasgroenteafval	3	700	49	35	112	3,6	78	93	1380
- huish. afval (VAM)	3	520	33	18	21	6	360	1350	1800
RWZI-slib	2	650	118	120	96	6,4	886	482	2362

\*) De dierlijke mestsoorten zijn uitgedrukt in tonnen 'nat' produkt. Compost en slibsoorten zijn uitgedrukt in tonnen droge stof.

### 2.3.2. Toepassing organische meststoffen

Kenmerkend voor de toepassing van organische mest is, dat het om grote hoeveelheden gaat. Hierdoor zijn de kosten en de benodigde arbeid niet geheel te verwaarlozen. De prijs van organische meststoffen wordt opgegeven per m<sup>3</sup> of per 1.000 kg (in dit laatste geval moet het vochtgehalte bekend zijn).

De keuze van de soort en de hoeveelheid is afhankelijk van de mestwet, het doel, de verwerking en soms de prijs. Een gefundeerd advies is meestal moeilijk te geven, omdat het effect van de toepassing moeilijk is te meten. Vaak wordt het wel of niet toepassen van organische mest bepaald door de gewoonte van de tuinder of van de streek.

Bij lage gehalten aan organische stof van de kasgrond (minder dan 2 à 3%) is extra toediening raadzaam. Dit geldt niet voor duinzandgronden met grondwaterstand op circa 60 cm. Een te sterke verhoging van het organische-stofgehalte in deze gronden werkt namelijk verdichtend waardoor ze ondoorlatend worden.

Afgezien van speciale doeleinden zoals bij broeimateriaal, wordt een organische bemesting in het algemeen oppervlakkig toegediend. Op zand is dat soms dieper in verband met het zouteffect, op klei ondieper in verband met anaërobie.

De opbrengstverhoging door toepassing van organische mest, die gemiddeld enkele procenten bedraagt, kan uiteenlopen van 0-15%. In nieuwe kassen wordt een gunstiger, in oude kassen geen of slechts gering gunstig resultaat verkregen. Vooral komkommer op nieuwe grond reageert gunstig.

Teveel organische stof kan de structuur van de grond danig vernoeien. In gebieden waar veel komkommers of rozen zijn geteeld kan men daar voorbeelden van vinden (duinzandgronden).

Veel van de organische stoffen, die tuinders graag gebruiken, zijn afvalprodukten van industrieën (waaronder bio-industrieën). Het is goed te beseffen dat deze industrieën in toenemende mate zullen gaan betalen om hun afvalstoffen kwijt te raken. De prijs die een tuinder moet betalen wordt nu reeds in feite geheel bepaald door de transportkosten (zie ook paragraaf 2.4.).

### 2.3.3. Stalmest

Bij stalmest kan men onderscheiden: koe-, varkens- of paardemest, de mest kan oud of vers zijn, stro-rijk of stro-arm. Het gebruik ervan is aan wettelijke regels gebonden (zie tabel 2.5.). Stalmest bevat soms aardappels of aardappelschillen en kan via deze resten een bron zijn van het gevreesde aardappel-X-virus bij tomaat. Daarom gaan steeds meer tuinders de stalmest toedienen vóór het stomen van de grond. De hoge temperatuur doodt het virus.

### 2.3.4. Kippenmest

Kippenmest kennen we 'vers' en 'gedroogd' (duur). Ook kunnen worden onderscheiden: pure kippenmest of mest gemengd met turfmoel of met zaagsel (kippenstrooiselmest). Kippenmest is rijk aan voedingsstoffen waarvan het gehalte sterk kan variëren. Het gevaar voor een te hoog gehalte en voor ammoniakverbranding is aanwezig. Het jaarlijks gebruik ligt bij kippenmest op circa 100 kg per are, mits niet gedroogd.

### 2.3.5. Afgewerkte champignonmest

Dit is een korte, rulle gemakkelijk uitstrooibare mest. Het bevat naast de met schimmeldraden doorgroeide mest ook dekaarde. Deze laatste wordt meestal samengesteld uit veen en klei. Het heeft een trage en relatief geringe meststofwerking, die vooral van kali van betekenis is. De mest heeft een pH verhogend effect!

### 2.3.6. Dunne mest

Dunne mest (drijfmest) is een mengsel van vaste en vloeibare uitwerpselen. Als een loonbedrijf wordt ingeschakeld, werkt gebruik van dunne mest arbeidsbesparend. De dunne mest wordt dan met tankwagens aangevoerd en ter plaatse in het warehouse verspoten. Jaarlijkse toediening: 500 à 800 liter per are. Het organische stofgehalte en de voedende waarde zijn ongeveer de helft van die van stalmest. Voor de werking zijn stikstof, fosfaat en kali van betekenis. Ook op het gebruik van deze mest is de Mestwet van toepassing (maximaal 1,25 kg  $P_2O_5$  per are).

### 2.3.7. Cacao-afval kalk

Cacao-afval kalk is een fabrieks(afval)produkt. Het bevat veel koolzure kalk. Het materiaal kan vers zijn (vergift!) of oud (gebroid). Naast een invloed op de organische-stofvoorziening en op andere voedingselementen is vooral de kalkwerking van betekenis.

### 2.3.8. Boomschors

Dit afvalprodukt van de papierindustrie kan vers of gecomposteerd zijn. Als verse schors wordt gebruikt moet wat extra stikstof, voor de vertering, worden gegeven. Boomschors is meestal mangaanhoudend. Het kan op zure gronden problemen met mangaanovermaat oproepen. Boomschors valt onder de regels van BOOM.

### 2.3.9. Stro (gehakseld)

Dit materiaal heeft als organische stof een vrij korte werkingsduur. De vertering van stro vraagt relatief veel stikstof: 2 à 3 kg kalkammonsalpeter per 100 kg stro. Deze stikstof komt op termijn weer vrij! Een gift aan stro ligt per are tussen de 100 à 150 kg.

### 2.3.10. Rioolslib

Rioolslib werd in het verleden wel toegepast, soms gemengd met andere materialen. Thans moet het gebruik ervan sterk worden afgeraden in verband met het gehalte aan zware metalen, in het bijzonder cadmium. Voor stadsvuil-compost geldt dit mogelijk ook, hoewel van dit produkt minder bekend is. Op dit materiaal is ook BOOM van toepassing.

### 2.3.11. Veenprodukten

Enkele veel toegepaste veenprodukten zijn turfmolm en tuinturf. Ze bevatten weinig of geen voedingsstoffen en werken verzurend.

- Baggerveen kan kalkrijk zijn. Turfmolm en tuinturf kwamen vroeger uit de oostelijke veengebieden (Drente en De Peel), maar tegenwoordig uit het buitenland. Baggerveen kwam uit het westen (bijvoorbeeld Vinkeveen).

- Turfmolm wordt gemaakt van het weinig verteerde witveen, het bovenste deel van het veenpakket.

- Tuinturf ontstaat door het doorvriezen van sterk verteerd zwartveen, het onderste deel van het veenpakket.

Bij regelmatig gebruik van oligotroof veen verzuurt de grond. Extra bekalking kan dit voorkomen. De combinatie: kalk + oligotroof veen werkt boriumgebrek in de hand.

### 2.3.12. Gewas versnipperen

Soms worden afgedragen gewassen na de teelt versnipperd. Dit is een vorm van organische-stofvoorziening. Bij een onderzoek op twaalf tomatenbedrijven bleek dat het versnipperen van het gewas overeen kwam met een gift van gemiddeld ruim 400 kg stalmest voor wat betreft organische stof. Bij komkommer werd gevonden dat het afgedragen gewas van 1 are is te vergelijken met 200 à 250 kg stalmest.

Versnipperd gewas is relatief rijk aan kali en chloride. Stikstof dient extra te worden gegeven, omdat er enige vastlegging door vertering optreedt. Deze stikstof komt later weer voor de plant beschikbaar.

## 2.4. Kwaliteit van meststoffen c.q. bodemverbeteraars en de wet

### 2.4.1. Wet op meststoffen

Meststoffen die in ons land verhandeld en vervoerd worden, moeten voldoen aan een door de overheid opgestelde Meststoffenbeschikking. In deze beschikking zijn eisen opgenomen waaraan een meststof of bodemverbeteraar minimaal en/of maximaal moet voldoen. De eisen hebben voornamelijk betrekking op organische stofgehalten en andere waardegevende bestanddelen van meststoffen en niet zozeer op de schadelijke bestanddelen ervan.

In de meststoffenbeschikking staat wel beschreven dat meststoffen bij juist gebruik geen nadelige effecten mogen hebben op de bodem en de gewassen en ook niet op mens en dier. Maar meststoffen kunnen soms stoffen bevatten die pas op lange termijn of bij hoge doseringen nadelige effecten sorteren. Denk hierbij aan zware metalen, PCB's en dergelijke. De Meststoffenbeschikking heeft hiertoe nog geen wettelijke maximum eisen opgesteld. Op termijn komen deze er wel.

### 2.4.2. Afvalstoffen als meststoffen

Als er afvalstoffen als meststoffen of bodemverbetering worden aangewend moet de gebruiker zelf op de kwaliteit ervan letten. Als de grond verontreinigd raakt door gebruik van genoemde stoffen zijn de gevolgen voor rekening van de gebruiker. Deze gevolgen kunnen zijn: schoonmaken of afgraven van de grond of een verbod op het verbouwen van bepaalde gewassen. Ook kan het gevolgen hebben bij verkoop of aankoop van de grond. Grond met bijvoorbeeld veel fosfaat, zware metalen, dioxine enzovoort is minder waard dan schone grond. Anders gezegd: de vrijheid die er nu nog is om bepaalde stoffen te gebruiken is geen vrijwaring voor de gevolgen ervan. Wees daarom zeer kritisch bij het gebruik van allerlei meststoffen, met name afvalstoffen. Vraag ernaar of aan te tonen is dat het produkt nu of op termijn geen problemen zal opleveren. Als hier geen bevredigend antwoord op komt moet dit soort produkten niet worden gebruikt. In plaats van te bemesten kan er sprake zijn van storten en wordt waarschijnlijk de Wet Bodembescherming overtreden.

Onlangs heeft de overheid besloten dat de straffen, die staan voor milieuvervuiling, sterk omhoog gaan. Een verkeerd meststoffengebruik kan dus vervelende gevolgen hebben.

### 3. CHEMISCH-FYSISCH ACHTERGRONDEN VAN HET GRONDONDERZOEK

#### 3.1. Grondonderzoek

Bij het chemisch grondonderzoek voor de glastuinbouw wordt getracht de beschikbaarheid van voedingselementen en de concentratie aan zouten in het wortelmilieu in cijfers uit te drukken. Soms is namelijk de hoeveelheid van een bepaald voedingselement die voor de plantewortel beschikbaar is, bepalend voor de opname van dat element en de reactie van het gewas. In andere gevallen is de concentratie van een bepaald voedingsion in het wortelmilieu meer bepalend voor die reactie.

Belangrijk voor de opname is vaak ook de onderlinge verhouding van de kationen of anionen. Verder komt het voor dat de concentratie van een ander ion in het wortelmilieu een grotere invloed heeft op de opname van een voedingsion dan de concentratie of hoeveelheid van dit ion zelf. Veelal spelen combinaties van de genoemde factoren een rol bij de reactie van het gewas op een bepaalde chemische toestand in het wortelmilieu.

In de glastuinbouw wordt bij het grondonderzoek met waterige extracties gewerkt, omdat wordt geteeld bij een hoge voedingstoestand van de grond. Naast de gehalten aan de verschillende voedingsstoffen is ook het totale gehalte aan ionen in het wortelmilieu van belang. Een goede schatting hiervan is alleen mogelijk met behulp van waterige extractie of door winning van de bodemoplossing. Dit laatste is doorgaans niet geschikt voor praktische doeleinden, omdat het erg bewerkelijk is.

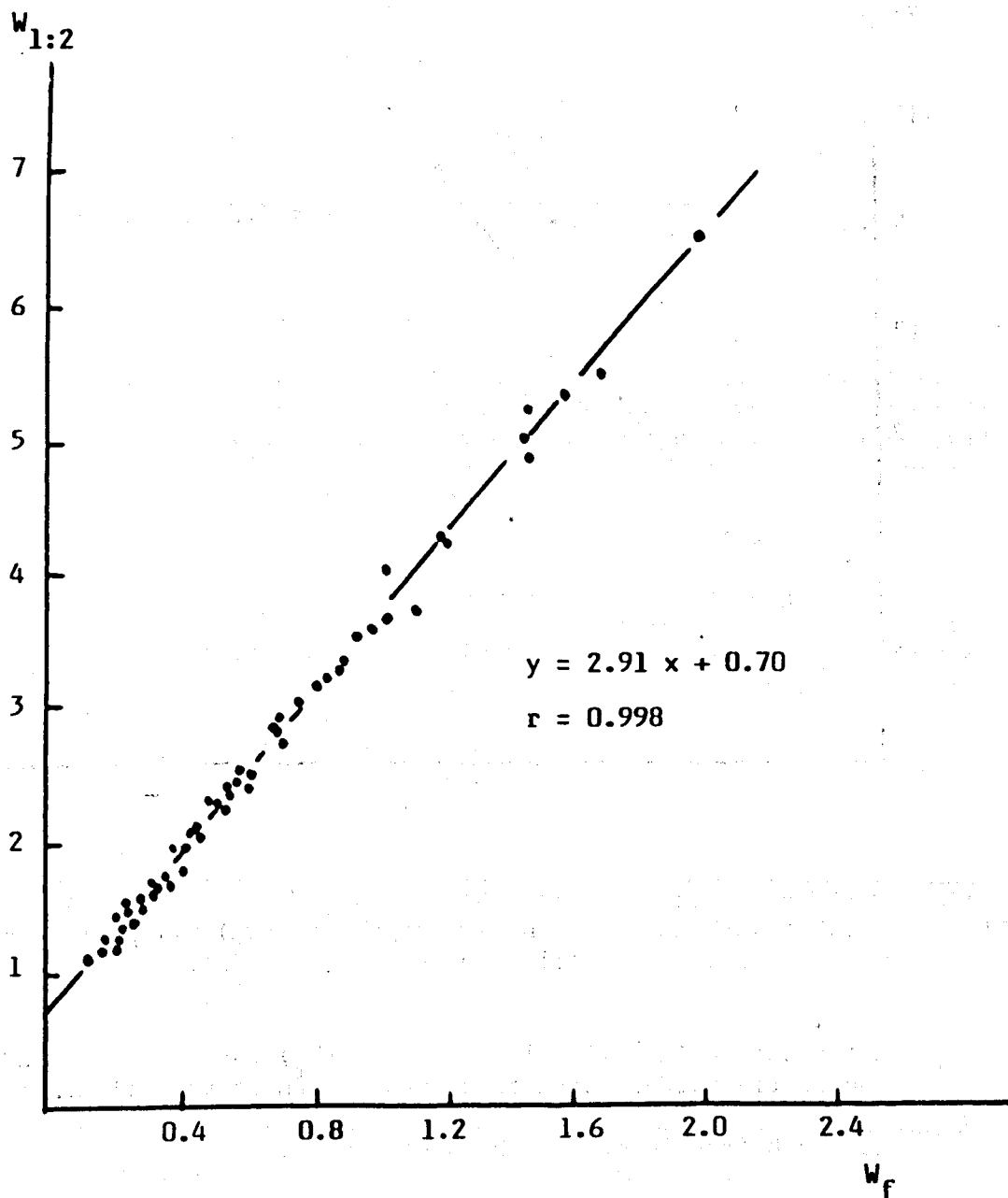
De waterige extracten die in de glastuinbouw in Nederland worden gebruikt, zijn het 1:2 volume-extract voor kasgronden en het 1:1,5 volume-extract voor venige teeltsubstraten en potgronden. Het 1:2 volume-extract wordt bereid door aan twee delen water zo veel veldvochtige grond toe te voegen, dat het volume met een deel toeneemt. Bij de 1:1,5 volume-extractie wordt één deel substraat afgestapt bij 10 kPa druk en gemengd met 1,5 deel water. Alle gehalten worden uitgedrukt als concentratie van het extract.

#### 3.2. Verdunning bodemoplossing

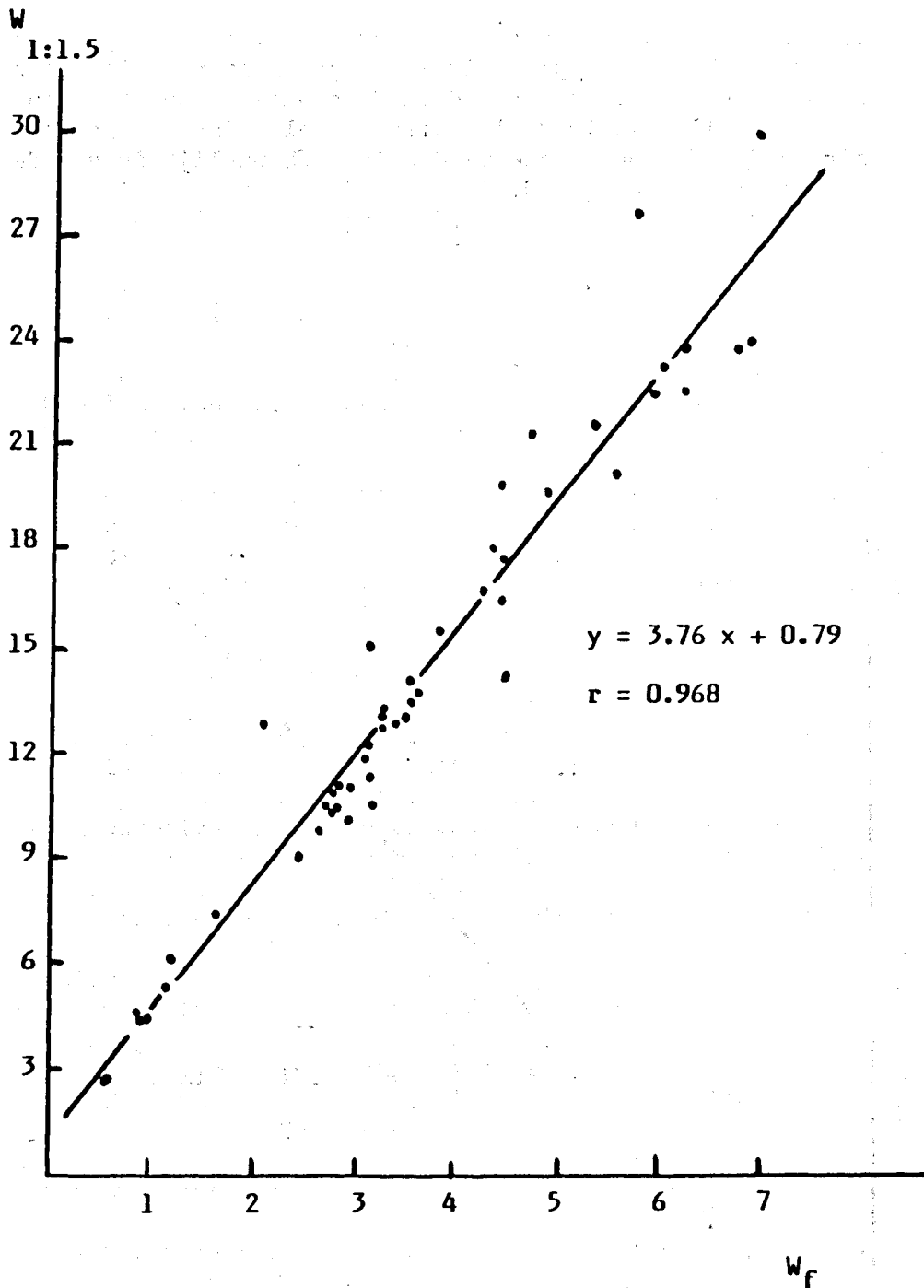
Bij het bereiden van de waterige extracten wordt extra water aan de grond toegevoegd om extract aan de grond te kunnen onttrekken. De bodemoplossing wordt in feite verdund, wat concentratieverandering met zich meebrengt. Als daarbij geen neveneffecten optreden, is de concentratie na verdunning omgekeerd evenredig met de verdunning die is toegepast. Als bijvoorbeeld bij bereiding van een grondextract driemaal zoveel water wordt toegevoegd als oorspronkelijk in de grond aanwezig is, wordt de concentratie van het extract  $1/4$  van de oorspronkelijke concentratie. Door de aanwezigheid van gronddeeltjes, humusdeeltjes en slecht oplosbare zouten wordt het verdunningseffect echter verstoord. In de figuren 3.1. en 3.2. is de verdunning van het bodemvocht af te lezen, die tot stand komt bij extracten zoals die in de glastuinbouw gebruikelijk zijn.



In deze grafieken is het aantal grammen vocht per gram grond of substraat bij veldcapaciteit weergegeven in relatie met het aantal grammen vocht per gram grond in de grond- of substraatsuspensie. In beide gevallen is in de lineaire vergelijking een constante aanwezig, zodat de toegepaste verdunning afhankelijk is van de vochtcapaciteit van de grond. In tabel 3.1. wordt een indruk gegeven van de grenzen waarbinnen de verdunningen uiteenlopen.



Figuur 3.1. Het verband tussen het vochtgehalte van de veldvochtige grond ( $W_f$ ) en het vochtgehalte van de 1:2 suspensie ( $W_{1:2}$ ).



Figuur 3.2. Het verband tussen het vochtgehalte ( $W_f$ ) bij pF 1,5 en het vochtgehalte van de 1:1,5 suspensie ( $W_{1:1,5}$ ).

Het vochtgehalte bij veldcapaciteit ( $W_f$ ) kan voor kasgronden vrij nauwkeurig worden geschat met behulp van de vergelijking:

$$W_f = 2,8 \text{ fractie organische stof} + 0,10.$$

Voor potgronden en substraten is ook een dergelijk verband gevonden, maar de schatting met behulp van deze vergelijking is veel minder nauwkeurig, doordat de kwaliteit van de organische stof bij genoemde media sterk kan verschillen.

Tabel 3.1. Verdunningseffecten bij onderzoek kasgrond en veensubstraten.

Kasgrond		
vochtgehalte veldvochtig	vochtgehalte 1:2 suspensie	verdunning
0,2	1,28	6,4
0,6	2,45	4,1
1,2	4,19	3,5
-----		
Potgrond en substraat		
vochtgehalte pF 1,5	vochtgehalte 1:1,5 suspensie	verdunning
1	4,55	4,6
3	12,07	4,0
7	27,11	3,9

### 3.3. Neveneffecten van verdunning

#### 3.3.1. Moeilijk oplosbare zouten

Sommige zouten zijn slecht oplosbaar in water. Dit betekent dat slechts kleine hoeveelheden in het aanwezige vocht kunnen oplossen. Als ze in grotere hoeveelheden in de grond aanwezig zijn, zullen ze als niet opgelost zout in de grond voorkomen. Zo kan bijvoorbeeld veel calciumsulfaat of calciumfosfaat in niet opgeloste vorm in de grond aanwezig zijn. Bij het toedienen van meer water kunnen deze zouten in oplossing gaan. Er worden dan in het extract grotere hoeveelheden van bepaalde ionen aangetroffen dan op grond van de verdunning verwacht zou mogen worden. Vooral bij fosfaat doet zich dit voor. Ter illustratie zijn in tabel 3.2. voor enkele extracten de fosfaat- en chloridegehalten weergegeven in vergelijking met de te verwachten gehalten.

Tabel 3.2. Het effect van verdunning van verzadigingsextract bij 75 grondmonsters op de Cl- en P-concentratie in verschillende extracten in vergelijking met het verdunningseffect.

Extract	Vocht- gehalte suspensie	Werkelijk gehalte		Berekend gehalte	
		Cl	P	Cl	P
Verzadiging	0,91	8,1	0,34	8,1	0,34
1 : 2 volume	2,40	2,7	0,28	3,1	0,13
1 : 5 gew.	5,00	1,4	0,21	1,5	0,06

Bij chloride treedt nauwelijks afwijking op bij verdunning en bij fosfaat is de hoeveelheid die in oplossing is in de verdunde extracten, te weten het 1:2 volume-extract en het 1:5 gewichtsextract, respectievelijk 2,2 en 3,5 maal zo groot als wordt berekend op grond van de verdunning.

### 3.3.2. Dilution and valency effect

Bij het verdunnen van de bodemoplossing treden veranderingen op in de onderlinge verhoudingen tussen de kationen in de oplossing. Bij toenemende verdunning komt relatief meer kali in oplossing en relatief minder calcium en magnesium. Omdat dit effect een gevolg is van de verdunning en de waardigheid van de ionen, wordt het aangeduid als dilution and valency effect. Het verschijnsel doet zich sterker voor bij toenemende verdunning van de bodemoplossing. Dit kan storend werken op de interpretatie van de cijfers. Het verdient daarom aanbeveling bij de extractie van grond geen al te grote water/grond-verhoudingen te kiezen. Het effect van een toenemende water/grond-verhouding bij extractie van groeimedia blijkt uit tabel 3.3. Hierin zijn de gemiddelde analyseresultaten van 15 venige substraten bij verschillende waterige extracties weergegeven. Zoals blijkt, dalen de gehalten aan calcium en magnesium in de extracten bij toenemende hoeveelheid water relatief sneller dan kalium en natrium.

Tabel 3.3. Gehalten aan kationen in verschillende substraatextracten.

Ion	Gehalten in mmol.l <sup>-1</sup>			Relatief		
	Pers extract	Verz. extract	1:1,5 extract	Pers extract	Verz. extract	1:1,5 extract
Kalium	7,22	3,30	2,13	100	46	30
Natrium	3,06	1,48	1,25	100	48	41
Calcium	6,59	2,34	1,35	100	36	20
Magnesium	4,10	1,32	0,77	100	32	19

### 3.3.3. Relaties met bodemvocht

Tussen de gehalten in verschillende waterige extracten bestaan vaak goede relaties, als de toegepaste water/grond-verhoudingen niet te veel uiteenlopen. Zoals in het voorgaande reeds is uitgelegd, zou de concentratie omgekeerd evenredig moeten zijn met de toegepaste verdunning. Voor ionen die weinig worden beïnvloed door de beschreven neveneffecten, zal dit veelal ook het geval zijn.

Zo werd voor nitraat als relatie tussen de gehalten in het persextract en het 1:1,5 extract van veen- en substraatmonsters gevonden:

$$\text{NO}_3(1:1,5 - \text{extract}) = 0,24 \text{ NO}_3 (\text{bodemoplossing}) + 0,18$$

De factor 0,24 is vrijwel gelijk aan het omgekeerd evenredige van de gemiddelde verdunning van deze extracten ten opzichte van elkaar. Voor kali werd gevonden:

$$\text{K}(1:1,5 - \text{extract}) = 0,30 \text{ K} (\text{bodemoplossing}) + 0,17$$

Kali is (dus) in het verdunde extract relatief hoog door het dilution and valency effect. Niettemin was in beide gevallen de correlatiecoëfficiënt hoog (respectievelijk 0,96 en 0,98), zodat de concentratie van beide ionen in het bodemvocht toch vrij nauwkeurig kon worden geschat.

Bij het 1:2 extract voor kasgronden treedt een extra storing op door het uiteenlopen van de verdunning bij verschillende grondsoorten. Toch wordt een goede directe relatie met de samenstelling van de bodemoplossing gevonden. Voor nitraat en kali waren deze als volgt:

$$\text{NO}_3(1:2 \text{ extract}) = 0,16 \text{ NO}_3 (\text{bodemoplossing}) + 1,01 \quad r = 0,899.$$

$$\text{K}(1:2 \text{ extract}) = 0,25 \text{ K} (\text{bodemoplossing}) + 0,54 \quad r = 0,922.$$

Ook hier wordt het verschil tussen  $\text{NO}_3$  en K weer gevonden. Aanpassing aan de verschillende verdunningseffecten per grondsoort is mogelijk door de uitkomst met de verdunningsfactor te vermenigvuldigen. De correlatiecoëfficiënten nemen dan aanzienlijk toe, respectievelijk 0,970 en 0,962. Een bezwaar van deze werkwijze is echter dat de verdunningsfactor bekend moet zijn. Voor routine grondonderzoek is dit te bewerkelijk. De verdunningseffecten tussen de grondsoorten bleken echter nauw samen te hangen met de hoeveelheid veldvochtige grond die bij de bereiding van de grond-watersuspensie werd gebruikt. Deze hoeveelheid is vrij gemakkelijk te bepalen. Aanpassing bracht de correlatiecoëfficiënten op een vergelijkbaar niveau als aanpassing met de verdunningsfactor.

#### 3.4. Hoeveelheid voedingsstoffen

Het kan belangrijk zijn naast de concentratie van de bodemoplossing ook de voorraad voedingsstoffen die in het wortelmilieu beschikbaar is te kennen. Om dit te berekenen moeten het volume-gewicht en de water/grondverhouding van de 1:2 suspensie bekend zijn. Uit onderzoek is gebleken dat beide grootheden nauw samenhangen met het gehalte aan organische stof in de grond.

Voor het volumegewicht ( $Q_d$ ) speelt echter ook de grondbewerking een rol. Intensieve grondbewerking zal het volumegewicht verlagen. Bij een onderzoek in de zestiger jaren werd als relatie tussen de massa fractie organische stof (OS) en het volumegewicht gevonden:

$$Q_d = \frac{1}{3,55 \text{ OS} + 0,65}$$

Bij een onderzoek in de tachtiger jaren werd gevonden:

$$Q_d = \frac{1}{4,67 \text{ OS} + 0,69}$$

Voor de relatie organische stof en water/grondverhouding van de 1:2 suspensie is gevonden:

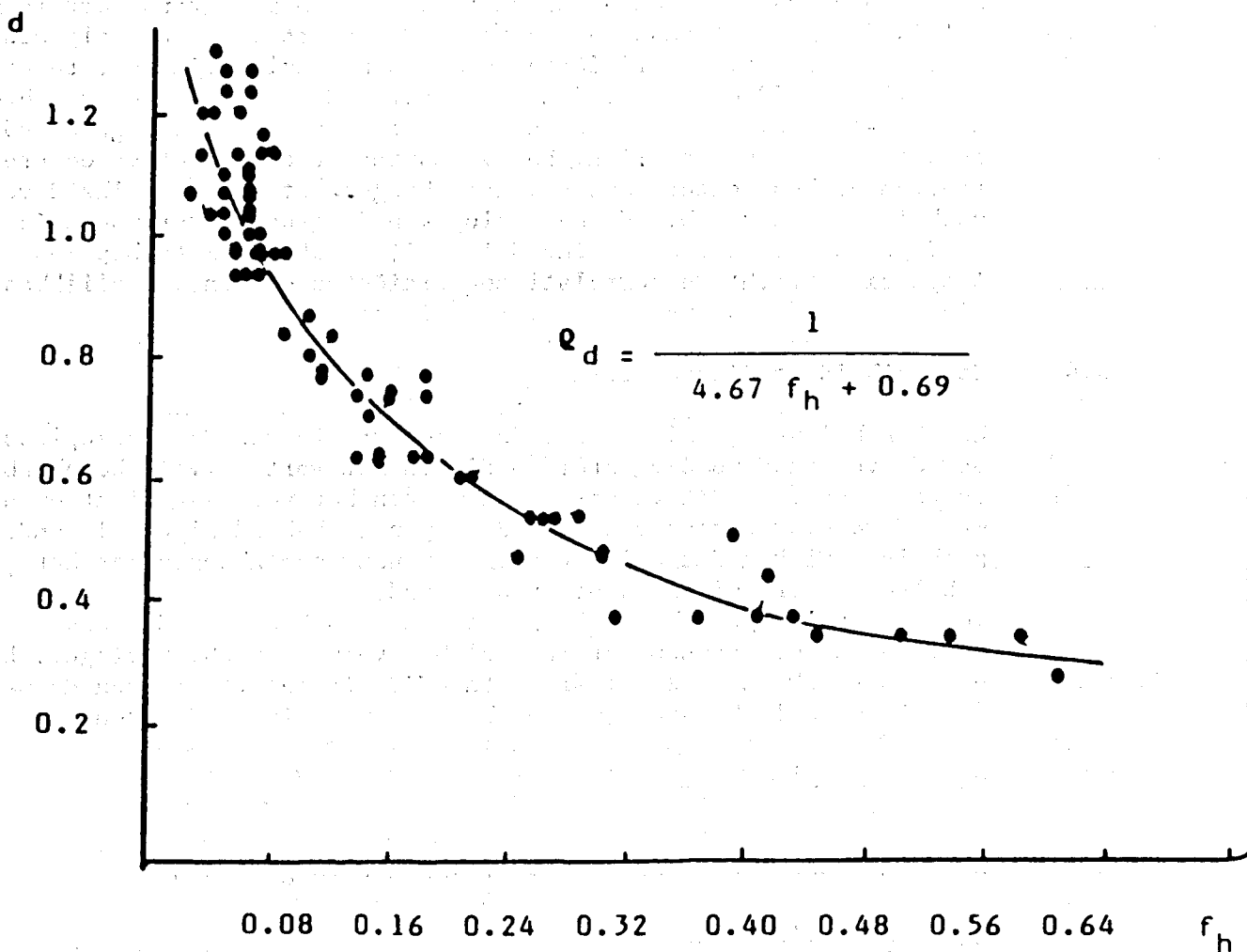
$$W(1:2) = 8,25 \text{ OS} + 0,99$$

De berekening verloopt nu als volgt.

Gegevens: kasgrond met een massa fractie<sub>1</sub> organische stof van 0,12, een  $\text{NO}_3$  in het 1:2 extract van 4 mmol.l<sup>-1</sup> en een bouwvoordiepte van 0,25 m.

Per m<sup>2</sup> bouwvoor is dan aanwezig:

$$1 \text{ m}^2 * 0,25 \text{ m} * \frac{1}{4,67 * 0,12 + 0,69} 10^3 \text{ kg.m}^{-3} * (8,25 * 0,12 + 0,99) \text{ m}^3 . 10^{-3} \text{ kg} * 4 \text{ mol.m}^{-3} = 1,58 \text{ mol.}$$



Figuur 3.3. Het verband tussen de fractie organische stof ( $f_h$ ) en het volumegewicht ( $Q_d$ ) van kasgronden.

Op deze wijze kan voor uiteenlopende typen grond de hoeveelheid voeding die aanwezig is, worden berekend. In tabel 3.4. is een overzicht gegeven van de hoeveelheid vocht die bij bereiding van het 1:2 volume-extract aanwezig is per volume grond. De hoeveelheden zijn uitgedrukt in m per 100 m en een dikte van de bouwvoor van 25 cm.

Tabel 3.4. Hoeveelheden<sub>3</sub>vocht bij bereiding van het 1:2 volume-extract, uitgedrukt in m<sup>3</sup> per are over een diepte van 25 cm.

Fractie organische stof	Volumegewicht	Vochtgehalte 1:2 (W 1:2)	m <sup>3</sup> per are
0,05	1,08	1,40	37,8
0,10	0,86	1,82	39,1
0,20	0,62	2,64	40,9
0,30	0,48	3,46	41,5

Uit de gegevens in tabel 3.4. blijkt, dat de hoeveelheid vocht per volume grond toeneemt met het humusgehalte van de grond. Gemiddeld over de grondsoorten wordt een hoeveelheid vocht berekend van ongeveer 40 m<sup>3</sup> per are.

Voor wat betreft het 1:1,5 volume-extract kunnen de berekeningen naar de hoeveelheid aanwezige voedingsstoffen niet worden uitgevoerd op basis van het organische-stofgehalte. De correlaties tussen organische stof, volumegewicht en vochtgehalte zijn daarvoor niet voldoende nauw. Als het vochtvolume van het substraat echter bekend is, verloopt de berekening eenvoudig. Bij een volume fractie vocht van V is bij een gehalte K aan een bepaald element per liter substraat (1,5 + V) K mmol aanwezig. Dit geldt voor een liter veen die is afgestapt bij een druk van 10 kPa. Onder praktijkomstandigheden kan dit wat uiteenlopen.

### 3.5. Bemesting en analysecijfers

Evenals kan worden uitgerekend hoeveel voedingsstoffen per volume grond aanwezig zijn bij een bepaald gehalte aan voedingsstoffen in de grondextracten, kan worden berekend hoeveel meststof moet worden gegeven om een bepaald gehalte in het 1:2 volume-extract te realiseren. Tabel 3.5. geeft een overzicht voor verschillende elementen gemiddeld over uiteenlopende grondsoorten.

Tabel 3.5. Toename van analysecijfers onder invloed van bemesting. Berekening op basis van 40 m<sup>3</sup> extract per are over een diepte van de bouwvoor van 25 cm.

Toediening 1 kg per are	Toename in 1:2 extract
N	1,79
S	0,78
K (K <sub>2</sub> O)	0,64 (0,53)
Ca (CaO)	0,62 (0,45)
Mg (MgO)	1,03 (0,62)

Voor fosfaat is geen berekening gemaakt, omdat de fosfaatconcentratie sterk afhangt van de oplosbaarheid. Verder kunnen kationen vrij sterk geadsorbeerd worden. De gehalten die in het extract worden gevonden, kunnen daardoor lager zijn dan was berekend. De gehalten aan andere kationen dan die zijn toegediend, zullen door uitwisseling stijgen.

#### 4. VERSCHILLEN BIJ DE BEMESTING VAN GROND EN SUBSTRAAT

Om tot een optimale ontwikkeling te komen heeft een plant die in substraat wordt geteeld, min of meer dezelfde voedingsstoffen nodig als een plant die in grond wordt geteeld. De wijze waarop de voedingsstoffen worden toegediend en de concentraties waarin ze in het wortelmilieu voorkomen, verschillen echter aanzienlijk. Enkele opvallende zaken hierbij worden toegelicht.

##### 4.1. Wortelvolume

Het meest opvallende verschil waarmee bij de bemesting rekening moet worden gehouden, is het verschil in wortelvolume bij de teelt in substraat in vergelijking met de teelt in grond. Bij teelt in grond hebben de planten per m<sup>2</sup> kasoppervlakte voor beworteling een volume beschikbaar van tenminste 500 liter. Als over een grotere diepte wordt gerekend dan 50 cm, is dit zelfs meer. Het wortelvolume bij teelten in substraat is aanzienlijk kleiner. Bij gebruik van veenzakken is dit 25 liter en bij teelten in steenwol 10-15 liter. Het geringere volume heeft uiteraard ook consequenties voor de aanwezige hoeveelheid water. In grond is dit 30% van het volume en in substraat 50 tot 70%. Op deze wijze is te berekenen dat in grond tenminste 150 liter water per m<sup>2</sup> kasoppervlak aanwezig is. Bij teelten in substraat is dit 10 tot 12 liter per m<sup>2</sup>.

##### 4.2. Voorraad voedingsstoffen

Het beschikbare wortelvolume heeft ook gevolgen voor de voorraad aan voedingsstoffen die op een bepaald moment beschikbaar is. In tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de voorraad stikstof beschikbaar bij verschillende teeltsystemen. In de laatste regel is de voorraad uitgedrukt in procenten van de totale opname door een tomatenteelt bij een opbrengst van 40 kg per m<sup>2</sup>.

Tabel 4.1. Berekening van de beschikbare hoeveelheid stikstof bij verschillende teeltsystemen, uitgedrukt als percentage van de totale opname door tomaat (6 mol per m<sup>2</sup>).

	Teeltsysteem			
	Kasgrond	Veezakken	Steenwol- matten	NFT
Volume substraat in liter per m <sup>2</sup>	500	25	14	-
Volume % water in het substraat	30	50	70	-
Hoeveelheid water in liter per m <sup>2</sup>	150	12	10	4
Stikstof in mmol per liter bodemvocht	25	20	15	15
Stikstof mmol per m <sup>2</sup>	3750	240	150	60
% Van totale opname	62	4	2	1



Zoals blijkt, is bij een teelt in grond bij een normaal stikstofcijfer ongeveer 2/3 van de totaal benodigde hoeveelheid stikstof aanwezig. Bij teelten in substraten is dit slechts enkele procenten. Ook voor andere hoofdvoedingselementen kunnen dergelijke berekeningen worden uitgevoerd en deze leiden tot overeenkomende resultaten.

#### 4.3. Sporelementen

Bij bemesting van teelten in grond wordt als regel weinig of geen aandacht besteed aan sporelementen. Bij teelten in substraat is dit zeker nodig. De meeste sporelementen zijn in de grond in voldoende mate aanwezig. Dit geldt met name voor ijzer en mangaan. Dit zijn elementen die min of meer een natuurlijk bestanddeel vormen van de grond. Het feit dat in de grond toch juist aan deze elementen gebrek kan optreden in het gewas, hangt dan ook veel meer samen met de omstandigheden dan met de aanwezige hoeveelheid. Een hoge pH, een slecht wortelstelsel en een lage bodemtemperatuur kunnen bijvoorbeeld de oorzaak zijn van een onvoldoende opname.

Tabel 4.2. geeft een rekenvoorbeeld voor het element mangaan, waaruit blijkt dat de hoeveelheid (biologisch) actief mangaan vele malen groter is dan de opname.

Tabel 4.2. De opname aan mangaan per jaar in een komkommerteelt bij een opbrengst van 50 kg per m<sup>2</sup> in vergelijking met de hoeveelheid actief mangaan in een kleigrond.

Opname gewas	3	mmol.m <sup>-2</sup>
Gehalte actief Mn in de grond	2,5	mmol.kg <sup>-1</sup>
Bewortelbaar volume (50 cm diep)	500	l. m <sup>-2</sup>
Volumegewicht (12% organische stof)	0,80	
Mangaanvoorraad (2,5 x 500 x 0,80)	1000	mmol.m <sup>-2</sup>

De opname is verwaarloosbaar klein in vergelijking met de voorraad. Hetzelfde geldt voor ijzer. De opnamen aan molybdeen en koper zijn zodanig klein, dat gevoeglijk aangenomen mag worden dat deze elementen in de glastuinbouw met allerlei verontreinigingen in voldoende mate worden aangevoerd.

De opname aan zink is weliswaar groter dan van koper en molybdeen, maar zinkgebrek komt in de glastuinbouw bij teelten in grond niet voor. Gezien het grote aantal verzinkte materialen dat wordt gebruikt, is dit ook niet te verwachten. Het enige sporelement waarop gelet moet worden bij teelt in de grond is borium. Het kan worden aangevoerd via het gietwater en via bemesting. Als het gietwater onvoldoende borium bevat, moet het via de bemesting worden toegediend.

#### 4.4. Bodemoplossing

Bij de analyse van grond en voedingsoplossing dient te worden gelet op de methode die wordt toegepast. Bij het onderzoek van kasgrond wordt geëxtraheerd met water, waarbij allerlei verdunningseffecten optreden (zie hoofdstuk 3). Bij teelten in voedingsoplossing en in steenwol wordt echter de 'bodemoplossing' onderzocht.

Analyseresultaten van kasgrondonderzoek mogen dus nooit direct worden vergeleken met analyseresultaten van voedingsoplossingen. De analyseresultaten van het 1:2 volume extract zijn vrij nauw gecorreleerd met de bodemoplossing van kasgrond. Uit de analyseresultaten van het 1:2 volume extract kunnen daardoor waarden worden berekend voor de bodemoplossing. De omrekening verschilt naar bepaling. Voor enkele bepalingen zijn de omrekeningsformules in tabel 4.3. weergegeven.

Tabel 4.3. Formules voor omrekening van analyseresultaten van het 1:2 volume extract naar waarden voor de bodemoplossing (persextract).

Bepaling	Omrekening
EC	$EC(pe) = 3,12 EC (1:2) + 0,8$
NO <sub>3</sub>	$NO_3(pe) = 5,09 NO_3 (1:2) + 0,1$
K	$K(pe) = 3,38 K (1:2) - 0,8$

Zoals blijkt, moeten de analyseresultaten van het 1:2 extract met factoren tussen 3 en 5 worden vermenigvuldigd om een schatting te verkrijgen van de gehalten in de bodemoplossing.

#### 4.5. Bufferwerking

In grond zijn naast de voedingsstoffen in de bodemoplossing ook nog voedingsstoffen geadsorbeerd aan de klei- en humusdelen. De hoeveelheid kationen die is geadsorbeerd, is in de regel groter dan de hoeveelheid aanwezig in het bodemvocht. Hoewel de geadsorbeerde kationen niet direct voor opname beschikbaar zijn, kunnen ze door uitwisseling wel gemakkelijk beschikbaar komen.

De geadsorbeerde ionen doen in feite dienst als een buffer. Bij een sterke opname of een grote toediening van bepaalde kationen komt er van deze kationen een hoeveelheid vrij of wordt een hoeveelheid vastgelegd. De bufferende werking kan sterk naar grondsoort verschillen. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de gegevens in tabel 4.4.

Tabel 4.4. Toename van het gehalte aan kationen in mmol per liter van het verzadigingsextract door de toediening van enkele kationen aan de grond. Resultaten van twee praktijkbedrijven.

Element	Kleigrond		Veengrond	
	Toedieping mol.m <sup>-2</sup>	Toename <sub>1</sub> mmol.l <sup>-1</sup>	Toedieping mol.m	Toename <sub>1</sub> mmol.l <sup>-1</sup>
K	0,9	1,9	0,8	2,7
Ca	0,5	4,5	0,2	0,8
Mg	0,4	3,0	0,3	1,0

De hoeveelheid kali die na toediening in het extract beschikbaar blijft, is op de kleigrond relatief laag. Kali kan vooral op kleigrond sterk worden geadsorbeerd door uitwisseling van calcium of magnesium. Op veengrond is dit veel minder het geval. Op venige gronden kunnen calcium en magnesium juist sterk worden geadsorbeerd. Toediening van voedingsstoffen in een bepaalde onderlinge verhouding wil dus bij de teelt in grond niet zeggen dat deze verhouding ook wordt gerealiseerd in het bodemvocht. Bij teelten in minerale substraten is dit wel het geval.

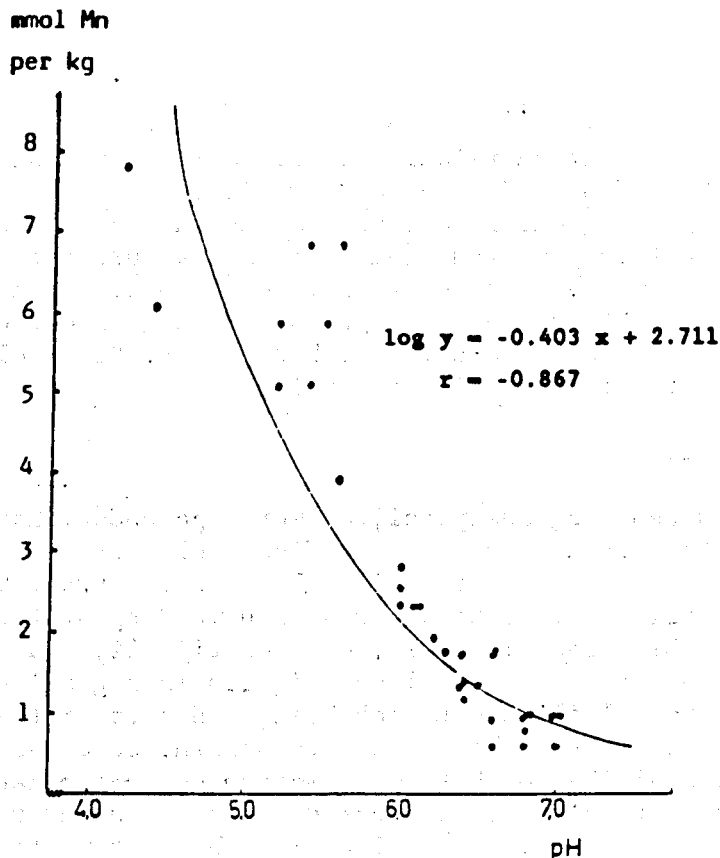
#### 4.6. Opname en voorraad

Indien in grond een laag analysecijfer wordt gevonden, kan worden gezegd dat de toediening van het betreffende element over een bepaalde periode laag is geweest. Bij teelten in substraat behoeft dit niet het geval te zijn. De voorraad aan voedingsstoffen in het wortelmilieu is hier zodanig klein, dat een tijdelijk wat grote opname aan een bepaald element al spoedig een laag gehalte van dit element in het wortelmilieu met zich brengt. Het is niet altijd gewenst de voedingsoplossing hierop aan te passen. De opname aan elementen die gemakkelijk door het gewas worden opgenomen kan daardoor te veel worden gestimuleerd, waardoor de opname aan andere ionen te veel kan worden belemmerd. Bij teelten in substraat moeten daarom bij de beoordeling van analysecijfers niet uitsluitend de cijfers op zich in ogenschouw worden genomen, maar ook de samenstelling van de toegediende voedingsoplossing.

Voor elementen die gemakkelijk worden opgenomen, mogen de gehalten relatief dalen ten opzichte van de toegediende voedingsoplossing. Voor elementen die moeilijk worden opgenomen, is accumulatie in het wortelmilieu gewenst.

#### 4.7. pH

Bij teelten in substraat worden pH-waarden toegelaten tussen 5,0 en 6,2 in het wortelmilieu. Ook bij iets lagere en hogere waarden treden nog geen nadelige effecten op. Direct nadelige effecten worden vaak pas zichtbaar bij waarden beneden 4,0 en boven 8,0. Dit in tegenstelling met grond, waar de optimale waarden naar grondsoort aangepast veel nauwer worden begrensd. Niet de  $H_3O$ -ionen op zich zijn nadelig voor de plant; dat is pas bij pH-waarden beneden 4,0 het geval. De oorzaak van de veel nauwere grenzen waaraan de pH moet voldoen bij teelten in grond, is dat bepaalde elementen te gemakkelijk beschikbaar komen buiten deze pH-grenzen. Hierdoor kunnen ze in te grote hoeveelheden worden opgenomen. Bij lage pH neemt de beschikbaarheid van bijvoorbeeld mangaan, ijzer en aluminium sterk toe. De opname kan zo hoog zijn dat vergiftiging optreedt. Dit is al spoedig het geval met de opname van mangaan, die een logaritmisch verband vertoont met de pH. Dit blijkt bijvoorbeeld uit figuur 4.1. waarin het verband is weergegeven tussen de pH van de grond en de mangaanopname van sla. In substraten kan doorgaans bij veel lagere pH-waarden worden gewerkt dan in grond, doordat de voorziening van elementen als mangaan, ijzer en aluminium veelal in de hand kan worden gehouden.



Figuur 4.1. Het mangaangehalte van sla bij verschillende pH-waarden in de grond. Mn in mmol per kg droge stof.

#### 4.8. Verzouting

Door het geringere wortelvolume heeft het gebruik van zout gietwater bij teelten in substraat sneller effect op de plantengroei dan bij teelten in grond. Dit kan het beste worden gedemonstreerd aan de hand van een voorbeeld waarbij geen uitspoeling plaatsvindt. Zie hiervoor het rekenvoorbeeld in tabel 4.5.

Tabel 4.5. Rekenvoorbeeld van zoutaccumulatie bij een teelt in substraat en in kasgrond als geen uitspoeling plaatsvindt.

Gegevens: water bevat 4 mmol Cl per liter  
transpiratie 3 mm per dag  
opname Cl 0,5 mmol per liter

	Cl gehalte na 10 dagen	
	Steenwol	Kasgrond
Watervoorraad $l \cdot m^{-2}$	10	150
Toegediend $l \cdot m^{-2}$	30	30
Toegediend Cl $mmol \cdot m^{-2}$	120	120
Opgenomen Cl $mmol \cdot m^{-2}$	15	15
Na 10 dagen mmol Cl in 10 l water	105	
Na 10 dagen mmol Cl in 150 l water		105
Concentratie $mmol \cdot l^{-1}$	10,5	0,7

Zoals blijkt, treedt in een beperkt wortelvolumen veel sneller zoutaccumulatie op. Nu wordt normaliter ook uitgespoeld. Op den duur wordt dan in beide gevallen een evenwichtstoestand bereikt, waarbij de concentratie van het drainagewater als volgt wordt berekend:

$$C_d = \frac{C_w + C_b - C_o (1-f_d)}{f_d}$$

waarin  $C_d$  de zoutconcentratie van het drainagewater is,  $C_w$  de concentratie in het toegevoerde water,  $C_b$  de concentratie in de meststoffen uitgedrukt in het toegevoerde water,  $C_o$  de opname van het gewas uitgedrukt op het opgenomen water en  $f_d$  de doorspoelfractie. De beschreven evenwichtstoestand wordt bij een klein volume snel bereikt, dus het gewas zal snel reageren. Daar staat tegenover dat bij gebruik van goed water, het kleine volume ook weer snel 'schoon' zal zijn en dus een snel herstel van de groei zal optreden.

## 5. BEMONSTERING VAN GROND EN SUBSTRAAT

Een goed genomen monster is de eerste voorwaarde voor een betrouwbaar onderzoek naar de zout- en voedingstoestand van grond en substraat. De samenstelling van het monster dient overeen te komen met de gemiddelde samenstelling van het te onderzoeken object. Wordt aan deze voorwaarde niet voldaan, dan is het onderzoek van weinig of geen waarde en kan zelfs aanleiding geven tot een onjuiste bemesting.

De meeste monsters die op een laboratorium worden onderzocht zijn door monsternemers genomen. Deze doen dat volgens een schriftelijke instructie. Door nieuwe ontwikkelingen wijzigt ook de monstername. De monsternemers worden hiervan regelmatig op de hoogte gebracht. Voor het nemen van monsters bij glasteelten is het van belang dat het hierna volgende in acht wordt genomen.

### 5.1. Monstername - algemeen

Voor het nemen van een betrouwbaar monster moet geschikte apparatuur en verpakkingsmateriaal worden gebruikt. De boor waarmee grondmonsters worden gestoken, heeft een half opengewerkte schacht van 25 cm lengte en een diameter van 1,5 cm. De totale lengte van de grondboor is ongeveer 60 cm. Voor bemonsteringen bij potplanten kan een speciaal hiervoor ontwikkeld boortje met korte schacht worden gebruikt. Voor het verzamelen van monsters voedingsoplossing uit bijvoorbeeld steenwol zijn diverse apparaten in omloop, waarbij het principe berust op een zuigsysteem. Veelal wordt een royale injectiespuit gebruikt.

De zak waarin het grondmonster wordt verzameld, moet uit geplastificeerd materiaal bestaan om uitdrogen van de grond tegen te gaan. Om verontreinigingen te voorkomen, moet de fles voor een watermonster of een voedingsoplossing liefst op het laboratorium gespoeld zijn. Na monstername wordt de geheel gevulde fles verpakt in niet lichtdoorlatend materiaal. Door de vloeistof van het daglicht af te schermen, wordt algengroei en een oplopende pH in het monster voorkomen.

Voor het samenstellen van een monster zijn veertig steken vereist. Het gewicht van een aldus verzameld grondmonster is ongeveer één kg. Het moet minstens 750 gram bedragen. Voor droge venige materialen is 500 gram meestal voldoende. Een watermonster of een monster voedingsoplossing moet voor de meeste laboratoria 500 milliliter (0,5 liter) zijn.

Voor een goede administratieve begeleiding van de monsters is het juiste inzendformulier (vragenlijst) en de invulling hiervan van essentieel belang. Het kenmerk op de monsterzak en dat op het inzendformulier moeten met elkaar in overeenstemming zijn. Verder moet het verlangde onderzoek goed zijn aangegeven.

Grond wordt in het algemeen tot 25 cm diepte bemonsterd. Soms is het gunstig ook de laag 25-50 cm te bemonsteren, bijvoorbeeld bij afwijkende ondergrond en bij diep wortelende en meerjarige gewassen.

Vanzelfsprekend moet elk object apart worden bemonsterd. Dus nooit één monster van meerdere kassen of warenhuizen nemen. In zeer grote kassen kunnen beter twee à drie monsters worden gestoken. Maximaal

één ha per monster. Bij gebruik van meerdere soorten substraat, deze apart bemonsteren.

Het grondmonster voor een nieuw te starten teelt dient zo mogelijk te worden genomen na het stomen, ontsmetten en/of spoelen van de grond. Voor het bijmestonderzoek worden de eerste monsters 2 à 3 weken na het planten als controle genomen. Daarna kunnen voor de teelt van tomaat, komkommer, paprika en dergelijke de bijmestmonsters met tussenpozen van ongeveer een maand worden gestoken. Voor roos, anjer en dergelijke kunnen deze tussenpozen op ongeveer twee maanden worden gesteld. In het groeiseizoen is voor de laatstgenoemde gewassen echter bemonstering om de 5 à 6 weken aan te bevelen.

Bij teelten in water en substraat wordt afhankelijk van het gewenste onderzoek in het algemeen om de 2 tot 5 weken een monster door een laboratorium onderzocht. Zelf bemonstert de tuinder om de 2 à 3 dagen het substraatvocht ter controle van pH en EC. In de nabije toekomst zal hier wellicht het K- en Na-gehalte bijkomen. Het 'basiswater' dat voor teelten in water en substraat wordt gebruikt, moet om de 1 à 2 jaar worden onderzocht. De analyse van drinkwater is meestal opvraagbaar.

Het aantal steken/prikken waarmee het monster wordt samengesteld, moet zo regelmatig mogelijk verdeeld over de te bemonsteren oppervlakte worden weggenomen, bijvoorbeeld in een nieuwe kas door zigzag lopend te bemonsteren. Ditzelfde geldt voor een lege kas na een volveldsteelt. In lege kassen waar een teelt op rijen heeft plaatsgevonden, geldt de elders in dit hoofdstuk gegeven instructie. Plekken met afwijkende groei en/of met verschillen in profielopbouw moeten niet worden opgenomen in het monster dat van de rest van de kasgrond wordt verzameld. Neem van dergelijke plaatsen een apart monster.

Enkele nadere richtlijnen voor het nemen van monsters onder glas zoals vermeld in de "Instructie voor monsternamen" volgen hieronder.

## 5.2. Groenteteelt in grond

In lege kassen en bij teelten die volvelds zijn geplant, wordt in het algemeen volvelds bemonsterd. Hierbij moet rekening worden gehouden met systematische invloeden van voorgaande teelten. Verdeel daarom de steken goed over de gehele breedte van de 'kap'. Bij een teelt op rijen, zoals tomaten, komkommers, paprika's, aubergines enzovoort, wijkt de chemische samenstelling van de looppaden vaak sterk af van de samenstelling van het overige gedeelte van de grond. De bemonstering bij dergelijke teelten vindt tijdens de teelt (bijmestonderzoek) alleen plaats op de teeltstroken; de looppaden worden dus niet meebemonsterd.

Bij de teeltopvolging tomaat-tomaat en komkommer-komkommer worden bij het monster voorafgaand aan de teelt ook alleen de teeltstroken bemonsterd. Bij de teeltopvolging tomaat-komkommer of komkommer-tomaat is het beter om naast de teeltstroken ook de looppaden apart te bemonsteren. Dit laatste kan ook worden aangeraden na een 'rijenteelt' die wordt opgevolgd door een 'volveldsteelt'.

### 5.3. Bloementeelt in grond

Het volvelds bemonsteren wordt bij deze gewassen op dezelfde wijze gedaan als bij de groenteteelt. Bij teelten die niet volvelds zijn geplant (roos, anjer, anthurium, freesia, gerbera enzovoort) worden alleen de plantbedden bemonsterd en niet de looppaden of de randen hiervan. Indien een afdeklaag aanwezig is, zoals bij roos, moet het losse gedeelte niet worden meebemonsterd. De aanwezigheid van een afdeklaag (vers) moet worden vermeld op het inzendformulier. Als het gewas hoog is (anjers, roos), wordt gemakkelijk teveel aan de rand van het bed gestoken en bestaat de kans dat het midden van het bed niet voldoende in het monster wordt opgenomen. Voor een representatief monster is dit een slechte zaak! Let dus op dat de stekken regelmatig over het gehele bed worden verdeeld.

### 5.4. Fruitteelt in de grond

In kassen met fruitbomen wordt doorgaans volvelds bemonsterd. Het is vaak gewenst ook de tweede steek te bemonsteren (25-50 cm). Grondstroken tussen serres kunnen ook worden bemonsterd. Dit echter nooit doen zonder ook een apart monster uit de serre te nemen.

### 5.5. Potgrond

Bij het bemonsteren van voorraadhoppen potgrond of uitgangsmaterialen voor potgrond, worden de stekken regelmatig over de hoop verdeeld. Let op dat ook het inwendige van de grondhoop wordt meegenomen. Nooit één monster van verschillende partijen nemen.

Bij bemonsteren van opgepotte planten wordt bij voorkeur een speciaal potgrondboortje gebruikt. Kleine potjes kunnen soms problemen geven. Overwogen kan dan worden om grond van 30 à 40 potjes gedeeltelijk of geheel in het monster op te nemen.

In uiterste noodzaak, als geen boortje voor handen is, kan de potkluit uit de pot worden genomen en wordt met de hand van zowel de onder- als van de zijkant wat grond verzameld. Dit moet bij 40 potten uit de partij gebeuren. Als dit bezwaarlijk is in verband met beschadiging of plantverliezen, dan van minstens 20 potten de grond wegnemen.

Verzamel bij de teelt van cymbidiums in emmers of styropordozen van 40 emmers of dozen het monster over de gehele diepte.

In alle gevallen moet, ongeacht de wijze van watergeven, de bovenste 2 cm van de potinhoud niet in het monster worden opgenomen. Bij droge bovengrond, soms bij 'eb en vloed', het bovenste droge materiaal verwijderen tot maximaal een kwart (1/4) van de pothoogte.

### 5.6. Teelten in kunstmatige substraten

Bij het nemen van een monster voedingsoplossing uit steenwol of ander kunstmatig substraat wordt met behulp van een injectiespuit of soortgelijk apparaat het monster uit de matten opgezogen. Verdeeld over het te bemonsteren object, maximaal 1 ha, wordt van minstens 40 plaatsen de monsterfles geheel gevuld. De zuigapparatuur wordt daartoe van bovenaf in de matten gestoken. Let erop dat niet door het plastic onder de matten, gestoken wordt.



Verder is het belangrijk dat voedingsoplossing wordt verzameld van een gelijk aantal plaatsen van zowel onder als tussen de druppelaars. Neem geen dode einden op in het monster. De dode einden zijn de plaatsen waar de ene ingepakte mat tegen de andere ingepakte mat aanligt of plaatsen waar het plastic tussen twee matten is opgetrokken. Voor juiste pH-metingen moet de voedingsoplossing onder de druppelaars en tussen de druppelaars apart worden bemonsterd. Direct nadat het monster is verzameld, dient de inhoud van de monsterfles tegen daglicht te worden beschermd door deze bijvoorbeeld te verpakken in niet lichtdoorlatend materiaal. Het monster dient ter voorkoming van chemische veranderingen zo snel als mogelijk is te worden geanalyseerd.

Bij teelten in substraat waar het drainagewater wordt hergebruikt kan het drainagewater worden bemonsterd mits het doorspoelcentage 30% bedraagt. Voor het meten van de pH geeft het drainwater vaak geen goede indicatie.

#### 5.7. Recirculatiesysteem

In teelsystemen met weinig of geen substraat waarin het water wordt gerecirculeerd, dient het monster te worden opgevangen bij de recirculatietank, voordat daar eventueel opnieuw zuren en/of voedingsstoffen aan worden toegevoegd. Bij voorkeur wordt het monster genomen als het recirculatiesysteem in werking is. Dit monster moet ook worden afgeschermd van daglicht. Bij recirculatiesystemen en bij hergebruik van drainagewater is het van belang dat de voedingsoplossing die wordt bemonsterd ook van licht is afgeschermd.

#### 5.8. Veensubstraat

Bij teelten in veensubstraat kan het monster met een boor of zondig met de hand worden genomen. Het monster wordt samengesteld door van 40 plaatsen wat veen weg te nemen. Dit wordt gedaan over de gehele diepte van de veenlaag en gelijkelijk verdeeld over plaatsen van onder als tussen de druppelaars. Bij 'open' systemen de bovenste 2 cm substraat niet in het monster opnemen (zie ook paragraaf 5.5.).

#### 5.9. Watermonsters

Monsters van bassin- of oppervlaktewater worden genomen door de monsterfles voldoende diep, zo mogelijk minstens 25 cm, onder het wateroppervlak te vullen. Water dat via een leiding wordt aangevoerd (zoals leidingwater, bronwater en dergelijke) pas bemonsteren nadat de leiding enige tijd (minimaal 15 minuten) water heeft aangevoerd. Hetzelfde geldt ook voor installaties die water produceren, zoals ontzoutingsapparatuur en rookgascondensoren.

## 6. EFFECTEN VAN ZOUT

### 6.1. Zout

Een hoog zoutgehalte in het wortelmilieu veroorzaakt bij vrijwel alle gewassen een vermindering van de groei en een verlaging van de opbrengst. Soms treedt ook kwaliteitsvermindering van het geogste produkt op. Voorbeelden hiervan zijn rand bij sla, neusrot bij tomaat en paprika en zwarte harten bij bleekselderij.

Als oorzaak van de slechte groei door een hoog zoutgehalte in het wortelmilieu kunnen worden genoemd:

1. De osmotische druk van het bodemvocht is voor de plant te hoog.
2. De plant neemt van een bepaald ion een toxische hoeveelheid op.
3. De opname van een bepaald essentieel voedingselement wordt belemmerd.

Het bij 1 genoemde effect wordt het osmotische effect van zout genoemd en de bij 2 en 3 genoemde effecten berusten op specifieke ioneffecten.

### 6.2. Osmotisch effect

#### 6.2.1. Osmotische druk

Het osmotische effect van zout is dikwijls grotendeels verantwoordelijk voor het optreden van de groeiremming. Vaak is het effect verklaard door een vermindering van het verschil in osmotische druk tussen de bodemoplossing en de plant. Het water zou daardoor minder gemakkelijk worden opgenomen. Dit is waarschijnlijk niet juist. Onderzoekingen hebben namelijk aangetoond, dat de plant zich aanpast aan de osmotische druk in het wortelmilieu door intern de osmotische druk evenredig te verhogen met de toename in het wortelmilieu. Het is niet precies bekend waardoor de groeivermindering dan wel ontstaat. Bij een hoog zoutgehalte in het wortelmilieu worden bepaalde fysiologische processen beïnvloed, zoals de ademhaling en de enzymenhuishouding. Mogelijk moet de groeivermindering daaraan worden toegeschreven.

Het osmotische effect ontstaat dus door een te hoge osmotische druk van de bodemoplossing. Daarbij maakt het dus geen verschil door welk zout de osmotische druk wordt veroorzaakt. Dit laatste geldt als vergeleken wordt op basis van de osmotische druk. Als op basis van gewicht wordt vergeleken, is een zout met een laag gemiddeld iongewicht, zoals keukenzout (29), wel schadelijker dan een zout met een hoog gemiddeld iongewicht, zoals kalisulfaat (58).

Bij een hoog zoutgehalte in de bodemoplossing kunnen verschillen in effecten tussen de zouten ontstaan doordat bepaalde zouten het oplosbaarheidsprodukt bereiken, zoals bijvoorbeeld calciumsulfaat. Hoeveelheden calcium en sulfaat toegediend boven het oplosbaarheidsprodukt slaan in de bodem neer en verhogen niet langer de osmotische druk van de bodemoplossing.

Een ander effect waarmee rekening moet worden gehouden is de activiteit van de ionen. Bij toenemende ionenconcentraties in een oplossing hebben de ionen de neiging minder actief te worden en paren te gaan vormen.

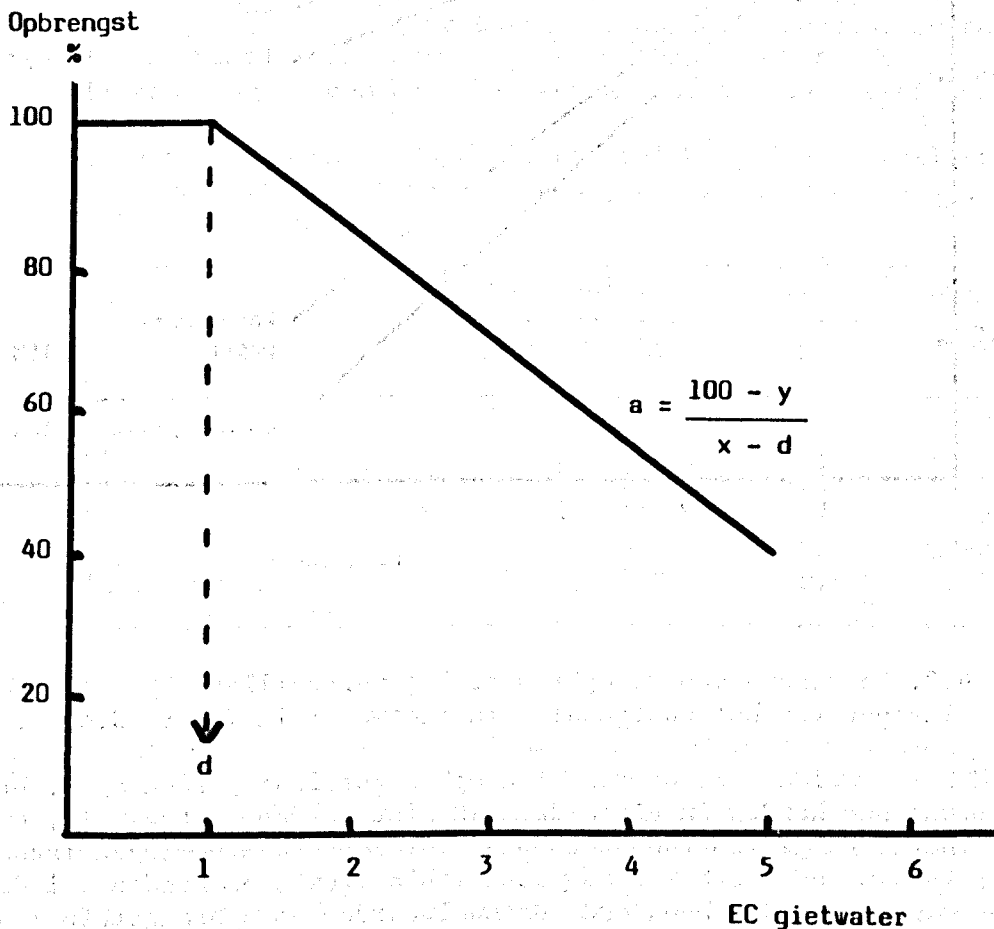
Dit houdt in dat twee ionen zich gaan gedragen als één deeltje, maar wel in oplossing blijven. De osmotische druk wordt daardoor echter wel lager. Meerwaardige ionen vormen gemakkelijker paren dan eenwaardige.

### 6.2.2. EC

Uit het voorgaande blijkt dat de osmotische druk (OP) van gietwater of van de bodemoplossing een belangrijk kenmerk is. Het bepalen van de osmotische druk is bewerkelijk en daarom wordt als regel het elektrische geleidingsvermogen (EC) gehanteerd. Voor oplossingen waarin de osmotische druk voornamelijk wordt veroorzaakt door elektrolyten, bestaat een nauw verband tussen OP en EC. Voor oppervlaktewater en grondextracten in de Nederlandse glastuinbouw waarvan de zoutensamenstelling niet te eenzijdig is, kan globaal worden aangehouden  $OP = 1/3 EC$ .

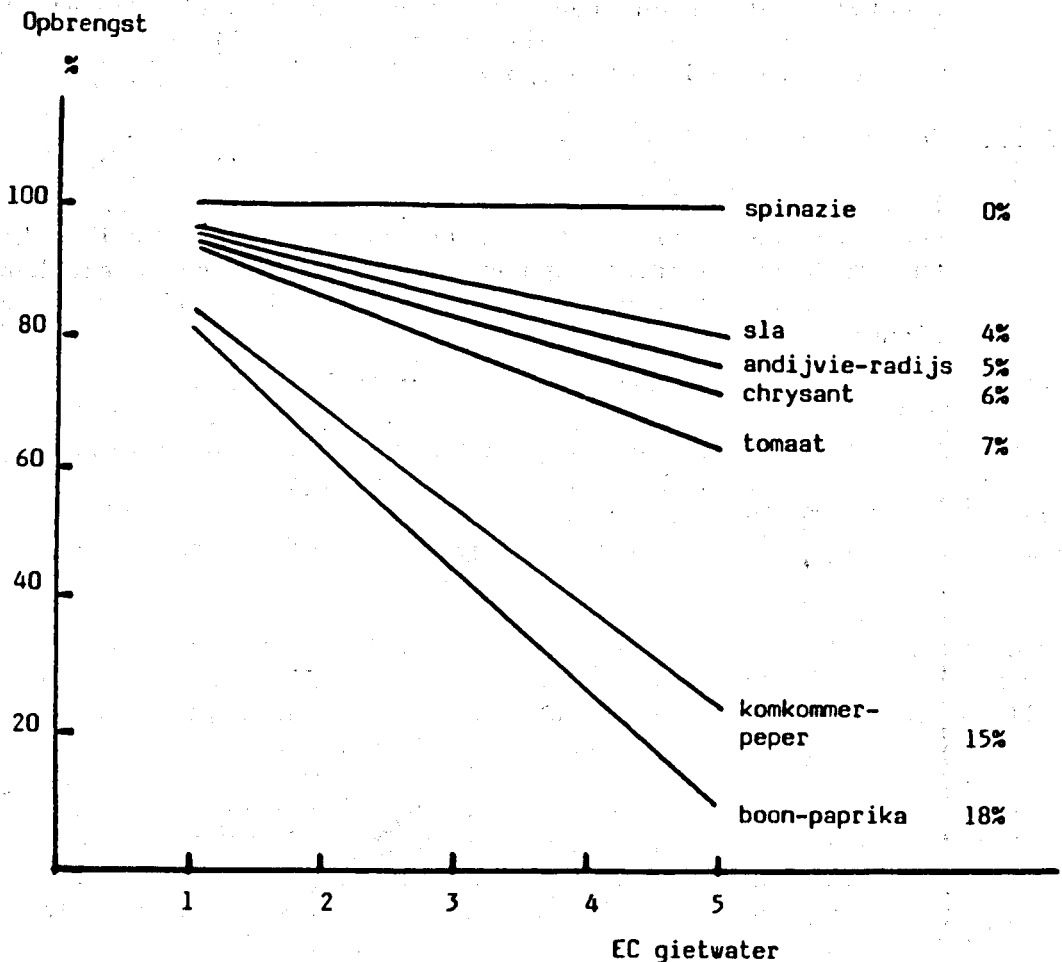
### 6.2.3. Zoutgevoeligheid gewassen

Indien geen specifieke effecten optreden bij zoutshade van gewassen wordt de EC als maat voor het zoutgehalte gebruikt. Het verband tussen de EC en groei, opbrengst en ook sommige andere kenmerken van gewassen, verloopt als regel volgens het model weergegeven in figuur 6.1.



Figuur 6.1. Drempelwaarde (d) en opbrengstafnamepercentage (a) bij zouteffecten.

Tot een bepaald niveau ondervindt het gewas geen nadelig effect van zouten in gietwater of bodemoplossing. De maximum waarde waarbij dit het geval is, wordt drempelwaarde genoemd. Boven deze drempelwaarde nemen groei en opbrengst gewoonlijk lineair af bij toenemende EC. De afname in opbrengst wordt als regel uitgedrukt in procenten per eenheid EC ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  bij  $25^{\circ}\text{C}$ ). Het wordt het opbrengstafnamepercentage genoemd. In figuur 6.2. is voor een aantal gewassen geteeld in een bepaalde serie proeven op het proefstation te Naaldwijk, het verband tussen de EC van het gietwater en de opbrengst in procenten weergegeven.



Figuur 6.2. De afname van de opbrengst bij verschillende gewassen onder invloed van het zoutgehalte in gietwater in % per  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

De vermelde percentages zijn opbrengstafnamepercentages. Drempelwaarden konden in dit onderzoek niet worden vastgesteld, omdat in het lage gebied van de EC niet voldoende waarnemingen lagen. In een onderzoek met een aantal bloemgewassen konden wel drempelwaarden worden benaderd. Drempelwaarden en opbrengstafnamepercentages zijn weergegeven in tabel 6.1.

Tabel 6.1. Drempelwaarden en zout-opbrengstafnamepercentages voor gietwater bij enkele bloemgewassen.

Gietwater	Drempelwaarde	Opbrengstafname %
Anjer	0,7 - 1,2	6
Gerbera	< 0,6	16
Anthurium*	0,1 - 0,6	28
Chrysanth	< 0,8	9
Hippeastrum (bol)	< 0,6	19
Hippeastrum (bloem)	< 0,6	18
Alstroemeria	< 0,8	15

\* Gewas vooral gevoelig voor NaCl en daarom alleen NaCl berekend  
 $1 \text{ mS.cm}^{-1} = 8,5 \text{ mmol NaCl.l}^{-1}$ .

### 6.3. Specifieke effecten

#### 6.3.1. Natrium en chloride

Specifieke effecten treden soms op door een te grote opname aan natrium of chloride. Veel gewassen nemen meer Cl op dan Na. De opname van beide ionen neemt sterk toe onder invloed van toediening van deze ionen aan het gietwater. Dit veroorzaakt bij veel gewassen necrose, die vaak begint in de wat oudere bladeren. In tabel 6.2. zijn Na- en Cl-gehalten van jonge volgroeide bladeren weergegeven bij een laag en een hoog keukenzoutgehalte van het gietwater.

Tabel 6.2. Natrium- en chloridegehalten ( $\text{mmol.kg}^{-1}$  droge stof) van de bladeren van enkele bloemgewassen bij een laag en een hoog gehalte aan keukenzout in het gietwater.

Gewas	$1 \text{ mmol NaCl.l}^{-1}$		$22 \text{ mmol NaCl.l}^{-1}$	
	Na	Cl	Na	Cl
Anjer	78	135	413	439
Gerbera	17	217	357	783
Anthurium	9	248	174	946
Chrysanth	17	161	61	642
Hippeastrum	44	618	682	1298
Alstroemeria	45	242	307	955

#### 6.3.2. Sodicity

In bepaalde soorten water komen Na en Cl niet voor in equivalente hoeveelheden. Soms is dan het Na-gehalte hoger dan het Cl-gehalte en komt een deel van het natrium voor als natriumbicarbonaat. In dat geval bevat het water equivalent minder calcium en magnesium dan bicarbonaat. Bij toediening van gietwater aan de grond worden calcium, magnesium en bicarbonaat equivalent neergeslagen. Bij een tekort aan calcium en magnesium in het gietwater, wordt de extra benodigde calcium en magnesium onttrokken aan de bodemoplossing of aan het adsorptiecomplex door uitwisseling met natrium.

Gronden waarop dergelijk water wordt gebruikt, kenmerken zich door een hoge pH, versnelde afbraak van organische stof (zwartkleuring), een hoog natrium- en lage calcium- en magnesiumgehalten, een dichte structuur en een slechte waterdoorlatendheid. Het verschijnsel is in feite geen echt zouteffect, want de EC van de bodemoplossing behoeft niet hoog te zijn. In de literatuur wordt het dan ook met de term "sodicity" aangeduid.

In Nederland komt water met een ongunstige verhouding tussen  $\text{HCO}_3$ , Ca, Mg en Na alleen plaatselijk voor in het diepe grondwater.

### 6.3.3. Calcium

Een hoog zoutgehalte in de grond kan zowel de calciumopname door de plant als het transport van calcium in de plant beïnvloeden.

Veel gewassen nemen bij toenemend zoutgehalte minder Ca op. Voor een deel kan dit worden verklaard uit kationenantagonisme. Voor een ander deel echter niet, want ook als een evenredig deel van de toegediende zouten uit Ca bestaat blijkt toch minder Ca te worden opgenomen. In dergelijke gevallen wordt een verminderde Ca-opname wel toegeschreven aan de relatieve afname van de activiteit van Ca. Het effect is echter niet voor alle gewassen gelijk. Dit blijkt uit de gegevens van tabel 6.3. Hierin zijn de resultaten van een proef weergegeven, waarin toediening van keukenzout en een zoutenmengsel aan het gietwater werden vergeleken en de gehalten aan calcium in het gewas werden bepaald. In het zoutenmengsel bestond ongeveer 15% van de ionen uit calcium. Bij sla en tomaat wordt minder calcium opgenomen, bij paprika iets meer en bij komkommer duidelijk meer bij een hoger zoutgehalte. De effecten kunnen ook duidelijk verschillen naar de diverse plantedelen, zoals blijkt uit tabel 6.4.

Tabel 6.3. Het effect van zouttoediening aan het gietwater op de calciumopname van enkele gewassen. Gehalten in mmol per kg droge stof.

	Controle	Zoutenmengsel 2,7 mS	Keukenzout 2,7 mS
Sla (krop)	351	284	261
Paprika (blad)	1033	1160	1136
Tomaat (blad)	1614	1546	1530
Komkommer (blad)	1542	2088	2107

Tabel 6.4. Het effect van een hoge EC-waarde van de voedingsoplossing in het wortelmilieu (steenwol) op de opname van calcium door tomaat. Gehalten in mmol.kg<sup>-1</sup> droge stof.

Plantedeel	EC-waarde in steenwol	
	2,6	5,9
Jong blad	663	661
Jonge bladsteel	648	621
Oud blad	1284	1115
Oude bladsteel	1004	760
Vrucht	47	47

In dit geval bij tomaat werd het calciumgehalte vooral in de bladstelen en minder in het blad beïnvloed. In oude bladeren was het effect sterker dan in jongere bladeren. Moeilijkheden als gevolg van calciumtransport in de plant bij een hoog zoutgehalte in de grond treden op als gevolg van een verminderde worteldruk. Het calciumtransport naar weinig transpirerende delen als vruchten en ingesloten bladmassa's, kan daardoor ernstig worden belemmerd. Dit kan neusrot in vruchten en rot of rand in compacte bladmassa's tot gevolg hebben. Tabel 6.5. geeft een voorbeeld van het optreden van neusrot onder invloed van het zoutgehalte van het gietwater.

Tabel 6.5. Neusrot in paprika onder invloed van het zoutgehalte van gietwater.

EC gietwater	% Neusrotte vruchten	
	voorjaar 1974	herfst 1976
0,10	0,4	2,5
0,38	0,8	3,7
0,65	0,9	2,9
0,93	1,2	3,0
1,20	1,4	4,2
1,48	1,5	7,0

#### 6.4. Gunstige zouteffecten

Naast nadelige effecten van een hoog zoutgehalte in het wortelmilieu, treden ook wel gunstige effecten op. Zo ontstaat bij een hoog zoutgehalte in het wortelmilieu soms een steviger en vruchtbaarder gewas dan bij een laag zoutgehalte. Ook de vruchtkwaliteit kan positief beïnvloed worden. Zo kunnen vruchtkleur, vorm, houdbaarheid en smaak verbeteren. Dit blijkt uit de resultaten van een proef waarin verschillende EC-waarden werden gehandhaafd in het wortelmilieu (zie tabel 6.6.).

Tabel 6.6. De invloed van verschillende EC-waarden van de voedingsoplossing in de steenwolmat op de opbrengst en kwaliteit van tomaten.

Kenmerken	EC 2,6	EC 3,5
Aantal vruchten m <sup>-2</sup>	224	222
Gewicht kg.m <sup>-2</sup>	12,7	11,9
Vruchtgewicht g	56	54
Vruchtvorm index	6,4	6,6
Doorkleuring in dagen	4,4	4,1
Uitstalleven in dagen	17,5	19,2
EC vruchtsap mS.cm	5,8	6,2
Zuurgehalte sap mmol.l <sup>-1</sup>	75	84
Refractie % Brix	4,8	5,0

Onder bepaalde omstandigheden wordt hiervan in de glastuinbouw gebruik gemaakt, door een hogere bemesting toe te dienen dan voor de voeding van de plant strikt noodzakelijk is.

## 7. NAUWKEURIGHEID VAN HET GROND- EN SUBSTRAATONDERZOEK

Bij het steken van grondmonsters wordt geprobeerd de gemiddelde samenstelling van het te bemonsteren perceel zo goed mogelijk in een kleine hoeveelheid grond te reproduceren. Naarmate de samenstelling van het monster de gemiddelde toestand van het perceel dichter benadert, is de nauwkeurigheid van het grondonderzoek groter.

Door verschillende factoren geven de analysecijfers van het monster niet precies de gemiddelde toestand van het bemonsterde perceel weer. Hierdoor zullen twee monsters die op eenzelfde perceel worden gestoken doorgaans niet precies dezelfde analysecijfers opleveren. De factoren die deze verschillen veroorzaken kunnen worden ingedeeld in twee groepen:

- Invloeden op het laboratorium, ook wel laboratorium- of analysefout genoemd.
- Invloeden van buiten het laboratorium, ook wel monsterfout genoemd.

### 7.1. Analysefout

Indien op het laboratorium in eenzelfde monster twee keer een bepaalde analyse wordt uitgevoerd, zullen de uitkomsten vaak niet geheel gelijk zijn. Hiervoor kunnen verschillende oorzaken worden genoemd, zoals afwijkingen bij het doseren van extractiemiddelen, het niet geheel juist afstellen van meetapparatuur, afronding bij het aflezen van meetapparatuur, afwijkingen van standaardoplossingen, subbemonstering, enzovoort.

Nagenoeg geen enkele handeling is volledig reproduceerbaar. Het verschil tussen de uitkomsten van de analyses die in eenzelfde monster worden uitgevoerd, is daarom inherent aan elk productieproces waarbij menselijk handelen een rol speelt.

Zolang de analysefout slechts kleine afwijkingen in de uitkomst veroorzaakt, vormt ze geen bezwaar voor de interpretatie van het analysecijfer. Het kan echter voorkomen, dat op het laboratorium grote fouten worden gemaakt. Een voorbeeld is dat de komma fout wordt afgelezen. De uitkomst wordt daardoor minstens 10 x zo groot of zo klein. Dergelijke fouten kunnen niet worden toegeschreven aan de analysefout. Soms kan bij controle - door onderlinge vergelijking van de cijfers - de fout duidelijk worden gesignaleerd. Niet alle fouten zijn echter even duidelijk. Een goed controlesysteem op afwijkingen in meetapparatuur, standaardoplossingen, enzovoort is van groot belang.

### 7.2. Monsterfout

Bij een volkomen gelijkmatig perceel, zou bij het nemen van een monster kunnen worden volstaan met het vullen van één zakje grond op een willekeurige plaats van dit perceel. Een dergelijke gelijkmatigheid komt echter nooit voor. Vooral in de glastuinbouw komen op korte afstanden grote verschillen in chemische samenstelling voor. Door een groot aantal boringen uit te voeren, wordt getracht de gemiddelde samenstelling van het perceel zo goed mogelijk te benaderen. Evenals op het laboratorium zijn echter bepaalde afwijkingen besloten in de methodiek van werken. Deze afwijkingen,

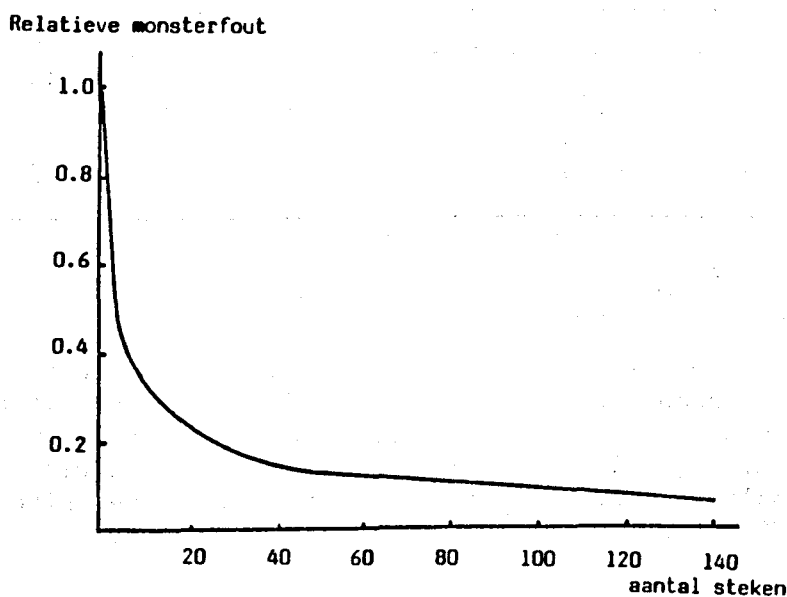


veroorzaakt door de monsterfout, worden bepaald door:

- De gelijkmatigheid van de grond.
- De werkwijze van de monsternemer.

Naarmate de grond onregelmatiger van samenstelling is, zal de variabiliteit van de boringen groter en de nauwkeurigheid van het monster geringer zijn.

Om de invloed van niet-systematische verschillen bij het bemonsteren zoveel mogelijk te beperken, moet een monster uit een voldoende aantal boringen worden samengesteld. Minimaal dienen 20, maar liever 40 boringen te worden verzameld. Op deze wijze kan een redelijk nauwkeurig monster worden verkregen (zie figuur 7.1).



Figuur 7.1. Het verband tussen het aantal steken en de relatieve monsterfout.

In verband met de grote ongelijkmatigheid van kasgronden is de monsterfout in de glastuinbouw doorgaans vrij groot. Naast toevallige onregelmatigheden in de grond komen ook vaak systematische verschillen voor. Zo zullen bijvoorbeeld de paden in tomatenwarenhuizen een geheel andere chemische samenstelling hebben dan de teeltstroken. Hetzelfde geldt voor de bedden en paden in anjer- en rozenkassen. Dergelijke verschillen ontstaan niet alleen door een verschil in mesttoediening tussen bedden en paden, maar vooral ook door verschil in watervoorziening. Op plaatsen waar weinig of geen water terecht komt zal door verdamping zoutaccumulatie optreden. Daar worden hoge gehalten aan voedingsstoffen gevonden. Zeer grote verschillen op korte afstanden worden dan ook gevonden op percelen waar met druppelbevloeiing wordt gewerkt. Een factor waardoor de variabiliteit in de grond sterk toeneemt, is het uitstrooien van meststoffen. Kort na het uitstrooien is het vrijwel onmogelijk een redelijk goed monster te nemen. Het toedienen van meststoffen met het gietwater geeft een minder grote variabiliteit.

De invloed van systematische verschillen kan worden beperkt door een goede instructie voor de monsternemer. Zo kan de instructie luiden dat de systematische verschillen ook systematisch met de monsternemer moeten worden meegenomen of systematisch moeten worden vermeden. Dit kan inhouden dat beurteilungen in paden of teeltstroken wordt gestoken of dat alleen het plantbed wordt bemonsterd. Een

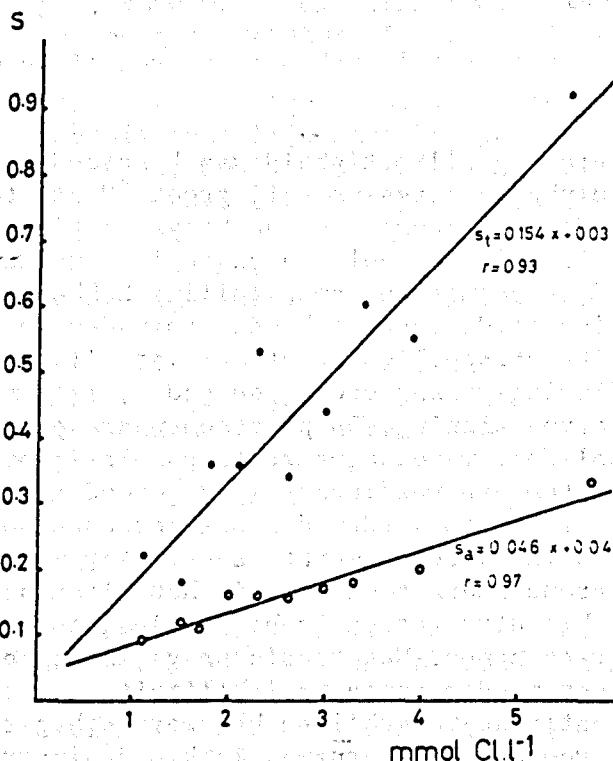
duidelijke instructie bij elke situatie is erg essentieel. Naast horizontale verschillen zijn ook verticaal grote verschillen in de grond aanwezig. Dit geldt vooral voor elementen die in de grond moeilijk worden verplaatst, zoals fosfaat (tabel 7.1). Het nemen van de monsters over de juiste, voorgeschreven diepte is daarom van groot belang.

Tabel 7.1. Gemiddelde waarden van analyseresultaten van grondmonsters verzameld van verschillende diepten in drie kassen.

Diepte	Analyseresultaten			Relatieve waarde		
	N	P	K	N	P	K
0 - 8	5,2	0,44	4,2	100	100	100
8 - 16	4,4	0,27	2,9	85	61	69
16 - 24	2,9	0,14	1,5	56	31	36
24 - 40	2,1	0,05	1,0	40	10	24

### 7.3. Nauwkeurigheid grondonderzoek

De nauwkeurigheid van het grondonderzoek wordt bepaald door de grootte van de monsterfout en de analysefout. De invloed van deze twee factoren tezamen wordt grondonderzoekfout genoemd. Uit onderzoek naar de nauwkeurigheid van het grondonderzoek op het proefstation te Naaldwijk bleek dat bij alle bepalingen met uitzondering van de pH-bepaling de grondonderzoekfout toenam met het niveau van de uitkomst. In figuur 7.2 is een voorbeeld opgenomen.



Figuur 7.2. Het verband tussen het chloridegehalte van het 1:2 volume-extract en de standaarddeviatie  $s_t$  (totaal) en  $s_a$  (analyse). Resultaten onderzoek 1977-1978.

In tabel 7.2. is voor verschillende bepalingen de grondonderzoekfout als percentage van het gehalte weergegeven bij de meest voorkomende uitkomsten.

Tabel 7.2. De grondonderzoekfout in procenten bij een veel voorkomend gehalte van de bepalingen.

Bepaling	Gehalte	Grondonderzoekfout %
Organische stof	8	6
Koolzure kalk	0,5	30
EC)	2,0	13
Cl)	3,0	15
N ) 1:2 volume	5,0	21
P ) extract	0,15	25
K )	2,0	19
Mg)	1,5	21
-----		
pH	Grondonderzoekfout	0,11 bij elke uitkomst

Bij lage waarden is als regel de fout procentueel hoger en bij hogere waarden lager. Voor een bepaalde uitkomst van een bepaling geldt, dat de werkelijke waarde in:

- a. ongeveer 70% van de gevallen ligt tussen de gevonden uitkomst  $\pm 1$  keer de grondonderzoekfout;
- b. ongeveer 95% van de gevallen ligt tussen de gevonden uitkomst  $\pm 2$  keer de grondonderzoekfout;
- c. in vrijwel alle gevallen ligt tussen de uitkomst  $\pm 3$  keer de grondonderzoekfout.

De bijdrage van de monsterfout is als regel belangrijk groter dan de bijdrage van de analysefout. Tabel 7.3. geeft is een overzicht van de verhouding van de bijdrage van de monsterfout en de analysefout aan de grondonderzoekfout voor dezelfde gehalten als in tabel 7.2. Het is vooral zinvol om via betere technieken van grondmonstername de monsterfout te verkleinen.

Tabel 7.3. De verhouding tussen de bijdrage van de monsterfout en de analysefout aan de grondonderzoekfout.

Bepaling	Gehalte	Monsterfout/analysefout
Organische stof	8	1,7
Koolzure kalk	0,5	1,7
pH	7,0	2,0
EC )	2,0	2,4
Cl )	3,0	2,4
N ) 1:2 volume extract	5,0	3,0
P )	0,15	3,9
K )	2,0	2,6
Mg )	1,5	2,6

#### 7.4. Nauwkeurigheid substraatonderzoek

Bij teelten in venige substraten, zoals bij potplanten, en teelten in veenzakken of veenbedden kan de monsterfout erg groot zijn. De

grote variabiliteit van de voedingsstoffenverdeling in het substraat en de moeilijke bereikbaarheid van het substraat voor monstername zullen bijdragen aan deze grote monsterfout.

Bij potplanten is in het verleden een onderzoek uitgevoerd naar de monsterfout en de analysefout bij het onderzoek van veensubstraat voor deze teelten. In tabel 7.4. is voor enkele bepalingen de monsterfout en de analysefout als variatiecoëfficiënt weergegeven. De monsters zijn nog afkomstig uit de periode dat op basis van gewichtsextract werd gewerkt. Dit zal echter de monsterfout niet beïnvloeden. Zoals blijkt is de analysefout redelijk laag, maar is de monsterfout hoog. Overigens blijkt, dat de grondonderzoekfout (totaal) niet eens zo erg veel hoger ligt dan bij het onderzoek van kasgronden (tabel 7.2.).

Voor teelten in steenwol werd in de jaren 1982-1984 onderzoek verricht naar afwijkingen bij het onderzoek van monsters voedingsoplossing uit de steenwolmatten. Tabel 7.5. geeft voor enkele bepalingen een indruk voor het onderzoek van voedingsoplossingen bij deze teeltwijze.

Tabel 7.4. Grondonderzoekfout (= totaal), monsterfout en analysefout van venige substraten bij potplantenteelt, uitgedrukt als variatiecoëfficiënt. Gemiddeld gehalte organische stof in procenten en raalgehalten in mmol per 100 g droge grond.

Bepaling	Variatiecoëfficiënt			Gemiddeld gehalte
	totaal	monster	Analyse	
Organische stof	4,1	3,0	3,9	55,0
Cl	18,0	17,4	6,1	2,4
N	26,8	26,0	8,8	6,4
P	21,9	21,1	7,8	1,0
K	18,0	17,7	4,3	2,2
Mg	22,3	21,9	5,8	0,9

Tabel 7.5. Variatiecoëfficiënten voor de totale fout bij het onderzoek van voedingsoplossingen in steenwolmatten. Gehalten in mmol (hoofdelementen) of umol (spoelementen) per liter.

Bepaling	Gehalte	vc %	Gehalte	vc %
K	4,0	9,2	12,0	10,2
Ca	3,0	3,7	10,0	11,5
NO <sub>3</sub>	7,0	7,6	10,0	11,5
Fe	5,0	7,7	50,0	16,9
B	25,0	11,8	100,0	12,4

Uit de resultaten blijkt, dat de totale fout niet ongunstig afsteekt in vergelijking met die bij het grondonderzoek. Voor enkele bepalingen werden wel grote afwijkingen gevonden, onder andere bicarbonaat.

Voor de interpretatie van de analysecijfers in verband met de afwijkingen gelden natuurlijk dezelfde regels als bij het onderzoek van kasgronden.

8. MINERALENUISHOUDING VAN GLASTUINBOUWBEDRIJVEN

In de glastuinbouw wordt intensief beregend en bemest om een hoge produktie te bereiken. Het is bekend vanuit de praktijk dat toegevoegde hoeveelheden water en meststoffen op verschillende bedrijven bij de teelt van hetzelfde gewas onder vergelijkbare omstandigheden sterk uiteen kunnen lopen. Het kwantificeren van het water- en mestverbruik, de uitspoeling van meststoffen en de achtergrond van verschillende bemestingsregimes vormden een aantal jaren onderwerp van onderzoek in een samenwerkingsproject tussen het Staringcentrum-DLO en het PTG.

Het onderzoek dat in 1975 van start ging concentreerde zich aanvankelijk op de teelt in grond. Later werd met de opkomst van de substraatteelt ook bij deze teelttechniek onderzoek verricht. De naamgeving van dat project "eutrofiëringsproject" duidt erop dat de elementen stikstof (N) en fosfor (P) centraal stonden. Ook andere ionen waren in het onderzoek betrokken, maar in dit hoofdstuk blijft de aandacht beperkt tot N, P en K.

8.1. Bemesting bij verschillend bodemgebruik

Tabel 8.1. Kunstmestverbruik in Nederland in 1979/1980 gemiddeld voor geheel Nederland; volgens Wijnands et al (1983).

	Bemest kg per ha per jaar		
	N	P	K
Grasland	260	7	9
Bouwland	140	28	70
Tuinbouw volle grond (eenjarige gewassen)	130	38	143
Tuinbouw volle grond (meerjarige gewassen)	80	8	40
Glastuinbouw	590	129	650

In tabel 8.1. staan gegevens over het kunstmestverbruik bij verschillende vormen van agrarisch grondgebruik. Het zijn de resultaten van een door het LEI in de periode 1979/1980 verricht onderzoek. In die periode speelde de teelt in substraat nog geen rol van betekenis.

Voor zowel de N-, P- en K-bemesting springt de glastuinbouw er duidelijk uit. Als oorzaak van dit hoge gebruik is een aantal factoren te noemen.

- Glastuinbouw is de meest intensieve vorm van agrarisch grondgebruik, waarbij in het algemeen vrijwel continu een gewas in de kas aanwezig is.
- Het hoge bemestingsniveau van de grond voor een groot aantal gewassen.
- Door het hoge verdampingsniveau in de kassen treedt accumulatie van zouten (Na, Cl, SO<sub>4</sub>) in het wortelmilieu op. Omdat de gewassen vaak zoutgevoelig zijn moet extra worden gespoeld.
- Ten tijde van dit onderzoek vond ontsmetting met methylbromide plaats. Bij consumptiegewassen en bij de anjerteelt werd de grond gespoeld ter voorkoming van te hoge bromidegehalten in het gewas en ter voorkoming van schade (anjer). Het gebruik van methylbromide in de glastuinbouw is sinds eind 1991 verboden.

## 8.2. Kunstmestverbruik bij teelt in grond

De gegevens in tabel 8.1. hebben betrekking op alle teelten en combinaties van teelten die in de glastuinbouw voorkomen. In het kader van het eutrofiëringsproject werden bij de gewassen tomaat, chry-sant en roos in de periode van 1978 tot 1984 op respectievelijk 21, 36 en 18 bedrijven gegevens verzameld over het water- en meststof-fenverbruik. De resultaten staan in tabel 8.2. Het niveau van opname door het gewas, bepaald via gewasanalyse en droge stofproductie, is opgenomen in tabel 8.3.

Tabel 8.2. Toevoer aan nutriënten op bedrijven in het Zuidhollands Glasdis-trict met teelten in grond van tomaat (1978), jaarrond chry-sant (1981-1982) en roos (1984), gemiddeld per bedrijf en op de bedrij-ven met respectievelijk het laagste en het hoogste mestverbruik

Gewas	Aantal bedrijven	Bemest kg per ha per jaar		
		N	P	K
Tomaat	21	1150 (440-2150)	205 (0-390)	1410 (370-2660)
Chry-sant	36	720 (140-1550)	126 (0-360)	610 (40-1250)
Roos	18	990 (470-1600)	110 (0-330)	910 (440-1570)

Tabel 8.3. Droge stof produktie en onttrekking van nutriënten door de ge-wassen op basis van gewasanalyse

Gewas	Droge stof in kg per ha per jaar	Onttrokken kg per ha per jaar		
		N	P	K
Tomaat (1984)	30.000	660	200	1340
Komkommer (1982)	17.200	550	140	880
Paprika (1984)	23.000	500	85	780
Chry-sant (1984)	17.500	450	75	720
Roos (1987)	11.400	330	50	330

Uit de gegevens in tabel 8.2. blijkt duidelijk dat de verschillen in mestverbruik tussen bedrijven met één en hetzelfde gewas bijzon-der groot kunnen zijn. Verder blijkt de gemiddelde toevoer van een aantal mineralen via de bemesting op een aanzienlijk hoger niveau te liggen dan de opname door het gewas. Er waren echter ook bedrij-ven waar de toevoer in de periode van onderzoek kleiner was dan de opname door het gewas. Hierbij moet worden bedacht dat de gegevens slechts betrekking hebben op een periode van één jaar en dus in ze-kere zin als een momentopname beschouwd moeten worden. Daarom is het ook verklaarbaar dat de opname door het gewas op sommige be-drijven groter was dan de bemesting. Op den duur zou dit tot uit-putting in sub-optimale gewasgroei leiden. Zo bleek dat bij 22 van de 36 onderzochte chry-santenteeltbedrijven de K-bemesting lager was dan de berekende gewasopname van 720 kg K per ha. Op de chry-santen-bedrijven werd gestreefd naar een laag zoutenniveau in de grond uit oogpunt van de groeisnelheid van het chry-santengewas. Dit resul-teerde over het algemeen in een lage K-bemesting.

In het onderzoek werd nagegaan of de hoogte van de mestgift in verband gebracht kan worden met de watergift en de voedingstoestand van de grond. Het bleek dat de watergift sterk uiteenliep; bij chrysanth van 650 mm tot 1600 mm en bij roos van 760 tot 1440 mm per jaar. De gewasverdamping ligt bij deze twee gewassen op circa 700 mm per jaar. Bij nadere analyse van de gegevens bleek er een relatie te bestaan tussen de watergift en de hoeveelheid toegediende meststoffen, met name voor de elementen N en K. Een hoog mestgebruik ging meestal samen met een hoge watergift en andersom hadden bedrijven met een laag mestgebruik een lage watergift. Een hoge mestgift in combinatie met een lage watergift kwam tot uiting in een hoge voedingstoestand van de grond. De watergift had dus een belangrijke invloed op het meststoffengebruik.

De watergift was relatief hoog:

- bij een hoge NaCl-concentratie van het gietwater;
- na ontsmetting met methylbromide werd bij tomaat gespoeld in verband met het voorkomen van bromideresidu;
- bij lichte grond;
- slechte verdeling van het beregeningssysteem;
- onjuiste beoordeling van de waterbehoefte in combinatie met het onbekend zijn van de afgifte van de beregeningsinstallatie.

De watergift was meer afgestemd op de behoefte van het gewas door:

- de bedrijfsomstandigheden zoals een slecht doorlatende grond, opdrachtige grond, problemen met grondbewerking waardoor men min of meer is gedwongen tot een kritisch watergeefregime;
- bedrijfsomstandigheden laten een hoge watergift toe; toch werd de watergift bewust afgestemd op de behoefte van het gewas, bijvoorbeeld door in afhankelijkheid van de straling water te geven.

Op bedrijven met een hoge water- en mestgift zullen veel voedingszouten zijn uitgespoeld. Echter niet steeds het verschil tussen aanvoer en gewasopname aangezien een deel van de voeding uit het systeem verdwijnt (zie 8.4.).

De verschillen in bemesting en watergift kwamen tot uiting in de voedingstoestand van de grond. Ook deze liep sterk uiteen. Zo lag het nitraatcijfer op de chrysanthenteeltbedrijven in het 1:2 volume-extract tussen de 0,6 en 5,3 mmol per liter. Ook de N:K-verhouding liep per bedrijf sterk uiteen; van 1:1 tot 7,5:1.

### 8.3. Kunstmestverbruik bij teelt in steenwol

In de jaren tachtig vond een grote omschakeling plaats van teelt in grond naar teelt in steenwol. In 1992 was de oppervlakte in Nederland met dit teeltsysteem bij glasteelten circa 2500 ha. Door het PTG (1982 en 1984) en door het LEI (1989) werd een onderzoek ingesteld naar het water- en meststoffenverbruik op bedrijven met teelt in steenwol (bij teelt in steenwol wordt gesproken van water- en meststoffenverbruik). De resultaten van deze onderzoeken zijn opgenomen in de tabellen 8.4. en 8.5. Uit de tabellen blijkt dat het waterverbruik en de bemesting in 1989 ten opzichte van 1984 aanzienlijk was toegenomen. Dit is gedeeltelijk toe te schrijven aan het hogere produktieniveau. Ook zal de lozing zijn toegenomen. Bij vergelijk met bemesting van

tomaat in de grond (tabel 8.2.) blijkt het bemestingsniveau bij teelt op substraat (tabel 8.4. en 8.5.) op een wat hoger niveau te liggen. Ook hier moet worden opgemerkt dat het produktieniveau in de tussenliggende jaren aanzienlijk is toegenomen.

Tabel 8.4. De watergift en toevoer aan nutriënten op tuinbouwbedrijven in het Zuidhollands glasdistrict met teelten op steenwol van tomaten, komkommer en paprika (PTG, teeltjaar 1982) en van roos (PTG teeltjaar 1984), gemiddeld per bedrijf en op de bedrijven met respectievelijk het laagste en het hoogste mestverbruik.

Gewas	recirculatie	Aantal bedrijven	watergift (m /ha/ jaar)	Bemest ( kg/ ha/ jaar)		
				N	P	K
Tomaat	met	3	6400	900 (880- 920)	280(270- 285)	1540(1450-1620)
	zonder	6	8350	1340(1130-1160)	405(360- 480)	2350(2100-2800)
Komkommer	zonder	9	9700	1460 (980-2110)	360(540-1180)	1940(1260-2920)
Paprika	met	4	6520	950 (880-1050)	235(180- 275)	1400(1200-1620)
	zonder	4	8250	1330(1270-1420)	305(300- 310)	1860(1780-1910)
Roos	zonder	1	7100	1080	290	880

Tabel 8.5 Het waterverbruik en toevoer aan nutriënten op glastuinbouwbedrijven met teelt op steenwol (LEI, teeltjaar 1989). Op de bedrijven met recirculatie werd pas later in de teelt gestart met recirculeren.

Gewas	recirculatie	Aantal bedrijven	watergift (m /ha/ jaar)	Bemest ( kg /ha /jaar)		
				N	P	K
Tomaat	wel	5	8040	1110	272	1673
	niet	8	9690	1935	375	2454
Komkommer	wel	7	7230	1411	303	1851
	niet	6	9680	2050	380	2658
Paprika	wel	7	7560	1125	217	1476
	niet	7	10120	2102	355	2601

Uit het PTG onderzoek blijkt ook dat er grote onderlinge verschillen in bemesting bestaan tussen de bedrijven met eenzelfde teelt, hoewel in mindere mate dan bij de teelt in grond. Daarbij bleek de hoogte van de N-, P- en K-bemesting nauw gecorreleerd te zijn met de watergift. De watergift op de negen komkommerteeltbedrijven liep uiteen van circa 810 tot 1290 mm bij een verdampingsniveau van circa 660 mm per jaar. Nu is bij teelt op steenwol met een drainagesysteem een zekere doorspoeling van circa 20% een vereiste. Dit om ongelijkheid in druppelafgifte en wateropname door het gewas te nivelleren.



Factoren die een rol speelden bij de relatief hoge watergift waren:  
 - hoge Na- en Cl-concentraties in het druppelwater;  
 - ongelijkmatige waterafgifte van het druppelsysteem;  
 - controle en aandacht van de tuinder op de hoeveelheid drainage-water die soms te wensen over liet.

Een goed systeem voor automatisering van de watergift en teelt in goten (nivellering van de watergift) had een positief effect op het waterverbruik en daarmee ook het mestverbruik.

Uit de gegevens blijkt verder dat door recirculatie van het drainwater aanzienlijke hoeveelheden water en mest zijn te besparen. Wanneer we het mestverbruik op de bedrijven met recirculatie vergelijken met de gewasopname blijken toch verliezen aan mineralen op te treden. Hier wordt in de volgende papragraaf nader op ingegaan.

#### 8.4. Balansonderzoek

Gezien het niveau van het meststoffenverbruik in verhouding tot de opname van mineralen door het gewas ligt het voor de hand een aanzienlijke uitspoeling te veronderstellen. Dit aspect is bekeken in het kader van een gedetailleerd onderzoek met betrekking tot de water- en mineralenhuishouding op bedrijven. Dit onderzoek vond in de periode 1976 tot 1984 plaats op drie tomatenteeltbedrijven in grond (zand, zavel en klei) en op drie bedrijven met een teelt in steenwol bij de gewassen tomaat, komkommer en paprika. In dat onderzoek werd de mineralenbalans op jaarbasis gekwantificeerd door bepaling van de toevoer van mineralen en de afvoer via het drainwater en afvoer via het gewas. Om de afvoer via het drainwater te kunnen berekenen werd het wekelijks bemonsterd en werd de hoeveelheid bepaald. Voor bepaling van de afvoer via het gewas werd het gewas bemonsterd en de droge stof produktie bepaald. Voor wat betreft de resultaten moet worden volstaan met enkele hoofdpunten. Bij zowel de teelt in grond als bij teelt in steenwol werd, met uitzondering van het komkommerteeltbedrijf, geen sluitende mineralenbalans voor N, P en K op jaarbasis verkregen. De aanvoer was steeds groter dan de totale afvoer (zie tabel 8.6.).

Tabel 8.6. Samenvatting water- en mineralenbalansgegevens van een bedrijf met een tomatenteelt op steenwol in de periode van 1 januari tot 15 november 1984. De droge stof produktie was 30.000 kg per ha.

	water	kg per ha		
	<sup>3</sup> m per ha	N	P	K
Aanvoer via druppelwater	7950	1640	450	2210
Afvoer via drainwater	2300	770	170	680
Afvoer via plantopname	5650	660	200	1340
Aanvoer - totale afvoer	0	210	80	190

Voor een verklaring van de verdwijning van N en P kan worden gedacht aan respectievelijk denitrificatie- en precipitatieprocessen in de mat. Deze processen kunnen ook een verklaring zijn voor het grote verschil tussen de mineralenaanvoer van tomaten- en paprika-

teeltbedrijven met recirculatie (tabel 8.4.) en de onttrekking door het gewas (tabel 8.3.).

Ook bij teelt in grond zullen processen als denitrificatie van  $\text{NO}_3$ , vastlegging van P via adsorptie en precipitatie en vastlegging van K aan het adsorptiecomplex of door fixatie een rol van betekenis hebben gespeeld. Het bodemtype bleek van grote invloed te zijn op de vastlegging van P en K en daardoor op de ortho-P en K-concentraties in het ondiepe grondwater en drainwater en de afvoer via het drainwater. Er waren wat dat betreft grote verschillen tussen de drie bedrijven. Voor  $\text{NO}_3$  was dat niet het geval. Dit wordt geïllustreerd door de gegevens van tabel 8.7.

Tabel 8.7. Concentraties aan  $\text{NO}_3$ -N, ortho-P en K in drainwater van glastuinbouwbedrijven op verschillende bodemtypen; gehalten in mmol per liter en mg per liter.

	zand		zavel		klei	
	mmol	mg	mmol	mg	mmol	mg
$\text{NO}_3$ -N	10	140	9	125	12,5	175
ortho-P	--	5,5	-	< 0,4	-	< 0,9
K	5	215	0,3	10	2	78

Bij teelt op steenwol met recirculatie kan naast de hierboven genoemde chemische processen ook verlies optreden door lekkage van het systeem. Dit blijkt ook uit resultaten van een water- en mineralenbalans van het demonstratie bedrijf Denar te Rijswijk (zie tabel 8.8.).

Tabel 8.8. Samenvatting van de water- en mineralenbalans gegevens van een paprikateelt op steenwol met recirculatie van de periode 15 november 1989 tot 1 oktober 1990. De droge stof produktie was 26.900 kg per ha (onderzoek PTG en Denar kas).

	water <sup>3</sup> m per ha	kg per ha		
		N	P	K
Aanvoer	8040	1070	240	1440
Afvoer: -via lozing	990	290	40	300
Afvoer: -via plantopname	6350*	680	100	1030
Aanvoer-totale afvoer	700	100	100	110

\* berekend uit instraling

De lozing van 990 m<sup>3</sup> was noodzakelijk door ophoping van natrium in de voedingsoplossing. Deze ophoping was ontstaan door het gebruik van leidingwater als aanvulling op regenwater. Naar schatting is gedurende de teelt circa 700 m<sup>3</sup> van de voedingsoplossing via diverse routes weggelekt.

Tot slot kan met het oog op de toekomst worden opgemerkt dat bij de

teelt in steenwol een aanzienlijke uitbreiding van recirculatie is te verwachten. Mits er gebruik kan worden gemaakt van water van een goede kwaliteit, zou dit op grond van de hier besproken onderzoekresultaten een aanzienlijke verbetering van de efficiëntie van het water- en kunstmestverbruik betekenen.

## 9. GEWASONDERZOEK

Met behulp van gewasonderzoek kan worden vastgesteld in welke hoeveelheden elementen in bepaalde delen van de plant aanwezig zijn. Op deze wijze kan bijvoorbeeld worden nagegaan of een bepaald element in te grote of te kleine hoeveelheid is opgenomen.

De interpretatie van een gewasanalyse is afhankelijk van het gewas, soms ook van het ras, het plantedeel, de ouderdom van het plantedeel en de gevolgde analysemethode. In dit hoofdstuk zal een en ander worden toegelicht.

### 9.1. Analyse

In principe zijn voor de gewasanalyse twee methoden beschikbaar. Dit zijn de traditionele methode van onderzoek van de droge stof en als tweede methode het onderzoek door middel van plantesap. Het voordeel van laatstgenoemde methode is, dat sneller kan worden gewerkt, omdat het drogen van het monster en het ontsluiten of extraheren van het gedroogde materiaal komt te vervallen. Bij analyse door middel van plantesap wordt na bevriezen en ontdooien het monster uitgeperst, waarna de bepalingen rechtstreeks in het perssap worden uitgevoerd. De extractie van de droge stof vindt plaats met verschillende middelen, afhankelijk van de bepalingen. Veel bepalingen worden gedaan na een extractie met een mengsel van salpeterzuur, perchloorzuur en zwavelzuur of na microgolfdestructie in salpeterzuur, zoutzuur en waterstofperoxide. Voor bepaling van totaal stikstof wordt geëxtraheerd volgens een methode gerelateerd aan de Kjeldahl-methode. Hierbij wordt salicyl-zuur, zwavelzuur en thio-sulfaat gebruikt. Het bepalen van nitraat gebeurt door water-extractie.

In de extracten kunnen hoofd- en spoorelementen worden bepaald. De gehalten worden uitgedrukt in mmol of umol per kg droge stof. Bij onderzoek door middel van perssap worden de hoeveelheden ook wel uitgedrukt op het perssap. Het is dan wel gewenst dat het gehalte aan droge stof wordt bepaald.

### 9.2. Variatie in gehalten

De gehalten aan voedingselementen in verschillende delen van de plant kunnen sterk uiteenlopen. Vrijwel altijd speelt de leeftijd van een orgaan een belangrijke rol. Oude bladeren aan een plant zijn anders van samenstelling dan jonge bladeren. Zelfs binnen een orgaan kunnen zich grote verschillen in chemische samenstelling voordoen. Bladranden kunnen duidelijk afwijken van de middengedeelten van bladeren. Aan de hand van enkele voorbeelden wordt een en ander toegelicht.

Bij het optreden van neusrot in paprikavruchten werden het onder-, midden- en bovengedeelte van zieke en gezonde vruchten afzonderlijk op kalium en calcium onderzocht. De resultaten zijn in tabel 9.1. weergegeven. Zoals blijkt, is het kaliumgehalte in alle delen van de vrucht redelijk gelijk, maar toont het calciumgehalte grote verschillen. Het optreden van neusrot is te verklaren uit de verschillen in calciumgehalte in de punt van de vruchten.

Tabel 9.1. Kalium- en calciumgehalten in paprikavruchten al of niet door neusrot aangetast. Gehalten in mmol per kg droge stof.

Deel van de vrucht	Ziek		Gezond	
	K	Ca	K	Ca
Schouder	920	57	910	62
Midden	820	22	770	43
Punt	920	17	910	32

Een ander voorbeeld laat een groot verschil zien tussen blad en bladstelen. In een proef met verschillende zinktoedieningen bij tomaat werden bladeren en stelen afzonderlijk bemonsterd en onderzocht. Bij een laag zinkniveau was het gehalte in de bladeren hoger dan in de bladstelen, maar bij een voldoende hoog of hoog niveau werd vooral in de bladstelen veel zink opgeslagen (tabel 9.2.).

Tabel 9.2. Zinkgehalten in blad en bladstelen bij tomaat in afhankelijkheid van de zinktoediening. Gehalten in mmol per kg droge stof.

Toediening umol. l	Bladeren	Bladstelen
2,2	0,15	0,11
6,7	0,22	0,56
10,8	0,26	0,72
15,7	0,30	0,82
22,8	0,32	1,67

Bij yuccabladeren bleken grote verschillen te bestaan tussen de verschillende onderdelen. Dit blijkt uit de analyseresultaten in tabel 9.3.

Tabel 9.3. De chemische samenstelling van verschillende onderdelen van yuccabladeren. Gehalten in mmol per kg droge stof.

Element	Delen van het blad		
	Bladvoet	Midden	Bladpunt
N	1020	1370	1530
P	100	100	75
K	770	600	560
SO <sub>4</sub>	33	40	54
Cl <sup>4</sup>	180	50	30
Mn	0,2	0,2	1,0
B	1,3	1,4	3,6

Ook de verschillende onderdelen van een bloem lopen sterk uiteen in samenstelling. In tabel 9.4. zijn de gehalten aan voedingselementen van de bloemkolf en het schutblad van bloemen van Anthurium andreanum weergegeven.

Tussen rassen kunnen vrij grote verschillen in opname van bepaalde elementen bestaan. Tabel 9.5. geeft een voorbeeld voor gerbera.

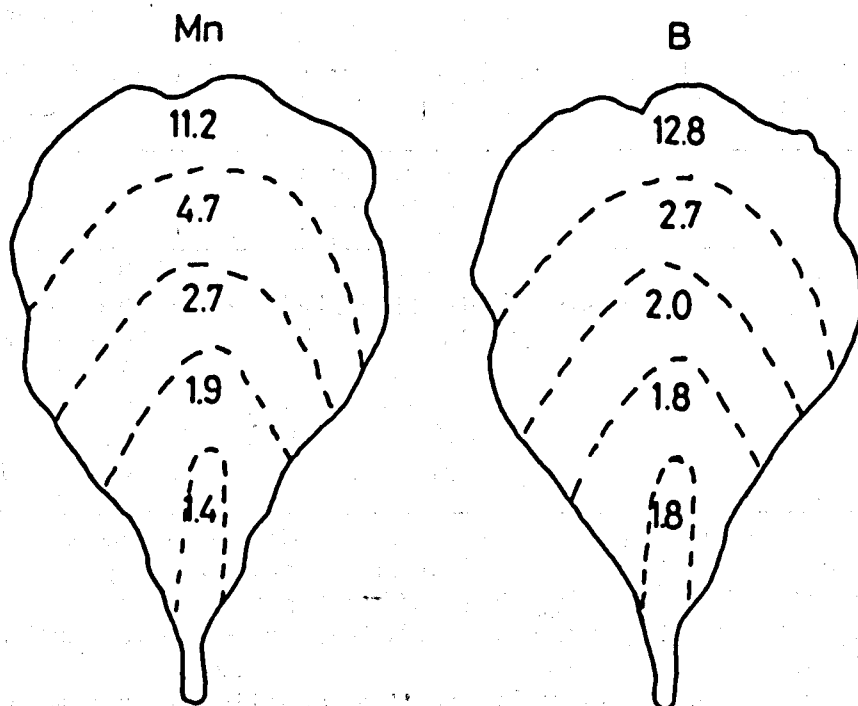
Tabel 9.4. Samenstelling van de bloemkolf en het schutblad van *Anthurium andreanum*. Gehalten in mmol per kg droge stof.

Element	Schutblad	Bloemkolf
K	740	590
Ca	150	560
Mg	100	300
SO <sub>4</sub>	5	35

Tabel 9.5. Verschil in chemische samenstelling van het blad bij twee gerberarassen. Gehalten in mmol per kg droge stof.

Elementen	Cultivar	
	Mandarin	Lemon Queen
K	700	880
Ca	420	480
Mg	115	240
N	1710	2420
P	70	180

Doorgaans bevatten jonge bladeren per eenheid droge stof meer N, P, K en Mg en minder Ca, S, Fe, Mn en B dan oude bladeren. Een duidelijk voorbeeld van een ongelijkmatige verdeling van voedingselementen in blad is te vinden in het onderzoek van Bert en Honma (J. Amer. Soc. Hort. Sci., 100, 278 - 282) naar de verdeling van voedingselementen in slabladeren met droogrand. De verdeling van mangaan en borium is weergegeven in figuur 9.1.



Figuur 9.1. Verdeling van mangaan en borium in slabladeren met droogrand (gehalten in mmol per kg droge stof).

Zoals blijkt, waren in dit geval het mangaan en borium opgehoopt aan de buitenzijde van de bladeren. Juist de ongelijkmatige verdeling in de bladeren speelde een belangrijke rol bij het optreden van droogrand.

Uit het voorgaande zal duidelijk zijn geworden dat gewasonderzoek alleen een zinvolle zaak is als op basis van redelijke veronderstellingen wordt bemonsterd. De gedachte dat door het nemen van een willekeurig gewasmonster precies kan worden vastgesteld wat een plant wel of niet heeft opgenomen is onjuist. Veelal speelt de verdeling van bepaalde elementen in de plant een belangrijker rol dan het gehalte op zich.

### 9.3. Rassen en gevoeligheid voor overmaat

Onderzoek heeft aangetoond dat tussen rassen grote verschillen kunnen bestaan in de gevoeligheid voor overmaat aan bepaalde elementen. Met name voor sla en roos is dit voor mangaan duidelijk geconstateerd. Een grotere resistentie voor mangaanovermaat van een bepaald ras behoeft niet te berusten op een minder grote opname van dit element. Zo werd bij sla gevonden dat bij rassen die sterk verschillen in gevoeligheid voor mangaanvergiftiging de mangaangehalten in het gewas min of meer gelijk waren (zie tabel 9.6.).

Tabel 9.6. Indexcijfers voor mangaanovermaat en de mangaangehalten van slakroppen (mmol per kg droge stof) bij verschillende rassen. Index voor mangaanvergiftiging: 1 - 3 licht, 4 - 6 matig en 7 - 10 ernstige symptomen.

Ras	Mn-overmaat	Mn-gehalte krop
Blackpool	9,0	14
Rapide	8,0	14
Noran	7,2	12
Deciso	6,0	12
Deci-Minor	4,0	13
Plenos	0,2	15

### 9.4. Monstername

De keuze van het plantedeel dat wordt opgenomen in het monster is sterk bepalend voor de analyseresultaten. Alvorens wordt overgegaan tot het verzamelen van het monster, dient goed overwogen te worden welk plantedeel of welke plantedelen moeten worden verzameld. Dit hangt weer nauw samen met het doel dat wordt beoogd.

In een gezond gewas, waarin een globale indruk van de gehalten aan mineralen is gewenst, wordt geheel anders bemonsterd dan in een gewas dat gebreks- of overmaatverschijnselen vertoont. In het eerste geval zal een standaardprocedure worden gevolgd en in het tweede geval moet de bemonstering worden afgestemd op de verschijnselen. Verschillende plantorganen moeten in principe nooit in eenzelfde monster worden opgenomen.

De volgende richtlijnen kunnen als handleiding dienen.

#### 9.4.1. Groenten

Bij vruchtgewassen die geen afwijkingen vertonen worden jonge volgroeide bladeren verzameld. Bij bladgewassen worden veelal gehele planten in het monster opgenomen. Als op deze wijze te grote monsters ontstaan, worden de planten (kroppen) zodanig bemonsterd dat jonge en oude bladeren evenredig zijn vertegenwoordigd in het monster.

#### 9.4.2. Bloemen

Bij potplanten worden jonge volgroeide bladeren verzameld. Bij roos worden de bovenste drie vijfbladeren van oogstrijpe takken genomen. Eventueel wordt van meer takken slechts één vijfblad genomen; afwisselend wordt dan het eerste, tweede of derde vijfblad genomen. Bij anjer wordt van oogstrijpe takken het vijfde bladpaar vanaf de top genomen. Ook wordt bij dit gewas wel het vijfde bladpaar van jonge scheuten verzameld. Bij cymbidium wordt van jonge volgroeide scheuten het tweede blad van buiten genomen en bij Anthurium andreanum blad waarvan de bloem kort geleden is geogst. Bij andere snijbloemen worden jonge volgroeide bladeren genomen.

#### 9.4.3. Bewaren en vervoer

Stel de monsters samen uit materiaal van meer dan 20 verschillende planten. Transporteer het materiaal in schone plastic zakken. Bewaar en transporteer de monsters bij voorkeur zo kort mogelijk, koel en afgesloten van het zonlicht. Verpak verse gewasmonsters die langere tijd moeten worden bewaard in gesloten plastic zakken. De monsters mogen nooit zo lang worden bewaard dat ze gaan schimmelen.

#### 9.5. Voorbehandeling

Voordat de monsters op het laboratorium worden onderzocht, worden ze veelal gedroogd en gemalen. Vooral monsters van onder glas geteelde gewassen kunnen sterk verontreinigd zijn met stof. Als voor de analyse ontsluiting met sterke zuren nodig is, kan deze verontreiniging ernstige storingen opleveren bij de bepaling van spoorelementen zoals ijzer en aluminium. Voor hoofdelementen is dit tot op heden niet geconstateerd. Monsters bestemd voor onderzoek op spoorelementen moeten daarom worden gereinigd door wassen. Het wassen gebeurt met 0,1% Teepol of 0,1 M zoutzuur. Bij gebruik van zoutzuur kan het oorspronkelijke chloridegehalte niet meer worden bepaald, doordat zoutzuur chloride in het monster achterlaat. Bij sterke verontreiniging kunnen beide middelen achtereenvolgens worden toegepast. Het wassen gebeurt door het materiaal gedurende 10 tot 15 seconden in de oplossing te dompelen. Te langdurig wassen kan uitspoeling van elementen uit het materiaal tot gevolg hebben. Het drogen vindt bij voorkeur plaats bij 80°C. Na drogen wordt het materiaal gemalen en in plastic potjes gedaan, waarna het gereed is voor onderzoek. Voorkom bij het malen verontreiniging van het monster met bepaalde elementen door slijtage van metalen onderdelen van de molen. Dit geldt ook voor bakjes waarin de gewasmonsters worden gedroogd. Als deze niet corrosiebestendig zijn geven ze bij het drogen metalen af aan het gewas.

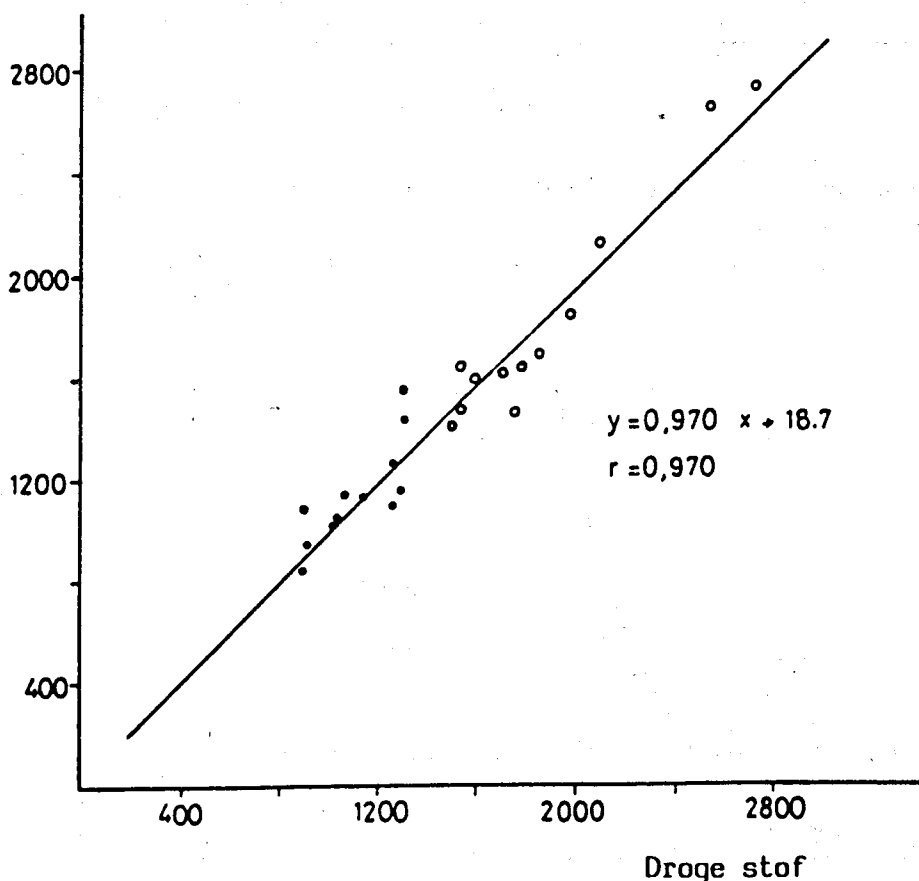


Bij onderzoek op basis van plantesap spelen verontreinigingen een minder grote rol. Bij deze methode vindt geen destructie met sterke zuren plaats, zodat ijzer, aluminium en eventueel andere elementen uit verontreinigingen niet in oplossing worden gebracht.

#### 9.6. Totaal analyse en plantesap

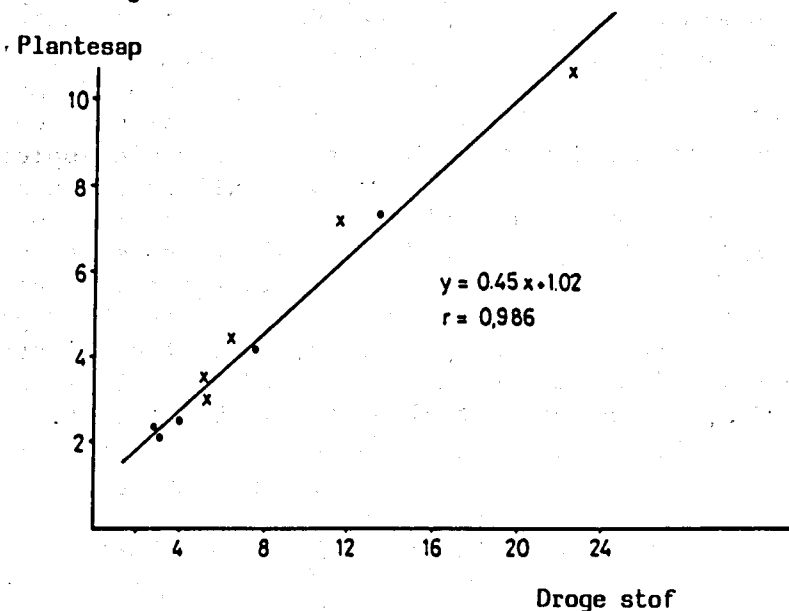
Bij onderzoek van gedroogd plantmateriaal wordt gestreefd naar een totaal analyse. Door destructie wordt het totale gehalte van de elementen in de analyse betrokken, onafhankelijk van de verbinding waarin de elementen voorkomen. Bij analyse van het plantesap worden alleen die hoeveelheden van de elementen bepaald die in oplosbare vorm in het plantesap aanwezig zijn. Voor elementen die uitsluitend in opgeloste vorm in het plantesap voorkomen, geven beide methoden hetzelfde resultaat. Dit geldt bijvoorbeeld voor kalium. Voor andere elementen waarvan belangrijke hoeveelheden in niet-oplosbare vorm in de plant voorkomen, treden grote verschillen op tussen hoeveelheden geanalyseerd in het plantesap en de totaal aanwezige hoeveelheden. Dit geldt bijvoorbeeld voor calcium en mangaan. Tussen hoeveelheden van elementen die met beide genoemde methoden worden gevonden wordt veelal een nauw gecorreleerd verband gevonden. Dit verband is verschillend per gewas, element en plantedeel. Ook de groei-omstandigheden kunnen van invloed zijn. In figuur 9.2. is een voorbeeld gegeven voor het element kali bij tomaat.

Plantesap

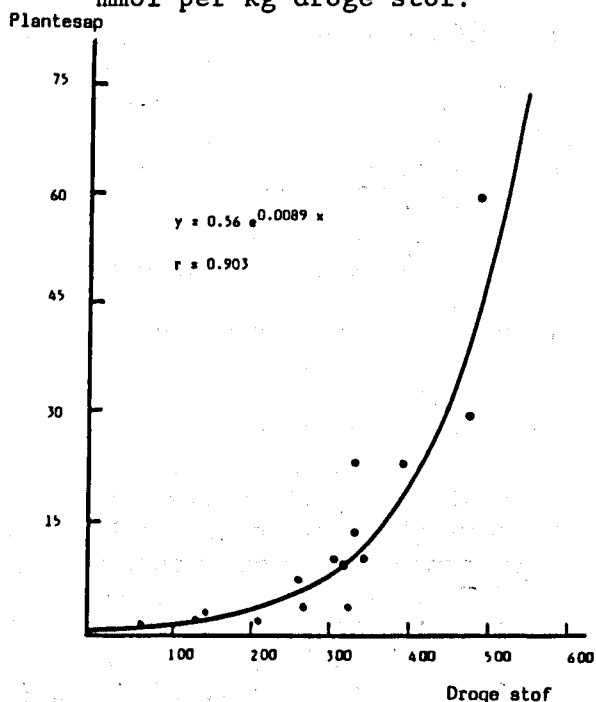


Figuur 9.2. Het verband tussen het kaligehalte van tomatenbladeren (●) en bladstelen (○) bepaald in droge stof en in plantesap. Gehalten in mmol per kg droge stof.

De gevonden hoeveelheden in het plantesap zijn in dit geval min of meer gelijk aan de totale hoeveelheden. Dit is duidelijk niet het geval met mangaan bij dit gewas (figuur 9.3.). Het relatief grote intercept wijst op een relatief grote hoeveelheid in het plantesap bij lage totaalgehalten. In het lage gebied zal het verband dus kromlijinig worden. Calcium blijkt bij lage totaalgehalten relatief weinig in het plantesap voor te komen. Het verband tussen gehalten gevonden bij plantesap analyse en die gevonden bij totale destructie is ook dan kromlijinig. De kromlijinigheid is echter niet convex, maar concave. Figuur 9.4. geeft een voorbeeld van calcium bij anjer.



Figuur 9.3. Verband tussen het mangaangehalte van tomatenblad (x) en bladstelen (●) bepaald in droge stof en in plantesap. Gehalten in mmol per kg droge stof.



Figuur 9.4. Verband tussen het calciumgehalte van anjerbladeren bepaald in droge stof en in plantesap. Gehalten in mmol per kg droge stof.

## 10. INTERNE KWALITEIT VAN GROENTEGEWASSEN

Groenten worden geconsumeerd om te voorzien in de behoefte aan vitamines en mineralen. De chemische samenstelling van bijvoorbeeld sla zal - op een of andere wijze - die van de grond weerspiegelen. Bevat de grond veel natrium, dan zal de sla ook meer van dit element bevatten in vergelijking met sla van een Na-arme grond. Bij vruchtgroenten is de relatie grond-gewas minder duidelijk. De vrucht wordt namelijk vanuit het blad van voedingselementen voorzien en niet, zoals de bladeren, rechtstreeks vanuit de wortel.

### 10.1. Opname

Niet alle elementen worden gemakkelijk opgenomen. Chloride wordt bijvoorbeeld gemakkelijk opgenomen. Lood (Pb) is een voorbeeld van een element dat via de wortel moeilijk wordt opgenomen. Uiteraard is de concentratie van betekenis. Meestal is het zo, dat bij lage gehalten de opname rechtevenredig is met de concentratie. Bij hogere concentraties in de bodem neemt de opname relatief af (Mitserslich kromme).

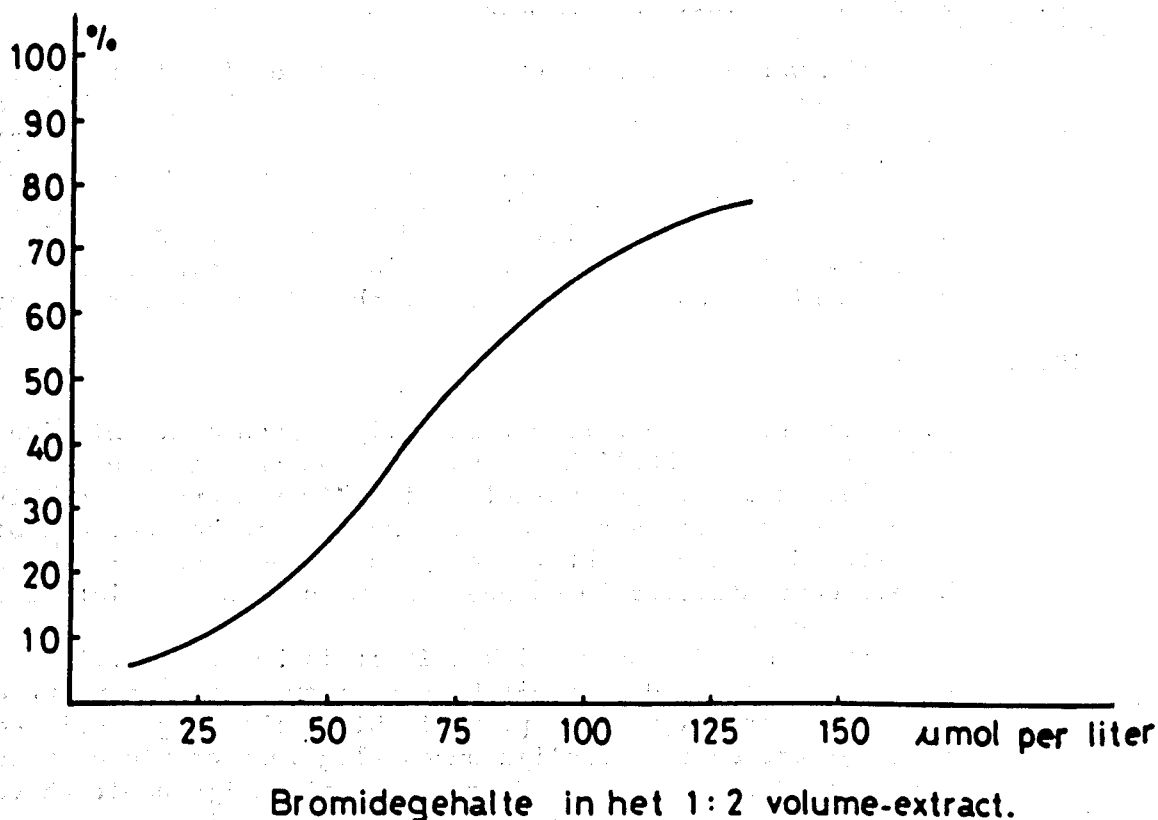
In verband met de consumptiekwaliteit is het belangrijk voor de diverse elementen de gevoeligheid voor overmaat van plant en dier (mens) te vergelijken. De plant is bijvoorbeeld gevoelig voor mangaanovermaat en betrekkelijk ongevoelig voor cadmiumovermaat. Het gevolg is dat de mens via de groenten eigenlijk nooit te veel mangaan kan binnenkrijgen, maar wel te veel cadmium.

In principe kunnen alle elementen uit het periodieke systeem een rol spelen in de consumptiekwaliteit. Het werkelijk van betekenis zijn wordt bepaald door diverse factoren, zoals:

1. Technologische betekenis, bijvoorbeeld Br door toepassing van methylbromide.
2. Het min of meer uitbundig voorkomen van het element in het milieu, al of niet afkomstig van de industrie. Zo is bijvoorbeeld het Cd-gebruik in ons land in 1974 450 ton Cd (Feenstra, J.F., 1975. Verkenningen van het Instituut voor Milieuvraagstukken aan de Vrije Universiteit. Serie C, nr. 6).
3. De gevoeligheid van de mens. Cd wordt bijvoorbeeld opgeslagen in de nieren.

### 10.2. Bromide

Bromide komt in de natuur algemeen voor, met name geaccumuleerd in de zee. Mariene flora en fauna en afzettingen uit de zee bevatten dus relatief veel broom. Bromide in grond in kassen is vooral afkomstig van ontsmetting met methylbromide. Na toepassing van methylbromide ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) blijft het bromide (Br) in de grond achter en kan gemakkelijk door het gewas worden opgenomen. De maatregel hier tegen is spoelen. Bromide spoelt even gemakkelijk uit als chloride, waar het in chemisch opzicht sterk op lijkt. Er werd een duidelijk verband gevonden tussen Br in het 1:2 volume extract en Br in sla ( $r = 0,6-0,7$ ). Op grond van deze correlatie krijgen de tuinders bij hun Br-cijfers een grafiek die de waarschijnlijkheid aangeeft dat ze sla zullen oogsten met minder dan 50 mg bromide per kg vers produkt (zie figuur 10.1.). Deze 50 mg Br is de maximaal toegelaten hoeveelheid in sla in veel landen.



Figuur 10.1. Kans dat sla meer dan 50 mg bromide bevat per kg vers gewicht.

De lijn in de grafiek geeft ongeveer aan hoe groot de procentuele kans op overschrijding is bij een bepaald gehalte aan bromide in de grond. Nadrukkelijk zij vermeld dat alleen een kans kan worden genoemd en dat geen garantie kan worden gegeven.

De via de 1:2 volume extract bepaalde hoeveelheid bromide is niet de totale hoeveelheid broom in de grond. Door andere chemische ontsmettingsmiddelen wordt het Br-gehalte in het 1:2 volume extract weinig beïnvloed, wel echter door stomen. Men neemt aan dat in organische verbindingen opgesloten broom wordt omgezet in water oplosbaar bromide. Ook op gronden die nooit waren ontsmet, werd dit verschijnsel waargenomen. Daarom moet ook na stomen vaak worden gespoeld om het teveel aan bromide kwijt te raken.

In gebieden met veel glasbedrijven en een niet-gescheiden waterafvoer kan het in de sloot gespoelde bromide van het ene bedrijf problemen geven bij het andere bedrijf. Voorkom daarom dat het eigen drainwater in de sloot komt waar het spoelwater wordt onttrokken.

Bij enkele gewassen, waaronder tomaat en sla, is een nitraat-bromide-antagonisme waargenomen. Bij tomaat gaf 1 mmol  $\text{NO}_3$  per liter extract extra, een vermindering van ongeveer 10 mg Br per kg vers produkt.

Bromide wordt niet als erg schadelijk voor de mens beschouwd. Het wordt wel gebruikt als kalmeringsmiddel. Men heeft normen gesteld om de opname door de mens binnen de perken te houden.

### 10.3. Zware metalen

Zware metalen zijn de metalen met een grotere dichtheid dan die van ijzer, bijvoorbeeld zink, koper en nikkel. Sommige zware metalen behoren tot de voor de plant noodzakelijke elementen. Andere komen zo sporadisch voor dat ze geen problemen opleveren. Hierdoor blijven er drie van betekenis over, te weten cadmium, lood en kwik. In veel gevallen wordt arseen daarbij geplaatst, hoewel dit geen metaal is. Genoemde vier zijn in ons land het meest bestudeerd. Problemen zijn waargenomen op havenslib (Broekpolder), op volks-tuintjes, die veelal aangelegd zijn op plaatsen waar achteraf verontreiniging bleek voor te komen (oude gasfabrieken en dergelijke) en in de Kempen in de buurt van zinkfabrieken. Ze zouden ook te verwachten zijn bij intensief gebruik van rioolslib.

Er is een inventarisatie (rapport 8-85, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid) geweest, waarbij ook tomaat, komkommer en glassla waren betrokken. De resultaten worden in de volgende paragrafen in het kort behandeld.

#### 10.3.1. Cadmium

De Nederlandse norm (Warenwet) voor cadmium ligt voor bladgewassen tussen 0,1 - 0,2 mg per kg vers gewicht. De ontwerpnorm voor tomaat is 0,1 mg en voor komkommer 0,03 mg per kg vers gewicht. In tabel 10.1 worden de cadmiumgehalten in sla, tomaat en komkommer vermeld.

Tabel 10.1 Cadmiumgehalten in kasgroenten uitgedrukt in mg per kg versgewicht (n=aantal monsters).

Soort	(n)	Spreiding min. - max	Gemiddelde	95% onder
Kassla	75	0,01 - 0,19	0,05	0,11
Tomaat	40	0,002 - 0,08	0,02	0,04
Komkommer	45	0,0003 - 0,01	0,003	0,006

Bij sla werden zes monsters aangetroffen, die tussen de voor bladgewassen geldende norm lagen. In 1986 en '87 heeft een tweede inventarisatie met glassla plaatsgevonden. Deze inventarisatie is in samenwerking met het Centraalbureau van de Tuinbouwveilingen door het proefstation in Naaldwijk uitgevoerd. In totaal werden 88 gewasmonsters op cadmium onderzocht. Twee van de monsters overschreden de norm van 0,2 mg per kg vers gewicht, terwijl negen monsters tussen de voor bladgewassen geldende norm lagen. Acht van de elf monsters kwamen uit de provincies Limburg en Noord-Brabant. De spreiding en het gemiddelde kwamen vrijwel overeen met die vermeld in tabel 10.1.

Bij tomaat en komkommer werd de ontwerpnorm niet overschreden.

### 10.3.2. Lood

De norm (Warenwet) voor lood in kassla, tomaat en komkommer ligt tussen 0,3 - 0,5 mg per kg versgewicht. Tabel 10.2. geeft de resultaten. Alleen de kassla werd drie keer een hoger gehalte dan 0,5 mg per kg aangetroffen.

Tabel 10.2 Loodgehalten in glasgroenten uitgedrukt in mg per kg versgewicht.

Soort	(n)	Spreiding min. - max	Gemiddelde	95% onder
Kassla	75	0,03 - 2,3	0,14	0,3
Tomaat	40	0,002 - 0,08	0,01	0,02
Komkommer	45	0,001 - 0,014	0,005	0,01

### 10.3.3. Kwik

De norm (Warenwet) voor kwik ligt tussen 0,01 - 0,03 mg per kg versgewicht. In tabel 10.3. worden de resultaten vermeld. De norm werd geen enkele keer overschreden.

Tabel 10.3. Kwikgehalten in enkele kasgroenten uitgedrukt in mg per kg versgewicht

Soort	(n)	Spreiding min. - max.	Gemiddelde	95% onder
Kassla	75	0,0005 - 0,011	0,002	0,004
Tomaat	40	0,0001 - 0,008	0,001	0,005
Komkommer	45	0,0001 - 0,002	0,0003	0,0004

### 10.3.4. Arseen

Naast het van nature voorkomen van arseen in grond, is er arseen gebruikt in bestrijdingsmiddelen en zo toegevoegd aan de bodem. De norm (Warenwet) voor arseen is 0,1 mg per kg versgewicht. De resultaten staan in tabel 10.4. De norm werd bij kassla 1 keer overschreden.

Tabel 10.4. Arseengehalten in enkele glasgroenten uitgedrukt in mg per kg versgewicht.

Soort	(n)	Spreiding min. - max	Gemiddelde	95% onder
Kassla	75	0,002 - 0,14	0,011	0,020
Tomaat	40	0,0002 - 0,002	0,001	0,001
Komkommer	45	0,0001 - 0,084	0,023	0,061

### 10.3.5. Invloed pH

De pH speelt een rol bij de opname van de meeste zware metalen; in de regel wordt minder opgenomen bij hogere pH. Bij sla is bekalking zeker een van de factoren die het Cd-gehalte kunnen verlagen. Doordat de industrie verhoudingsgewijs veel cadmium gebruikt, moet het gehalte in de loop der jaren stijgen, tenzij de regering het gebruik gaat beperken. Bij lood ontstaat de verontreiniging vooral via de lucht (langs snelwegen). Onder glas hebben we daar mogelijk minder last van. Lood afkomstig uit benzine vormde het grootste aandeel in de aanvoer van dit metaal. De loodbelasting zal enigszins afnemen mede door het toenemende gebruik van loodvrije benzine.

### 10.4. Cesium

Na de explosie in de kerncentrale bij Chernobyl (26 april 1986) werden de groentetelers in West-Europa geconfronteerd met radioactieve fall out. De fall out bestond voornamelijk uit Cs-137. Naar aanleiding hiervan werd op het proefstation te Naaldwijk enige proeven met stabiel cesium (Cs-133) uitgevoerd. Aangenomen werd dat de opname door planten van stabiel cesium (Cs-133) overeenkwam met die van Cs-137.

Cs-133 werd als CsCl aan diverse grondsoorten in 10 liter potten toegediend en wel in de concentraties 0; 0,01; 0,1 en 1 mg Cs per liter grond. De opname van cesium door spinazie werd niet beïnvloed door toediening van 0,01 en 0,1 mg per liter grond (gemiddelde opname 10 umol Cs per kg droge stof). Bij toediening van 1 mg per liter werd op lichte grond (< 3% lutum) meer cesium in spinazie aangetroffen dan op zware grond (29% lutum), respectievelijk 46 en 9,5 umol per kg droge stof.

Naast grond werd ook Cs-133 toegediend aan een voedingsoplossing en wel in de volgende concentraties 0; 0,075; 0,752 en 7,52 umol Cs per liter. Sla, tomaat, komkommer en bonen werden geteeld. In tabel 10.5 zijn de resultaten van het gewasonderzoek uitgedrukt in umol per kg droge stof vermeld.

Tabel 10.5. Cesiumgehalten in sla, tomaat, komkommer en bonen (in umol per kg droge stof) na toediening van cesium aan de voedingsoplossing.

Gewas	Toediening Cs (umol per liter)			
	0	0,75	0,752	7,52
sla	12	17	98	925
tomaat blad	6	28	127	1070
tomaat vrucht	4	11	62	592
komkommer blad	6	23	174	1536
komkommer vrucht	5	71	200	1235
boon blad	6	23	154	1375
boon	4	19	119	908

Het verband tussen enerzijds het gehalte in de voedingsoplossing en anderzijds het gehalte in de gewassen blijkt in het onderzochte

traject rechtlijnig te verlopen, dit in tegenstelling tot bij grond. De opname per gewas verschilt aanzienlijk. De gewassen nemen gemakkelijker cesium op uit water dan uit grond. Tegenwoordig worden veel gewassen geteeld in kunstmatige substraten. Dat houdt in, dat in geval van fall out voorkomen moet worden, dat water verontreinigd wordt met Cs-137. Vooral bij bedrijven die regenwater opslaan moet hierop worden gelet.

Kunstmeststoffen kunnen ook cesium bevatten. Dat blijkt vooral bij kalimeststoffen het geval te zijn: kalisulfaat 4,6; kalisalpeter 4,0 en patentkali 2,8 mg Cs-133 per kg.



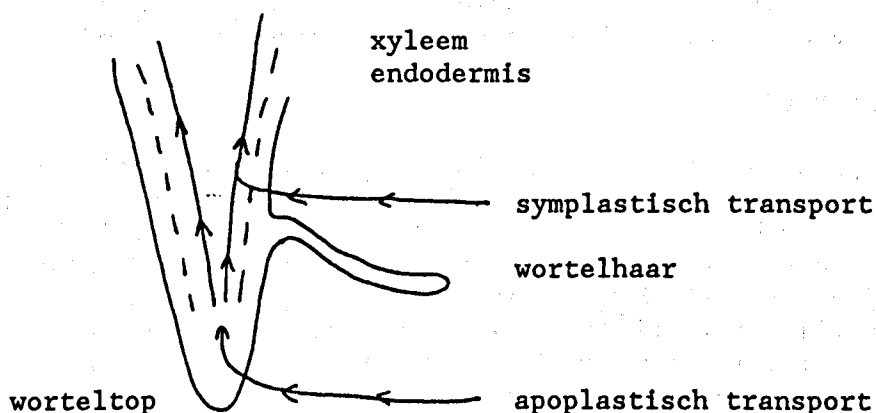
## 11. PLANTENVOEDING, GEBREK- EN OVERMAATVERSCHIJSSELEN

### 11.1. Algemeen

Voor de groei van een plant zijn een aantal elementen noodzakelijk. Dit zijn: C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B en Cl. Verder zijn er enkele elementen, waarvan het niet zeker is of ze nodig zijn; het zijn de elementen Na, Si en Co. Ook kan het zijn, dat voor de plant een element niet belangrijk is, maar voor menselijke consumptie wel, bijvoorbeeld Se. Er zijn elementen, die de plant niet nodig heeft, maar toch bij de plantevoeding een rol spelen, omdat ze giftig (= giftig) zijn in hoge concentraties, bijvoorbeeld Al, Ni, Se en F.

Voedingselementen kunnen door de wortel of via het blad worden opgenomen. Door de wortel kunnen de elementen met de verdampingsstroom mee worden opgenomen. Dat wordt passieve opname genoemd. Verder kunnen veel elementen actief in de cel worden opgenomen door membranen, in dit geval de zogenoemde plasmalemma. In deze membranen zorgen 'carriers' (= Eng., dragers) voor de opname. Een 'carrier' die geschikt is voor het transport van een bepaald element is soms ook in staat een ander element, met ongeveer gelijke grootte en lading, op te nemen. Bij de opname van deze twee elementen is er een soort tegenwerking, ook wel antagonisme (anti - tegen) genoemd. Twee elementen kunnen elkaar ook positief beïnvloeden bij de opname. Dat wordt synergisme (syn = samen) genoemd. Een bekend voorbeeld is Mg en  $\text{NO}_3$ . Bij de opname van  $\text{NO}_3$  kan tegelijkertijd Mg worden opgenomen. Overigens is dit alleen merkbaar bij zeer lage Mg-gehalten in het wortelmilieu.

De opname door de wortel kan door de endodermis naar het xyleem verlopen. De elementen worden dan via het plasma in de cel vervoerd: dit wordt symplastisch (sym = samen) transport genoemd.



Figuur 11.1. Transport van voedingselementen.

Calcium wordt op deze manier moeilijk opgenomen. Het wordt meestal opgenomen bij de worteltoppen. Calcium stroomt dan langs de cellen via de intercellulaire holten en door de poreuze celwand, maar het komt niet in de cel. Het wordt opgenomen zonder tussenkomst van het plasma. Daarom wordt het apoplastisch (a = zonder) transport genoemd. Dit apoplastisch transport kan niet bij de wat oudere wortels voorkomen, omdat in de endodermis alle intercellulaire holten en de poreuze celwanden opgevuld zijn met een voor water en voe-

dingselementen ondoordringbare laag. -1-

In de cel is de EC ongeveer 30 mS.cm<sup>-1</sup>. Toch kunnen cellen bij deze hoge EC nog voedingselementen opnemen. De voedingselementen worden van de wortel naar het blad getransporteerd door het xyleem. Omgekeerd worden assimilaten van het blad naar de wortel gevoerd door het floëem.

### 11.2. Stikstof (N)

NH<sub>4</sub> wordt sneller opgenomen dan NO<sub>3</sub>. Bij opname van NO<sub>3</sub> geeft de plant HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> af waardoor de pH stijgt en bij de opname van NH<sub>4</sub> geeft de plant H<sup>+</sup> af waardoor de pH in het wortelmilieu juist daalt. Na opname van NO<sub>3</sub> wordt dit in de wortel en/of in het blad omgezet tot NH<sub>4</sub> en daarna ingebouwd in aminozuren en eiwitten.

N komt vooral voor in chlorofyl; van de totale hoeveelheid N in de plant kan 70% in chlorofyl voorkomen. Hiermee samenhangend uit N-gebrek zich in een geringere hoeveelheid chlorofyl en een lichtgroene kleur van het blad. De vegetatieve groei is minder en de plant bloeit vroeger. Bij gebrek wordt N uit het oude blad gemobiliseerd; chlorofyl wordt afgebroken en de N wordt naar het jonge blad getransporteerd. Zodoende is N-gebrek het eerst in het oude blad zichtbaar. Bij tomaat vertonen de nerven van de bladeren tevens een geringe, paarse verkleuring. Bij kroot is het blad donkerpaars en bij peen rossig getint. Sluitkool vertoont een paarse gloed. Gewassen met een gebrek aan N zijn gevoeliger voor ziekten. In ieder geval voor bepaalde schimmelziekten, zoals bijvoorbeeld Botrytis bij tomaat.

Na het uitzaaien of uitplanten treedt stikstofgebrek op als stro of strorijke mest is gebruikt en weinig stikstof is gegeven. Tijdens de teelt treedt het gebrek op na zware regenval of te sterke beregning, vooral op lichte zandgronden. Bij potplanten komt het voor na toediening van veel water zonder meststof. Stikstofovermaat is soms moeilijk te onderscheiden van een zoutovermaat. Het gewas is in beide gevallen donkergroen en de groei is geremd.

### 11.3. Fosfor (P)

De plant neemt fosfor op als H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>. Het wordt actief opgenomen door de gehele wortel, dus niet alleen de worteltoppen. De plant is in staat om bij zeer lage concentraties in het wortelmilieu toch voldoende P op te nemen. Het interne transport in de plant verloopt bijzonder snel. P wordt in eiwitten ingebouwd en het speelt een belangrijke rol bij de vorming van enzymen. In de ondergrond is het P-gehalte laag; zodoende kan na grondverzet P-gebrek optreden. Kenmerk is het achterblijven van de groei, waarbij de hoofdnerf aan de onderkant en de stengel een paarsachtige kleur kunnen krijgen door anthocyaanophoping. Bij komkommer, meloen en augurk worden bruine vlekken in de oude bladeren waargenomen. Sla vertoont een stugge groei met neiging tot rozetvorming.

Fosforovermaat geeft een slecht groeiende plant met een geïnduceerd Zn-gebrek. Het komt bij de teelt in grond weinig voor. In een substraatteelt is het P-gehalte in het wortelmilieu veel hoger dan in de grondteelt, waardoor soms te veel P wordt opgenomen.

#### 11.4. Kalium (K)

Kalium wordt opgenomen als K-ion. Het regelt de waterhuishouding van de plant en met name het openen en sluiten van de huidmondjes. Zo gaan de sluitcellen van de huidmondjes open als er veel K de sluitcellen wordt ingepompt. Bij beginnend kaliumgebrek is het blad zeer donkergroen, het drogestofgehalte is hoog en wanneer de plant 'moet' verdampen om het blad te koelen lukt dit onvoldoende. Waarschijnlijk gaan de huidmondjes niet of onvoldoende open. Het gevolg is dat de cellen verbranden, omdat door afwezigheid van verdamping de temperatuur van het blad te hoog oploopt. Dit treedt vooral op aan de randen van het blad, waar in normale situaties de verdamping het hoogst is. Er treedt chlorose op langs de bladrand, die kan overgaan in necrose (randjesziekte). Lage K-gehalten geven bij tomaten bonte vruchten, een korter uitstalleven en een lager zuur-gehalte en refractometerwaarde.

Kaliumovermaat uit zich als een zoutovermaat. De groei wordt geremd en er ontstaat een donker gewas. Verder wordt de opname van andere kationen (Ca, Mg) geremd door een antagonistische werking. Zo worden neusrot bij tomaat en rand in sla bevordert door veel kalium.

#### 11.5. Magnesium (Mg)

Magnesium wordt als Mg-ion opgenomen. Mg wordt onder andere ingebouwd in chlorofyl. Mg is in de plant mobiel. Bij gebrek wordt chlorofyl in de oude bladeren afgebroken en Mg wordt naar de jonge delen vervoerd. Vandaar dat Mg-gebrek het eerst in de oude bladeren, maar meestal niet in de alleroudste, zichtbaar is. Uit de alleroudste bladeren kan het kennelijk niet onttrokken worden; het zit te vast ingebouwd in de organische stof. Mg-gebrek uit zich in chlorose tussen de grote nerven; het blad valt ook sneller af. Bij een winterteelt sla treedt een beeld van Mg-gebrek op na een koude periode. Men veronderstelt dat dit beeld wordt veroorzaakt door een koude en natte grond. Het gebrek is te bestrijden door te spuiten met een 2%-oplossing van bitterzout.

Magnesiumovermaat komt overeen met zoutovermaat, maar er zijn ook wel specifieke Mg-overmaatverschijnselen. Zo ontstaan bij chrysant kleine bladeren.

#### 11.6. Calcium (Ca)

Calcium wordt als Ca-ion opgenomen, bijna alleen door de worteltoppen. Voor een goede opname en verdeling in de plant moet de worteldruk voldoende hoog zijn. Ca wordt in de plant slecht verdeeld. Het wordt vrijwel alleen door het xyleem vervoerd en niet door het floëem. Ca wordt gebruikt voor de opbouw van membranen en celwanden. In de plant is een groot deel van de Ca in gebonden vorm aanwezig; een klein deel is vrij Ca.

Gebrek in het blad ontstaat bij extreem lage verdamping door bijvoorbeeld hoge luchtvochtigheid. Verder ontstaat Ca-gebrek op de plaatsen met een geringe xyleemaanvoer, zoals vruchten (neusrot) en inwendige groeipunten en/of bladeren (rand bij andijvie en sla; zwarte harten bij bleekselderij). In hoofdstuk 12 wordt daarop uitvoerig ingegaan. Bij gebrek sterven jonge bladeren en groeipunten af. Verder is het gewas gevoeliger voor schimmelziekten. Bij roos treedt hierdoor veel taksterfte op.

Aardbei op een voedingsoplossing zonder Ca vertoont een afwijkende bladvorm. Ca-gebrek kan ontstaan door een te hoog  $\text{NH}_4$ - of K-gehalte, of een te hoge EC in de voedingsoplossing. Ca-gebrek kan worden bestreden door te spuiten met 0,5%-oplossing van kalksalpeter.

Calciumovermaat kan ook voorkomen. Calcium is slecht oplosbaar en er kunnen calciumzouten neerslaan. Hierdoor ontstaan bijvoorbeeld goudspikkels bij tomaat en stip bij paprika.

#### 11.7. Zwavel (S)

De plant neemt S op als  $\text{SO}_4$ . Het wordt niet snel in de plant vervoerd. Zwavel wordt onder andere gebruikt voor de opbouw van eiwitten. Zwavelgebrek is onbekend in de praktijk. Het treedt op indien geen sulfaathoudende meststoffen worden gebruikt en ook via het irrigatiewater geen sulfaat wordt aangevoerd. Het lijkt op N-gebrek, maar S-gebrek komt vooral voor in de jonge bladeren, omdat S niet snel naar de jonge delen wordt vervoerd.

#### 11.8. IJzer (Fe)

In grond of voedingsoplossing is het gehalte aan vrij tweewaardig en driewaardig Fe bijzonder laag, omdat het neerslaat als ijzeroxide en ijzerhydroxide. In deze laatste vormen is Fe zo sterk gebonden dat het niet beschikbaar is voor de plant. Daarom wordt als meststof een Fe-chelaat gebruikt.

Als de plant Fe opneemt, dan wordt Fe uit het chelaat losgemaakt en gereduceerd van Fe-driewaardig naar Fe-tweewaardig en in deze vorm opgenomen. Dit gebeurt allemaal langs en in membranen.

Fe is in de plant in neergeslagen vorm en als vrij Fe aanwezig. Bij gewasanalyse op basis van droog materiaal wordt totaal-Fe bepaald. Dit zegt helaas weinig over de hoeveelheid vrij Fe en deze laatste vorm bepaalt of er voldoende Fe in de plant is. Fe is nodig voor enzymen. Fe wordt slecht in de plant getransporteerd, vandaar dat Fe-gebrek altijd in de jongste bladeren voorkomt. Het gehele blad wordt geel, dus ook de nerven. Gebrek komt vooral voor bij hoge pH in het wortelmilieu: de grote concentratie  $\text{HCO}_3$  bemoeilijkt de Fe-opname en het transport in de plant. pH-verlaging is dan de beste remedie.

Er worden drie soorten Fe-chelaat gebruikt: Fe-EDTA (pH lager dan 6), Fe-DTPA (bij pH lager dan 7), Fe-EDDHA (bij het gehele pH-traject).

Fe-overmaat komt voor in zuurstofloze rijstgronden, waar veel Fe reduceert. In de tuinbouw komt Fe-overmaat waarschijnlijk niet voor.

#### 11.9. Mangaan (Mn)

Mangaan wordt als Mn-ion opgenomen. Het is nodig voor enzymen. Het wordt slecht in de plant getransporteerd, maar niet zo slecht als Fe, en beter dan magnesium. Vandaar dat Mn-gebrek in de jonge delen van de plant, maar niet in de allerjongste delen voorkomt. Er treedt dan een chlorose op tussen de nerven; de hoofdnerf en de grote zijnerf blijven groen. Bij sommige gewassen, bijvoorbeeld sla, maar ook bij chrysant wordt het gehele blad iets lichtgroen of geelgroen van kleur zonder dat een typisch patroon ten opzichte van

de nerven ontstaat. Gebrek treedt op bij hoge pH van de grond. Overmaat komt ook veelvuldig voor; dit is zeer sterk gewas- en rasafhankelijk. In eerste instantie ontstaat chlorose en later slaat in de wat oudere bladeren  $MnO_2$  neer; dit is zichtbaar als paars-roodachtige stipjes in het bladweefsel. Mn-overmaat kan een Fe-gebrek induceren: in de jonge bladeren ontstaat dan chlorose. Mn-gebrek is te verhelpen door pH-verlaging van de grond. Een snelle remedie is spuiten met 0,1%  $MnSO_4$ . Verbranding die daarbij kan optreden kan worden voorkomen door spuitkalk ( $Ca(OH)_2$ ) toe te voegen.

#### 11.10. Koper (Cu)

Koper wordt als Cu-ion en in chelaatvorm opgenomen. Het gebrek heeft als kenmerk: een stugge groei, een storing van de bloei, een afwijkende, nare kleur van het gewas, ook wel een bossig gewas met soms een sterke scheutgroei en verder ook wel chlorose bij oudere bladeren. Gebrek en ook overmaat komen weinig voor.

#### 11.11. Zink (Zn)

Zink wordt als Zn-ion en in chelaatvorm opgenomen. Zn-gebrek kan ontstaan door P-overmaat en door een laag Zn-gehalte in de voedingsoplossing. Er ontstaat een stugge groei, een afwijkende kleur, een bossig uiterlijk en een afwijkende bladvorm. Zinkovermaat geeft groeiremming en vaak opvallende nerven, die soms paars zijn verkleurd. Ook een chlorose in de top (= ijzergebrek door Zn/Fe antagonisme of verdringing in het chelaat) is een veel voorkomend kenmerk. Zinkovermaat kan voorkomen bij drupplaatsen van gegalvaniseerde buizen of als bij de opvang van regenwater veel Zn uit gegalvaniseerde dakgoten vrijkomt.

#### 11.12. Borium (B)

Borium wordt opgenomen als  $B(OH)_4$  en als  $H_3BO_3$ . Het is nodig voor het transport van suikers. B-transport in de plant verloopt traag. B is in de grond goed oplosbaar en spoelt snel uit. B-gebrek uit zich in een slechte wortelontwikkeling en afstervende groeipunten. Bij een licht gebrek is het gewas wat slap en ontstaat soms enige chlorose, vooral aan de oudere delen. Later ontstaat verwelking (bij tomaat typisch oranje-geel). Vruchten en bladeren worden misvormd. Bij tomaat en paprika vertonen de vaatbundels in de nerven van de bladeren bruine verstoppingen. In regenwater komt weinig B voor. Zonder toevoeging ontstaat gebrek. Bij boriumovermaat wordt de bladrand van oude bladeren chlorotisch en later necrotisch en deze vlekken drogen papierachtig in. Het beeld verplaatst zich van beneden naar boven.

#### 11.13. Molybdeen (Mo)

De plant neemt molybdeen op als  $MoO_4$ -ion. Het element heeft invloed op diverse enzymsystemen. Het is nodig bij de omzetting van  $NO_3$  in  $NH_4$  in de plant. Gebrek uit zich in chlorose van de oude bladeren, vooral tussen de nerven. Bij bloemkool veroorzaakt het klemhart en bij sla slappe blaadjes. Op veensubstraat komt het voor bij lage pH. Molybdeenovermaat is in de tuinbouw niet bekend.

## 12. CALCIUM

In planteweefsels kunnen afwijkingen ontstaan door zowel te lage als te hoge calciumgehalten. In de rij van de voedingselementen neemt calcium een wat bijzondere plaats in, omdat het bij uitstek het element is waarvan opname en transport beïnvloed worden door omgevingsfactoren. Calciumziekten zijn daarom veelal aangemerkt als fysiogene ziekten. Dit is echter niet geheel juist, omdat ook de calciumvoeding via de wortel er een rol bij speelt.

### 12.1. Gebreksziekten

#### 12.1.1. Neusrot bij tomaat en paprika

Neusrot is een afwijking die zich aan de top van de vrucht (de neus) voordoet. Het weefsel van de top wordt eerst donker van kleur (infiltratie van celvocht), sterft af, kleurt bruin en droogt in. Er ontstaat een scherp begrensde, leerachtige ingezonken plek, die verschillende afmetingen kan aannemen en zich soms wel over de halve vrucht kan uitstrekken. Bij slecht gezette holle vruchten kan het zaadlijstweefsel afsterven. Dit inwendig neusrot treedt op in donkere jaargetijden (herfst- en vroege stookteelt).

Neusrot ontstaat door een te laag calciumgehalte van de vrucht speciaal aan het vruchteinde (tabel 12.1.). De permeabiliteit van de celmembranen wordt daardoor groter. Bij een grote zuigspanning in het gewas laten ze te veel water door, waardoor de cellen in elkaar storten.

Tabel 12.1. Verdeling van calcium in tomaatvrucht; Ca in mmol per kg droge stof.

Grootte vrucht	Basis	Midden	Top
3 - 4 cm	30,0	15,2	10,7
4 - 5 cm	30,4	17,7	14,0

Een laag calciumgehalte van neusrotte vruchten betekent nog niet een lager dan normaal calciumgehalte in het blad. Met 15 kassen met gezonde en 15 kassen met zieke planten werd een plekkenonderzoek uitgevoerd. Hieruit bleek dat het calciumgehalte van neusrotte vruchten gemiddeld lager was dan dat van de gezonde vruchten. Maar het gemiddelde calciumgehalte van het blad uit de kassen met neusrot was vrij hoog en nagenoeg gelijk aan het gemiddelde calciumgehalte van het blad uit de kassen zonder neusrot (zie tabel 12.2.). De calciumgehalten van blad en vrucht waren niet met elkaar gecorreleerd. Naast een laag calciumgehalte vindt men in neusrotgevoelige vruchten vaak een hoger drogestofgehalte (tabel 12.2.) en soms een hoger gehalte aan organische zuren. Organische zuren kunnen calcium binden en daardoor het Ca-gebrek versterken. Een hoger drogestofgehalte zou kunnen wijzen op een grotere aanvoer van assimilaten via de zeefvaten. Dit gaat samen met een verlaagd calciumgehalte van de vrucht, doordat het zeefvatensap geen of zeer weinig calcium bevat. Daarnaast hangt een laag Ca-gehalte samen met een hoger K-gehalte.

Tabel 12.2. Gemiddelde Ca-gehalten van blad en vrucht in plekkenonderzoek.

Aard materiaal	Ca in mmol.kg <sup>-1</sup> droge stof		% droge stof in de vrucht
	vrucht	blad	
15 kassen met neusrot			
- neusrotte vruchten	10,7	802	6,7
- gezonde vruchten	16,1		6,8
15 kassen zonder neusrot	19,6	856	5,9

Vruchten en andere organen, waarin suikers en zetmeel ophopen, hebben in het algemeen een laag Ca-gehalte. Dit komt door het overheersende zeefvatentransport. De vrucht ontvangt alleen via de houtvaten calcium van betekenis. Een te grote zeefvatenaanvoer ten opzichte van de houtvatenaanvoer kan neusrot in de hand werken (zie tabel 12.3.). Een langer durende aanvoer via de houtvaten bij verminderde assimilataanvoer via de zeefvaten - ingeval van veel trossen en weinig blad (behandeling 4) - uit zich in het wegblijven van de neusrotaantasting en in een verlaging van de K:Ca-verhouding.

Tabel 12.3. Verschuivingen van aanvoer via houtvaten en zeefvaten en het optreden van neusrot. Invloed op K:Ca-verhouding in de vrucht.

(Bron: Wiersum, Acta Bot. Neerl. 15 (1966): 406-418).

Behandeling	% neusrot	K:Ca-verhouding op mol-basis
1. Controle met 6 trossen per plant	7	14,0
2. Verminderde aanvoer door houtvaten: inhulling vruchten en verminderde transpiratie	48	17,2
3. Versterkte aanvoer door zeefvaten: meer assimilaten, versnelde vrucht- groei door één tros per plant	40	15,8
4. Afgezwakte aanvoer door zeefvaten: minder assimilaten per tijdseenheid, vertraagde vruchtgroei, 2/3 van blad verwijderd	0	9,7

Bij veel blad en weinig vruchten (behandeling 3), leidt de verhoogde aanvoer van zeefvatensap met assimilaten zonder calcium tot een laag calciumgehalte van de vrucht en veel neusrot.

Geremde transpiratie van de vruchten door inhulling (behandeling 2) heeft een verminderde aanvoer via de houtvaten tot gevolg. Hierdoor krijgen de vruchten minder calcium en ontstaat neusrot. Het feit dat halfvolgroeide vruchten het gevoeligst zijn voor neusrot, zou men kunnen toeschrijven aan de dan voorkomende snelle groei.

De Ca-toevoer naar de vrucht vindt hoofdzakelijk plaats vanuit de wortel via de houtvaten, vooral aan het begin van de vruchtontwikkeling. Wanneer de wortels maar weinig calcium kunnen opnemen, zal de Ca-toevoer naar de vruchten eerder tekort schieten dan wanneer de wortels veel calcium kunnen opnemen.

Het calcium dat reeds in de plant aanwezig is, verplaatst zich weinig. Daarom is weliswaar een kleine, maar toch een voortdurende calciumvoorziening van de vrucht noodzakelijk, speciaal tijdens de vruchtontwikkeling (zie tabel 12.4.).

Tabel 12.4. Invloed van onderbroken calciumtoevoer op neusrot en calciumgehalte van blad en vrucht. (Bron: Chiu en Bould, J. Hort. Sci. 51 (1976): 525-531).

Behandeling	% neusrot	Ca-blad in mmol.kg droge stof	Ca-vrucht in mmol.kg droge stof
1. Controle, steeds calcium	0	800	24,9
2. 1/10: Ca-voorziening	66	356	9,7
3. 1/10: Ca-voorziening voor de bloei, verder steeds Ca	2	833	43,1
4. 1/10: Ca-voorziening tijdens de bloei, verder steeds Ca	3	520	34,8
5. 1/10: Ca-voorziening tijdens vruchtzetting en vruchtgroei, verder steeds Ca	73	849	8,8

Een verlaagde Ca-toevoer tijdens de vruchtzetting (behandelingen 2 en 5) gaf aanzienlijke aantasting door neusrot. Het Ca-gehalte van het blad reageerde hierop in het laatste geval niet, dat in de vrucht duidelijk. Dit wijst er nogmaals op dat het Ca-gehalte van de vrucht centraal staat.

Droogte van de grond kan neusrot bevorderen. Droogte geeft een hoge EC in de bodemoplossing en dit vermindert de Ca-opname door de wortel; ook verandert de Ca-distributie in de plant en kan calcium uit de vrucht onttrokken worden. Een lage Ca-concentratie in de bodemoplossing ten opzichte van een hoge zoutconcentratie betekent voor de plant een lage beschikbaarheid van calcium. In een potproef werd neusrot in geringe mate door drooghouden van de potgrond bevorderd, alleen bij een ongunstig hoge K:Ca-verhouding (van der Boon, Neth. J. Agr. Sc. 21 (1973): 56-57).

In vier opeenvolgende droogteperioden werd een steeds hogere tros door neusrot getroffen, wat wijst op de noodzaak van een voortdurend Ca-aanbod. Het Ca-gehalte van de vrucht werd door het drooghouden verlaagd en neusrot trad op bij een gehalte beneden 27 mmol Ca per kg droge stof. Door verhoging van de osmotische waarde van de voedingsoplossing door poly-ethyleenglycol trad meer neusrot op. Waarschijnlijk heeft de zuigspanning in de plant een grotere invloed op het optreden van neusrot dan een verhoogde zuigspanning in de grond. De zuigspanning in de plant wordt niet alleen bepaald door de mate van wateropname door de wortels, maar ook door de transpiratie van het bovengrondse gewas. Zo bleek in potproeven in de winter neusrot moeilijk op te wekken. In een proef van Gerard en Hipp (Am. Soc. Hort. Sci. 93: 521-531, 1968) werd bij een laag Ca-



niveau het neusrot voorkomen door de verdamping te onderdrukken, zowel door een hoge luchtvochtigheid als ook door een lichte beregening over het gewas twee keer per dag gedurende perioden van hoge verdamping. Dit verhindert het richten van de water- en Ca-aanvoer alleen op het blad. Ook wordt wateronttrekking aan de vrucht voorkomen.

Er zijn twee factoren die het optreden van neusrot bepalen. Dit zijn een laag calciumniveau in de vrucht en waterstress die het transport van water en calcium in het xyleem richt op de bladeren. Hiermee zijn de volgende in de praktijk waargenomen invloeden te verklaren.

- Een hoge zoutconcentratie en laag vochtgehalte van de grond werken het optreden van neusrot in de hand. Enerzijds door verminderde wateropname. Anderzijds wordt bij hoge zoutconcentratie minder gemakkelijk calcium opgenomen.
- Bij een hoog K-gehalte van de grond wordt minder calcium opgenomen. Bovendien worden bij een hoog K-gehalte in de plant meer organische zuren gevormd, wat het Ca-transport kan bemoeilijken.
- Stikstofbemesting kan neusrot stimuleren, wat wordt toegeschreven aan zijn groeibevorderende werking. Door ammoniumstikstof wordt calcium minder gemakkelijk opneembaar. Nitraat bevordert de produktie van organische zuren, wat de mobiliteit van calcium vermindert.

Teeltmaatregelen ter voorkoming van neusrot:

Grond vooraf zonodig doorspoelen. Grond voldoende vochtig houden; men dient echter op te passen voor een teveel, wat in sommige gevallen averechts kan werken. Luchtvochtigheid niet al te laag houden. Niet te zwaar bemesten. Geen eenzijdige gift aan ammoniumstikstof. Niet te hoge temperaturen aanhouden, zonodig schermen (een hoge temperatuur werkt neusrot in de hand, hetzij door een snelle groei, hetzij door een sterke transpiratie).

Directe bestrijdingsmiddelen zijn spuiten met een oplossing van 0,75 % kalksalpeter of 0,4 % calciumchloride en een hoger Ca-gehalte in de voedingsoplossing.

#### 12.1.2. Randen van sla en aardbei

Een te snelle groei bevordert het optreden van rand in sla. Veel van de factoren die in vroegere onderzoeken werden geacht het rand te bevorderen, blijken namelijk ook de groeiselheid van de plant te stimuleren, zoals vochtige grond, hoge temperatuur, hoge bemestingsniveaus, hoge CO<sub>2</sub>-gehalten en hoge luchtvochtigheid. Er is daarbij een duidelijk verband met de Ca-voorziening van het voor rand gevoelige weefsel.

Omdat het oude weefsel geen calcium afstaat, is het nieuw gevormde weefsel aangewezen op directe Ca-aanvoer. In geval van snelle groei wordt het gehalte van het weefsel te laag. Vooral de bladeren die in de krop zijn ingesloten kunnen weinig verdampen en krijgen zo via de houtvaten niet al te veel calcium aangevoerd. Als deze binnenste bladeren zich gaan ontvouwen bij het volgroeien van de krop, zijn de buitenste randen door het lage calciumgehalte gevoelig voor wateronttrekking. De zuigspanning in het gewas mag dus niet te hoog oplopen.

Van der Kloes (Meded. Dir. Tuinbouw 15 (1952) 125-139) legt een verband tussen het optreden van rand in sla en al die factoren die de vochtopname door de wortels hinderen en die de verdamping door het blad bevorderen. Hij noemt als mogelijke oorzaken:

1. Lage luchtvochtigheid bij een relatief hoge temperatuur.
2. Te week opgegroeid gewas, vaak ontstaan door ruime watervoorziening en ruime stikstofbemesting.
3. Onvoldoende ontwikkeling en functioneren van het wortelstelsel. Oorzaken: slechte structuur, zure grond, droge grond, grond met hoge zoutconcentratie, te hoge kunstmestgiften. Door kali en magnesium daarentegen is het gewas in het algemeen steviger en minder gevoelig voor rand.

Bij een lage bodemtemperatuur en een hoge luchttemperatuur zal de wateraanvoer vanuit de wortels gering zijn en zal de plant sterk verdampen. Vooral het plotseling sterk uitschieten van de luchttemperatuur kan de aantasting te voorschijn roepen.

Van der Kloes (1952) vond in bemestingsproeven in betonnen potten, dat stikstoftoediening het randen sterk bevorderde. De reactie op kali was ook ongunstig, maar in mindere mate. In de in tabel 12.5. vermelde proef was fosfaat niet schadelijk, in een andere proef wel.

Tabel 12.5. Invloed van N-, P- en K-meststof op rand in sla.

Behandeling	% rand	Behandeling	% rand	Behandeling	% rand
0 N	5	1 P	55	1 K	47
1 N	32	2 P	51	2 K	55
2 N	62	3 P	54	3 K	58
3 N	63				

Rand in deze pottenproef was minder erg bij een ruimere watergift: een groot deel van deze kwaliteitsachteruitgang wordt toegeschreven aan de osmotische concentratie van de bodemoplossing. In proeven nam rand toe met de osmotische concentratie in de bodemoplossing. Na het bereiken van een bepaalde concentratie nam het rand echter weer af, waarschijnlijk door een langzamere groei van de krop en daardoor voldoende aanvoer van calcium.

In een proef waarin aan het beregeningswater verschillende zouten waren toegevoegd, gaf calciumchloride praktisch geen rand, kaliumchloride verergerde de kwaal niet, natrium- en magnesiumchloride wel (zie tabel 12.6.).

Van vier Na-zouten gaf natriumbicarbonaat een zeer ernstige randaantasting en bovendien kleurafwijking. Het gunstige effect van calciumchloride en het ongunstige effect van natriumbicarbonaat weerspiegelen zich duidelijk in het Ca-gehalte van de krop. Bij de controle trad wel rand op. Het is niet altijd mogelijk de jonge bladeren voldoende van calcium te voorzien. Het gunstige effect van calciumchloride in deze proef kan deels het gevolg zijn van de beregening van de oplossing over het gewas.

Tabel 12.6. Invloed van verschillende kationen en anionen op rand in sla. De reactie van het calciumgehalte in de krop.

Behandeling met verschillende kationen	Rand cijfer	Ca in mmol per kg droge stof	Behandeling met verschillende anionen	Rand cijfer	Ca in mmol per kg droge stof
NaCl	3,0	276	NaNO <sub>3</sub>	3,6	280
KCl	1,8	290	NaCl	2,7	282
CaCl <sub>2</sub>	0,3	496	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,0	257
MgCl <sub>2</sub>	4,7	307	NaHCO <sub>3</sub>	6,2	220
Controle	1,7	330	Controle	1,6	312

In enkele proeven is het gelukt door bladbespuiting met calciumnitraat of calciumchloride rand te voorkomen. De geringe mobiliteit van calcium in het gewas en de ontoegankelijkheid van de gevoelige onrijpe bladeren in de zich ontwikkelende krop staan een toepassing in de praktijk echter in de weg.

Een andere mogelijkheid om het Ca-gehalte van de binnenste bladeren op te voeren lijkt het tegengaan van verdamping gedurende de nacht, bijvoorbeeld door bedekking met plastic of verneveling. Overdag moet het gewas normaal verdampt hebben en aan het eind van de dag niet geheel turgescient zijn. Bij voldoende worteldruk (vochtige grond), een niet te hoog zoutgehalte en voldoende zuurstof (= goede structuur) vult de plant het vochtverlies van overdag weer aan via de houtvaten. Hierdoor kan calcium door de hele plant heen worden aangevoerd. De sterker verdampende buitenste bladeren echter trekken het calciumhoudende water vanuit de houtvaten voor een groot deel tot zich. Door de verdamping van de buitenste bladeren te remmen, wordt er meer calcium naar de binnenste bladeren vervoerd. Zo werd in een proef met buitensla rand teruggedrongen van 72% tot 63% door verneveling gedurende 7 nachten voor de oogst (totaal 3,5 mm), tot 39% door watergeven en tot 19% door beide tezamen.

Rand bij sla is vergelijkbaar met rand bij aardbei. In een proef met aardbei van Bradfield en Guttridge (Annals Bot. 43 (1979): 363-372) werd de invloed van luchtvochtigheid en EC in de voedingsoplossing op het voorkomen van rand bestudeerd. Rand treedt op als jonge bladknoppen onvoldoende Ca krijgen toegevoerd. In de betreffende proef was dat bij lage luchtvochtigheid 's nachts. Bij hoge luchtvochtigheid 's nachts in combinatie met een hoge luchtvochtigheid overdag kwam rand voor bij hoge EC. De combinatie vochtige nacht en droge dag gaf geen rand, ook niet bij hoge EC. Als rand voor kwam dan gutteerden de planten niet en omgekeerd gold dat afwezigheid van rand altijd samen ging met guttatie. Verklaring voor de verschillen is als volgt. Bij een droge nacht is er nog steeds verdamping van volgroeide bladeren: worteldruk kan niet opgebouwd worden. Dit blijkt ook uit het feit dat er geen guttatie is. Jonge bladknoppen ontvangen dus geen houtvatsap en daardoor geen Ca. Het gevolg is rand. Bij een vochtige nacht en lage EC was er voldoende opbouw van worteldruk en toevoer van Ca naar jonge bladknoppen. Werd de vochtige nacht gevolgd door een vochtige dag en was de EC hoog dan werd er 's nachts geen worteldruk opgebouwd:

jonge knoppen kregen geen Ca door worteldruk, maar ook overdag kregen de jonge knoppen geen Ca door de lage verdamping bij die hoge luchtvochtigheid. Alleen een vochtige nacht en een droge dag gaf ook bij hoge EC voldoende Ca-aanvoer om rand te voorkomen. Ter voorkoming van rand moesten dus de volgende maatregelen genomen worden: hoge luchtvochtigheid 's nachts, lage luchtvochtigheid overdag en lage EC.

Tabel 12.7. Invloed van luchtvochtigheid overdag en 's nachts op rand en calciumgehalte (mmol.kg<sup>-1</sup>) van knoppen van aardbeiblad. Ook de invloed van de EC van de voedingsoplossing.

Luchtvochtigheid		EC, mS-cm <sup>-1</sup> (atm)					
Dag	Nacht	0,6		1,2		3,0	
		Ca	Rand	Ca	Rand	Ca	Rand
Droog	Vochtig	35,2	0,0	30,9	0,0	14,5	0,2
Vochtig	Vochtig	29,4	0,0	8,7	1,8	10,2	2,2
Droog	Droog	10,5	0,6	7,8	1,0	10,7	0,8
Vochtig	Droog	8,5	0,8	10,7	1,3	12,2	1,4

#### 12.1.3. Randen van kool

Rand in kool lijkt ook te berusten op te snelle groei van de bladeren, waardoor lokaal een te laag calciumgehalte ontstaat. Van de buitenste naar de binnenste bladeren neemt het calciumgehalte af. Van de binnenste bladeren hebben vooral de randen een laag gehalte. Bij Chinese kool was het wateroplosbare calcium in de buitenste bladeren zeven keer hoger dan dat in de binnenste. Net als bij sla kan bedekking 's nachts met plastic rand voorkomen. Hierbij wordt de verdamping van de buitenste bladeren tegengegaan en bij voldoende worteldruk kan calcium via water uit de houtvaten het inwendige van de plant bereiken (zie tabel 12.8.).

Tabel 12.8. Calciumopname in niet verdampende binnenbladeren door worteldruk 's nachts. Meting van opgenomen radio-actief calcium. Jonge koolplanten. Proef van Palzkill en Tibbitts, 1977, Plant Physiology, 60: 854-856.

Buitenste bladeren	Opgenomen radio-actief Ca
Onbedekt, dus verdampend	0
Bedekt, dus niet verdampend	1082

Rand in Chinese kool wordt tegengegaan door driemaal per week te spuiten met 2% kalksalpeteroplossing.

#### 12.1.4. Zwarte harten in bleekselderij

Een ander voorbeeld van Ca-gebrek in het planteweefsel is het optreden van zwarte harten in bleekselderij. Ook dit ontstaat door een te snelle groei en onvoldoende transpiratie in de ingesloten delen van het gewas. Volgens Amerikaans onderzoek zou spuiten met calciumchloride een remedie zijn, maar onder Nederlandse omstandig-

heden werd alleen met intensieve beregening een gaaf gewas verkregen (Pieters, Meded. AGV 55 (1971): 27 pp).

#### 12.1.5. Gebrek in blad van tomaat, komkommer en schutblad van Poinsettia

In tomaat uit Ca-gebrek in blad zich als chlorose aan de punt van het blad. Deze puntjes worden snel aangetast door Botrytis. Het verschijnsel wordt wel 'bladrandjes' genoemd. Het ontstaat in de winter en vroege voorjaar bij te hoge luchtvochtigheid.

Bij komkommer groeit de bladrand niet meer voldoende uit en het blad gaat bol staan, vandaar de naam bolblad. Poinsettia vertoont in de consumentenfase chlorotische stippen aan de rand van bracteeën; later wordt de gehele rand chlorotisch en bruin.

### 12.2. Overmaatverschijnselen

#### 12.2.1. Stip bij paprika en goudspikkels bij tomaat

Goudspikkels bij tomaat zijn zeer kleine witte (in jonge vruchten) en gele (in oogstbare vruchten) puntjes voorkomend rondom het kroontje en bij zware aantasting ook over de rest van de vrucht. Het zijn cellen opgevuld met scherpe kristallen calciumoxalaat. Deze vruchten hebben een kortere houdbaarheid dan 'gezonde' vruchten. Goudspikkels wordt bevorderd door hoge Ca-voeding ten opzichte van andere kationen, hoog P en hoge luchtvochtigheid. Stip bij paprika zijn groene tot bruine vlekjes van circa 3 à 5 mm diameter. Bepaalde rassen, vrijwel alleen rode, zijn gevoelig. Stipweefsel bevat meer Ca dan gezond weefsel. Uitsluitel dat het een uiting van Ca-overmaat is, is er niet. Wel wordt stip bevorderd door hogere Ca-voeding.

#### 12.2.2. Kelkverdroging bij aubergine

Het verschijnsel kelkverdroging bij aubergine is te zien als bruinverkleuring van de kelkbladeren van de vruchten. Het treedt vooral op bij omstandigheden van hoge verdamping, zoals bij lage luchtvochtigheid en bij weinig schermen. Men heeft het idee dat hoge calciumgehalten er ook een rol bij spelen. In de zieke kelkbladeren was calcium het enige element dat verhoogd was. Verder beschreef Den Outer calciumkristallen in cellen van kelkbladeren van de aangetaste vruchten. Het anion is nog onbekend.

#### 12.2.3. Waterziek bij tomaat

Een geheel andere Ca-overmaatsziekte is waterziek bij tomaat. Dit is een tegenhanger van neusrot. Waterziek treedt meestal pas op bij het rijpen en wordt dan gekenmerkt door het niet op kleur komen van één of meer gedeelten van de vruchtwand. De zieke plekken blijven aanvankelijk groen, terwijl ze later naar geel verkleuren. Bij het doorsnijden kunnen in de zieke wandgedeelten bruine strengen worden waargenomen. Deze strengen zijn het gevolg van afsterving en bruinverkleuring van het weefsel rondom de vaatbundels.

Een verwante ziekte die meer voorkomt is wankleurigheid. Het treedt op onder dezelfde omstandigheden als waterziek, maar de aard van de verschijnselen is minder ernstig. Bij doorkleurig worden de vruch-

ten vaak wel weer egaal van kleur. Bij waterziek is dit niet het geval.

Het mechanisme van het ontstaan van de slechte kleuring bij waterziek is nog niet duidelijk. Wel is gevonden dat de calciumgehalten in de aangetaste vruchten hoger liggen en dat het optreden van de ziekte bevordert wordt door een hoge Ca:K-verhouding in de voeding. Een niet te lage EC van de bodemoplossing kan het optreden ook verminderen. Ook met een verhoging van de stikstofbemesting en de magnesiumbemesting werd soms een positief resultaat bereikt.

### 12.3. Invloed calcium op smaak en houdbaarheid

Uit smaakproeven met tomaat blijkt dat vruchten van een hoge Ca-voeding (ten opzichte van K) meliger en korter houdbaar zijn dan vruchten met een lage Ca-voeding. De verklaring is de positieve invloed die K heeft op de houdbaarheid en de smaak van tomaat. Wanneer bij vruchten Botrytis ontstaat tijdens de bewaring, zoals bij aubergine, heeft Ca juist een positieve invloed: bij hoog Ca komt minder Botrytis voor.

### 13. BETEKENIS ANALYSECIJFERS IN KASGROND

#### 13.1. Onderzoekpakketten

Het laboratorium van het BLGG Oosterbeek/Naaldwijk voert voor kasgronden de volgende onderzoekpakketten uit:

- bijmestonderzoek (EC, K, Na, Mg,  $\text{NO}_3$ , Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$  en P en pH-KCl);
- basisonderzoek (organische stof,  $\text{CaCO}_3$ , pH-KCl, P-Al en slib);
- facultatief kunnen worden aangevraagd bromide, mangaan-actief, mangaan-water en borium.

In de volgende paragrafen wordt in het kort op de waardering van de analysecijfers ingegaan. Voor de analysecijfers van het basisonderzoek en de facultatieve bepalingen wordt een algemene waardering gegeven. De analysecijfers van het bijmestonderzoek zullen worden besproken aan de hand van het gewas komkommer. Voor andere gewassen wordt verwezen naar de "Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw". Dit is een uitgave van het Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw.

#### 13.2. Basisonderzoek

##### 13.2.1. Organische stof

Het gehalte op het analyseverslag wordt opgegeven in gewichtsprocenten van de droge grond. Het organische stofgehalte van gronden uit de glastuinbouw in Nederland varieert tussen 1-60%. De hoogte van het gehalte is maatgevend voor het vochthoudend vermogen van de grond. Het is in het algemeen geen maatstaf voor de noodzaak van het gebruik van organisch materiaal.- Bijvoorbeeld op een veengrond kan het gebruik van organisch materiaal veel harder nodig zijn dan op een zandgrond.

In de glastuinbouw zijn de omstandigheden voor vertering van organisch materiaal gunstig. Een gunstige water- en luchthuishouding, een aangepaste zuurgraad, een relatief hoge grondtemperatuur en de aanwezigheid van veel aërobe micro-organismen stimuleren de afbraak. Wil men niet op het gehalte intereņ, dan moet een gift vers organisch materiaal van 1 m per 100 m per 1 à 2 jaar worden toegediend.

Voor dierlijke organische meststoffen zijn wettelijke maximaal toegestane hoeveelheden vastgesteld. Deze zijn gebaseerd op een maximale gift van 54,5 kg P (= 125 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) in de vorm van dierlijke mest per ha en per jaar.

##### 13.2.2. Koolzure kalk

Het koolzure kalkgehalte wordt opgegeven in gewichtsprocenten van de droge grond. De minimale streefwaarden bij verschillende grondsoorten zijn vermeld in tabel 13.1.

Sommige grondsoorten zijn van nature rijk aan koolzure kalk, bijvoorbeeld jonge zeeklei-, duinzand- en zavelgronden. Het koolzure kalkgehalte kan soms wel 10% bedragen. Onder glas is een reserve aan  $\text{CaCO}_3$ -gehalte aan te bevelen. De genoemde streefwaarden kunnen als grenswaarden dienen. Zodra het  $\text{CaCO}_3$ -gehalte beneden de aangegeven waarden daalt, wordt in afhankelijkheid van de pH en andere factoren een bekalking geadviseerd (zie volgende paragraaf). Op zandgronden heeft een bekalking voornamelijk invloed op de chemi-

sche samenstelling van de grond. Op meer slibrijke gronden kan door bekalking ook de structuur worden verbeterd.

Tabel 13.1. Minimale streefwaarden koolzure kalkgehalten.

Grondsoort	CaCO <sub>3</sub> -gehalte in %
Diluviaal zand	0,1
Alluviaal zand	0,3
Zavel	0,4
Rivierklei	0,3
Zeeklei	0,5
Venige klei	0,3
Veen	0,1

### 13.2.3. pH-KCl

De pH is een maat voor de zuurgraad van de grond. Bij meting van de pH maakt men een suspensie van grond en een KCl-oplossing. De pH is van grote invloed op de beschikbaarheid en de opname van spoorelementen. Over het algemeen is het zo dat spoorelementen slechter worden opgenomen naarmate de pH hoger is, maar ook een lage pH kan gevaar met zich meebrengen. De beschikbaarheid kan zo groot zijn, dat overmaat optreedt. Dit is vooral bekend bij mangaan na het stomen. In tegenstelling tot de andere spoorelementen neemt de beschikbaarheid van molybdeen af bij daling van de pH. De minimale streefwaarden voor pH-KCl staan in tabel 13.2.

Tabel 13.2. Minimale streefwaarden pH-KCl.

Grondsoort	pH-KCl
Diluviaal zand	6,0
Alluviaal zand	6,3
Zavel	6,5
Rivierklei	6,5
Zeeklei	6,7
Venige klei	6,3
Veen	5,5

Daalt de pH beneden de aangegeven waarden, dan wordt doorgaans een bekalking geadviseerd. De hoeveelheid te geven koolzure kalk hangt van een aantal factoren af, te weten:

- pH;
- hoeveelheid aanwezige koolzure kalk;
- organische stofgehalte;
- slibgehalte;
- gewas.

### 13.2.4. P-Al

Het P-Al-cijfer geeft een indruk van de P-reserve in de grond. Bij het ingebruik nemen van een nieuw perceel grond voor glastuinbouw of als grondverzet heeft plaatsgevonden, is het noodzakelijk te



weten wat de P-reserve is. Voor het vaststellen van de hoeveelheid toe te dienen P-meststof moet ook het P-gehalte in het 1:2 volume extract worden betrokken. Tabel 13.3. geeft de globale waardering van het P-Al-cijfer, uitgedrukt in mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per 100 gram grond.

Tabel 13.3. Globale waardering P-Al-cijfer, in mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per 100 gram grond.

Waardering	P-Al
Laag	< 70
Matig	70-110
Normaal	111-140
Vrij hoog	141-180
Hoog	>180

### 13.2.5. Afslibbare delen

Het gehalte aan afslibbare delen is het gewichtspercentage op de droge grond van minerale delen kleiner dan 16 µm. Naarmate het percentage hoger is, heeft de grond een hoger adsorptievermogen. Bij bekalking en bij bemesting met kalium-, calcium- en magnesiummeststoffen moet hiermee rekening worden gehouden. De kationen worden dan namelijk sterk geadsorbeerd.

### 13.3. Analysecijfers bijmestonderzoek

Met het gewas komkommer als voorbeeld wordt in het kort ingegaan op de waardering van de analysecijfers van het bijmestonderzoek. Hoe een bijmestadvies tot stand komt wordt vermeld in hoofdstuk 16. Voor waardering en advisering bij andere gewassen wordt verwezen naar "Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw".

#### 13.3.1. EC

De EC wordt opgegeven in milli-Siemens per centimeter bij een temperatuur van 25°C (mS.cm<sup>-1</sup> bij 25°C). Met de EC wordt het vermogen van een extract of voedingsoplossing aangegeven om elektrische stroom te geleiden. Dit geleidingsvermogen is een maat voor de totale ionenconcentratie. Tussen de som van de kationen of anionen in milli-equivalenten en de EC bestaat een nauw verband. Globaal geldt: som kationen : 10 = som anionen : 10 = EC.

Een lage EC betekent weinig en een hoge EC betekent veel zouten of voedingsstoffen. De streefwaarde voor de EC bij komkommer in grond bedraagt 1,0 mS.cm<sup>-1</sup>. Een EC hoger dan 1,6 mS.cm<sup>-1</sup> wordt als hoog gewaardeerd. Een hoge EC kan de groei en produktie doen afnemen, maar ook het gewas vruchtbaarder maken. Onder lichtarme omstandigheden kan hiervan gebruik worden gemaakt. Een lage EC kan met gebreksverschijnselen gepaard gaan, doordat dan de voedingsvoorraad in het wortelmilieu snel kan worden uitgeput.

#### 13.3.2. Natrium en chloride

Natrium en chloride worden niet als voedingselementen toegediend. Deze elementen worden soms als bestanddeel van het beregeningswater toegediend, bijvoorbeeld in oppervlaktewater (West-Nederland) of

bronwater enzovoort. Ook komen deze elementen in kleine hoeveelheden voor als verontreiniging in bepaalde kunstmestsoorten. Veel gewassen, waaronder komkommer, nemen meer chloride dan natrium op. Het Na-gehalte in de grond kan daardoor toenemen. Het Na- en Cl-gehalte moet liefst zo laag mogelijk zijn. Als het gehalte hoger wordt dan 4 mmol in het 1:2 volume extract, dienen maatregelen te worden genomen om het te verlagen. Tijdens de teelt kan dit gebeuren door extra water te geven, indien de teeltomstandigheden het toelaten. Voor de start van een nieuwe teelt kan de grond worden uitgespoeld. Ook kan worden overgegaan op water dat geen van deze elementen bevat, bijvoorbeeld regenwater.

### 13.3.3. Voedingselementen

De cijfers op het analyseverslag geven aan de hoeveelheid in water oplosbare ammonium, kalium, calcium, magnesium, nitraat, sulfaat en fosfaat in mmol per liter 1:2 volume extract.

Alleen sterk van de streefwaarde afwijkende analysecijfers worden gewaardeerd. Voor het gewas komkommer is de waardering als volgt:

Tabel 13.4. Waardering analysecijfers komkommer, gehalten in mmol per liter 1:2 volume extract.

Waardering	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P
Laag <	-	1,0	1,0	0,7	2,0	0,7	0,10
Hoog >	0,5	2,5	4,0	2,0	8,0	4,0	0,20

In het kort zal op de voedingselementen worden ingegaan.

#### Ammonium

Het is normaal dat toegediend ammonium niet of nagenoeg niet in de grond wordt teruggevonden. Ammonium wordt in de grond vrij snel door bacteriën omgezet in nitraat. Ook wordt ammonium door de plant opgenomen. Gronden met een groot adsorptievermogen kunnen ammonium adsorberen. Onder bepaalde omstandigheden kan echter veel ammonium aanwezig zijn, bijvoorbeeld na het stomen en direct na bemesting met ammoniumstikstof. Een ammoniumgehalte hoger dan 0,5 mmol per liter 1:2 volume extract wordt als hoog gewaardeerd.

#### Kalium

De produktie per oppervlakte-eenheid in de groenteteelt is groot. Daardoor wordt veel kalium onttrokken. Het streefcijfer voor kalium in het 1:2 volume extract tijdens de teelt is op 1,8 mmol per liter gesteld. Als het K-gehalte in het 1:2 volume extract te laag of te hoog wordt, zal meer of minder met een kaliummeststof worden bemest. Relatief veel kalium kan de calcium- en magnesiumopname verstoren.

Bij de advisering van kaliummeststoffen moet, evenals bij ammonium- en calciummeststoffen, rekening worden gehouden met de grondsoort. Gronden met een groot adsorptiecomplex kunnen veel kalium binden, die daardoor tijdelijk voor de plant onbereikbaar is. Vooral op gronden die voor het eerst in gebruik genomen worden voor glastuinbouw kan aanvankelijk veel kalium worden vastgelegd. In dat geval moet extra kalium worden gegeven.

### Calcium

In kasgrond kan vrij veel calcium aanwezig zijn onder andere als gevolg van toediening via meststoffen en beregening met calciumhoudend water, bijvoorbeeld oppervlaktewater. Het streefcijfer voor calcium bij komkommer is 2,2 mmol per liter 1:2 volume extract. Indien het calciumgehalte laag is, wordt er bijgemest met een calciumhoudende meststof, bijvoorbeeld kalksalpeter. Bij hoog calcium worden meststoffen geadviseerd die geen calcium bevatten, bijvoorbeeld ammoniumnitraat.

### Magnesium

Onder bepaalde omstandigheden kan bij een voldoende hoog magnesiumgehalte in de grond toch Mg-gebrek optreden. Enkele van deze omstandigheden zijn:

- natte en koude grond;
- hoog kalium en/of calcium ten opzichte van magnesium;
- beperkt wortelstelsel (slechte structuur);
- zware plantbelasting.

Bij gronden met een groot adsorptievermogen kan magnesium worden vastgelegd, die tijdelijk voor de plant onbereikbaar is. Het streefcijfer voor magnesium bij komkommer is gesteld op 1,2 mmol per liter 1:2 volume extract. Indien het magnesiumgehalte laag is, wordt bijgemest met een magnesiumhoudende meststof, bijvoorbeeld magnesiumsulfaat (bitterzout).

### Stikstof (nitraat)

Praktisch alle opneembare stikstof komt in het bodemvocht voor als nitraat. Bij het grondonderzoek worden ammonium ( $\text{NH}_4$ ) en nitraat ( $\text{NO}_3$ ) apart bepaald. Het ammoniumgehalte is doorgaans laag. Bij de waardering van de stikstoftoestand worden ammonium en nitraat bij elkaar opgeteld. Voor komkommer wordt een stikstofgehalte aangehouden dat ligt tussen 3-5 mmol per liter 1:2 volume extract, met als streefcijfer 4 mmol per liter. Bij bovengenoemde stikstofwaarden wordt per liter water 7 mmol N (100 mg) meegegeven om het gehalte op peil te houden. Bij lagere gehalten wordt geleidelijk meer toegediend tot een maximum van 14 mmol N (200 mg) en bij hogere gehalten geleidelijk minder tot een minimum van 2 mmol (25 mg) per liter water (zie hoofdstuk 16).

### Sulfaat

In kasgrond blijkt het gehalte aan sulfaat vaak vrij hoog te zijn. Dit vooral als gevolg van toediening via meststoffen en het beregeningswater. Daar de plant in het algemeen maar weinig sulfaat opneemt, kan het sterk in het bodemvocht toenemen. Sulfaat is overigens in wat hogere concentraties niet specifiek schadelijk voor de plant. Wel wordt de EC door sulfaat sterk verhoogd. Voor komkommer is de streefwaarde 1,5 mmol per liter. Indien het sulfaatgehalte te hoog wordt, moeten niet langer sulfaathoudende meststoffen worden gebruikt. Ook kan beregeningswater worden gebruikt met een zo laag mogelijk sulfaatgehalte, bijvoorbeeld regenwater.

### Fosfaat

De hoeveelheid fosfaat die door middel van het 1:2 volume extract wordt bepaald, is slechts een zeer klein deel van de hoeveelheid fosfaat in de grond die voor de plant beschikbaar is. Fosfaat gedraagt zich afwijkend van andere elementen. Voor een groot deel komt dit door de geringe oplosbaarheid van fosfaat in de grond. Een gevolg hiervan is dat fosfaat weinig of niet uitspoelt. Verder verhoogt fosfaat, in tegenstelling tot bijvoorbeeld stikstof, de osmotische druk van de bodemoplossing vrijwel niet. Het streefcijfer voor fosfaat bij komkommer is gesteld op 0,15 mmol per liter 1:2 volume extract.

## 13.4. Facultatieve bepalingen

### 13.4.1. Bromide

Bromide wordt bepaald in het 1:2 volume extract. Naarmate de grond meer bromide bevat, neemt de kans toe dat in het gewas te veel bromide wordt aangetroffen (zie hoofdstuk 10). Het bromidegehalte in de grond moet liefst zo laag mogelijk zijn en mag ten hoogste 25  $\mu$ mol per liter 1:2 volume extract bedragen. Ook het bromidegehalte van de tweede en derde steek moet lager zijn dan de bovengenoemde waarde.

### 13.4.2. Actief mangaan

Actief mangaan is het mangaan in de grond dat direct beschikbaar is voor de plant of door reductie beschikbaar kan komen. Bij hoge gehalten aan actief mangaan kan door stomen zo veel mangaan beschikbaar komen, dat vergiftiging optreedt. Voor gewassen die gevoelig zijn voor die vergiftiging zijn de in tabel 13.5. genoemde grensgehalten van toepassing, uitgedrukt in mmol per kg droge grond.

Tabel 13.5. Grensgehalten mangaan, in mmol per kg droge grond.

Grondsoort	Gehalte
Zand	1,5
Zavel	2,0
Klei	2,5
Venige klei	3,0
Veen	3,5

### 13.4.3. Mangaan-water

Mangaan-water wordt bepaald in het 1:2 volume extract. Bij mangaan-water wordt het voor de plant direct beschikbare mangaan bepaald. Bij te hoge gehalten kan mangaanvergiftiging optreden. Tussen de gewassen bestaan grote verschillen in gevoeligheid. De globale waardering voor mangaan-water, uitgedrukt in  $\mu$ mol per liter 1:2 volume extract, wordt vermeld in tabel 13.6.

Tabel 13.6. Globale waardering mangaan-watergehalte (umol per liter 1:2 volume extract).

Waardering	Gehalte
Gunstig laag	< 2
Matig hoog	2-10
Vrij hoog	11-20
Hoog	>20

#### 13.4.4. Borium

De laatste jaren wordt ook bij teelten in kasgrond steeds meer beregeningswater gebruikt dat van nature weinig of geen borium bevat. Vooral op humusarme zand- en lichte zavelgronden kan na enige jaren een te laag B-gehalte worden aangetroffen. Borium is namelijk een element dat gemakkelijk kan uitspoelen. Sinds korte tijd wordt borium bepaald in het 1:2 volume extract. De globale waardering voor borium, uitgedrukt in umol per liter 1:2 volume extract wordt vermeld in tabel 13.7.

Tabel 13.7. Globale waardering boriumgehalten (umol per liter 1:2 volume extract).

Waardering	Gehalte
Zeer laag	<10
Laag	10-20
Normaal	21-40
Ruim voldoende	41-60
Hoog	>60

Bij een boriumgehalte in het 1:2 volume extract groter dan 60 umol per liter is het niet uitgesloten dat bij verschillende gewassen overmaatverschijnselen optreden.

Voorals chrysant en roos zijn gevoelig voor overmaatverschijnselen. Voor deze gewassen geldt een andere waardering. Deze wordt vermeld in tabel 13.8.

Tabel 13.8. Waardering boriumgehalten bij chrysant en roos.

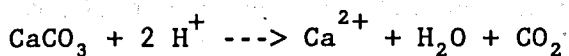
Waardering	Gehalte
Laag	< 10
Normaal	10 - 20
Hoog	21 - 40
Zeer hoog	> 40

## 14. BEMESTING VOOR TEELTEN IN GROND, ALGEMEEN

Bemesting heeft als doel de grond te verrijken met voedingselementen, zodat de plant deze gemakkelijker kan opnemen. Daardoor kan een betere groei - en in de regel ook een hogere produktie - worden verkregen. Er zijn diverse mogelijkheden om een bemesting uit te voeren. Enkele eenvoudige voorbeelden zijn: basisbemesting en bemesten; bemesting in vaste vorm en bemesting via de regenleiding. In onderstaande hoofdstukken zal een aantal bijzondere omstandigheden onder de loep worden genomen.

### 14.1. Bekalken

Een belangrijke grootheid op het grondanalyserapport is de pH. Is deze te laag, dan zal in de regel een bekalking plaatsvinden. Het principe van de pH-verhoging is:



Bij het basisonderzoek bepaalt men voor het bekalkingsadvies de pH-KCl. De pH-KCl verandert namelijk niet onder invloed van bijvoorbeeld wisselende EC- waarden.

Men maakt onderscheid tussen onderhoudsbekalking en restauratiebekalking. De eerste zal veel worden toegepast op zandgronden met een kleine reserve aan  $\text{CaCO}_3$  en omvat vaak 5 of 10 kg kalkmeststof per are. Een restauratiebekalking kan soms grote giften omvatten, tot 100 kg kalkmeststof en meer per are. Er wordt wel eens beweerd, dat grote kalkgiften verdeeld over diverse keren moeten worden toegediend. De ervaring bij teelten onder glas leert, dat beter alles ineens en zo spoedig mogelijk kan worden gegeven. Hoewel er diverse kalkmeststoffen zijn, is dolomietmergel wel de meest gebruikelijke. Om een snelle werking te krijgen moet de kalkmeststof liefst over droge grond worden uitgestrooid, licht worden doorgewerkt en daarna diep worden ingespit.

### 14.2. Diepte van inwerken

De diepte waarop meststoffen worden ingewerkt, kan van grote betekenis zijn. Door ondiep inwerken wordt de bovengrond relatief zout. Dit kan op lichte gronden tot problemen leiden. Meestal worden de meststoffen ingefreest; dat wil zeggen tot een diepte van 10 à 15 cm. Een grotere diepte moet worden nagestreefd voor gewassen die tijdens de teelt geen of weinig water krijgen, bijvoorbeeld meloen. Ook moet dieper worden ingewerkt indien bijvoorbeeld zout- of voedselrijke organische mest wordt gebruikt. Het diep inwerken van organische mest kan op slempige en kluitige gronden leiden tot plaatselijke toestanden van anaërobie (zuurstofgebrek). Het waterregime speelt hierbij een grote, zo niet beslissende rol. Enerzijds zal veel water het optreden van zoutschade kunnen voorkomen, anderzijds de anaërobie in de hand werken.

Het diep inwerken van meststoffen (zouten) is verder noodzakelijk, indien de grond voor de teelt zwaar is doorgespoeld en men bang is voor een te weelderige groei van het te planten gewas. Men zal dan niet alleen voldoende zouten, met name stikstof en kali, in de bovengrond willen hebben, maar ook voldoende in de ondergrond. Hier toe worden soms meststoffen ingespoeld.

### 14.3. Klimatologische effecten

Onder lichtarme en vochtige omstandigheden kunnen onder glas de gewassen te welig groeien. Hierdoor kunnen weke gewassen ontstaan, die soms ook onvoldoende vruchtbaar zijn. Een bekend voorbeeld hiervan is de tomaat.

Om een te welige groei tegen te gaan, wordt de osmotische druk van de bodemoplossing verhoogd. Het gewas wordt dan in groei geremd, krijgt een donkerder kleur en een hoger drogestofgehalte en komt gemakkelijker tot vruchtzetting.

Het verhogen van de osmotische druk van de bodemoplossing gebeurt als regel met bemestingszouten. Het meest effectief zijn de goed oplosbare soorten met een laag gemiddeld iongewicht. Meestal wordt een meststoffenmengsel gebruikt van een zodanige samenstelling dat de onderlinge verhoudingen tussen de voedingselementen niet te veel worden verstoord.

Het niveau waarop de osmotische druk in de bodemoplossing moet worden gebracht en hoe lang deze op een hoog niveau moet worden gehandhaafd, hangt sterk af van de heersende klimatologische omstandigheden en de toestand van het gewas. Niet alleen lichtarme omstandigheden dienen in rekening te worden gebracht, maar ook de methode van stoken. Telen volgens een energie-arm patroon brengt een hoge luchtvochtigheid in de kas met zich en een geringe verdamping van het gewas. Juist dit zijn omstandigheden waarbij welige gewassen kunnen ontstaan.

Het verhogen van de osmotische druk van de bodemoplossing is bij teelten in de grond niet altijd effectief. Als de meststoffen te oppervlakkig worden ingebracht, kunnen de wortels ontsnappen naar de vaak zoutarme ondergrond en gaat het effect van de extra mesttoediening verloren. In kleine wortelvolumes kan snel een bepaalde osmotische druk in het wortelmilieu worden gerealiseerd. Daarom is het 'regelen' van de groei bij teelten in substraten goed mogelijk.

### 14.4. Inspoelen van meststoffen

Kunstmest kan op een twee manieren in de grond worden ingebracht:

1. Uitstrooien en daarna doorwerken.
2. Inspoelen.

Het inspoelen kan op verschillende manieren worden uitgevoerd:

- a. uitstrooien, inregenen en daarna doorwerken;
- b. uitstrooien en daarna inregenen;
- c. oplossen en via de concentratiemeter inregenen.

De meststoffen die worden gebruikt bij methode b en c moeten geheel in water oplossen. Deze meststoffen zijn: ammoniumsulfaat, kalksalpeter, ammoniumnitraat, magnesiumnitraat, kalisalpeter en bitterzout. De meststoffen kalksalpeter en bitterzout (methode c) kunnen niet samen in één bak worden opgelost (gipsvorming).

Eerst moet berekend worden hoeveel water nodig is ter vervanging van het min of meer zoutarme bodemvocht. Rekenen we tot op 30 cm diepte en met een vochtgehalte van 30 à 40 volume %, dan is om een zoute bovengrond te krijgen nodig 90 à 120 liter water per m<sup>2</sup>. Door vermenging met het te verdringen water zal de verhoging van het voedingsniveau niet tot 30 cm beperkt blijven, maar naar schatting tot 40 cm diepte doordringen.

Enkele tuinders hebben enige jaren geleden ter controle na het in-

Enkele tuinders hebben enige jaren geleden ter controle na het inspouwen grondmonsters laten nemen. Tabel 14.1. geeft het resultaat.

Tabel 14.1. Analysecijfers na inregenen van meststoffen in de laag 0-25 cm.

Perceel	K	Mg	NO <sub>3</sub>	Cl	P	EC
A	3,0	0,7	4,8	1,3	0,15	1,2
B	4,3	1,4	5,4	1,5	0,36	1,9

De chemische samenstelling van beide monsters is op het eerste gezicht goed. Het is echter mogelijk, dat de verdeling over de laag 0-25 cm niet regelmatig is. Daarom werden ook monsters gestoken van 0-12,5 en van 12,5-25 cm. Tabel 14.2. en 14.3. geven de resultaten.

Tabel 14.2. Analysecijfers na inregenen meststoffen in de laag 0-12,5 cm.

Perceel	K	Mg	NO <sub>3</sub>	Cl	P	EC
A	3,8	1,0	6,3	1,3	0,19	1,3
B	6,0	2,2	7,8	1,6	0,58	2,5

Tabel 14.3. Analysecijfers na inregenen meststoffen in de laag 12,5-25 cm.

Perceel	K	Mg	NO <sub>3</sub>	Cl	P	EC
A	2,2	0,4	3,3	1,3	0,12	1,1
B	2,6	0,7	3,0	1,4	0,15	1,3

Er blijkt een groot niveauverschil te zijn in de voedingstoestand van de twee percelen naar de diepte gerekend.

Om een beter inzicht te krijgen is in de praktijk een eenvoudig proefje opgezet. De kunstmest werd in opgeloste vorm met 100 mm water ingeregend. De eerste keer is bemonsterd voordat met inspouwen van de kunstmest werd begonnen (zie tabel 14.4.).

Tabel 14.4. Analysecijfers vóór het inregenen.

Bemonsterings- diepte in cm	N	K	Mg	EC
0- 8	1,5	1,6	1,3	1,5
8-16	1,5	1,6	1,3	1,5
16-24	1,5	1,0	1,0	1,2
24-45	1,0	0,5	0,5	0,7

Per are werd 8 kg ammoniumsulfaat + 20 kg kalisalpeter + 12 kg bitterzout gegeven. Deze meststoffen geven een theoretische stijging van 7,7 mmol N; 4,9 mmol K en 1,2 mmol Mg per liter 1:2 extract. De theoretische stijging is berekend met de gegevens uit tabel 14.5.



Tabel 14.5. Theoretische stijging in mmol per liter 1:2 extract na toediening van 1 kg zuivere N, K en Mg per are.

Toediening 1 kg per are	Toename in 1:2 extract
N	1,79
K	0,64
Mg	1,03

De kunstmestgift is in twee hoeveelheden van elk 50 mm gegeven. De regenleidingscapaciteit is 50 mm per uur. Het eerste uur is per liter water 2 gram kalisalpeter + 0,8 gram bitterzout gegeven. Hierna is er weer bemonsterd (zie tabel 14.6).

Tabel 14.6. Analysecijfers na 1 uur (50 mm) inregenen.

Bemonsterings- diepte in cm	N	K	Mg	EC
0- 8	2,9	1,8	0,8	1,1
8-16	2,9	1,6	0,8	1,1
16-24	1,8	0,9	0,6	0,9
24-45	1,6	0,8	0,6	0,8

Ten opzichte van de eerste bemonstering zijn na één uur kunstmest inregenen de EC en het magnesiumgehalte wat gedaald. De stikstof- en kaligehalten zijn minder gestegen dan verwacht. Mogelijk speelt het klei-humuscomplex hierbij een rol. Het tweede uur is per liter water 1,6 gram zwavelzure ammoniak + 2 gram kalisalpeter + 1,6 gram bitterzout meegegeven (zie tabel 14.7.).

Tabel 14.7. Analysecijfers na twee uur 100 mm inregenen.

Bemonsterings- diepte in cm	N	K	Mg	EC
0- 8	5,3	3,3	1,0	1,6
8-16	4,7	2,6	1,0	1,5
16-24	2,9	1,5	0,8	1,1
24-45	2,2	1,1	0,8	1,1

De resultaten van tabel 14.7. laten zien dat stikstof en kali flink en magnesium in mindere mate zijn gestegen. Ter controle van deze cijfers is ruim 14 dagen later weer bemonsterd (zie tabel 14.8.). Deze bemonstering is genomen nadat de tomaten reeds waren geplant. De grond was al wat opgedroogd. Opvallend is dat het magnesiumgehalte flink omhoog is gegaan. Bezien wij het resultaat van het inspelen, dan blijkt het voedingsniveau in de eerste steek minder te zijn gestegen dan verwacht. Wel is het voedingsniveau van de tweede steek wat verhoogd.

Tabel 14.8. Analysecijfers bemonstering na ruim 14 dagen.

Bemonsterings- diepte in cm	N	K	Mg	EC
0- 8	6,1	3,7	2,6	1,9
8-16	4,1	2,7	1,4	1,6
16-24	3,0	1,6	1,2	1,3
24-45	2,7	1,2	1,0	1,3

Het inspoelen van kunstmest op andere zwavelgronden is niet nagegaan. Aan de hand van de ervaring zal op lichtere gronden de mest minstens één uur (60 mm) en op zwaardere gronden gedurende twee uur (120 mm) moeten worden ingeregend. Wel zal er op zware gronden rekening mee moeten worden gehouden, dat bij het gebruik van een ammoniakhoudende meststof de ammoniak in de eerste paar cm wordt vastgelegd en na omzetting in nitraat verder de grond in kan worden gebracht.

#### 14.5. Minimalisering bemesting

Bij teelten in de grond worden met het drainwater vanuit de bouwvoor grote hoeveelheden mineralen weggespoeld. Deze mineralen worden bij een hoge grondwaterspiegel grotendeels afgevoerd via het drainagestelsel naar het omringende oppervlaktewater. Bij een diepe grondwaterspiegel worden de mineralen afgevoerd naar het diepe grondwater. In beide gevallen veroorzaakt deze mineralenafvoer problemen voor het milieu. De overheid heeft daarom stringente normen gesteld voor de emissie van mineralen, met name voor stikstof en fosfaat. De glastuinbouw kan deze normen met de huidige wijze van telen in grond niet halen. Dit was de reden te streven naar gesloten teeltsystemen. Voor diverse gewassen, die grotendeels in grond worden geteeld, geeft dit problemen.

Momenteel wordt nagegaan in hoeverre de emissie van mineralen kan worden beperkt, zodat voor bepaalde gewassen het telen in de grond kan worden voortgezet. Diverse maatregelen die de emissie van mineralen kunnen beperken worden proefsgewijs toegepast, ten einde de effecten op gewasontwikkeling en mineralenemissie te bestuderen. Enkele maatregelen die de uitspoeling kunnen beperken zijn: verlaging van de voedingstoestand van de grond, zorgen voor een goede waterkwaliteit en het verbeteren van de waterverdeling.

Recent is bij sla bekeken of door verlaging van het stikstofgehalte, een goed produkt kon worden geoogst met een laag nitraatgehalte. Het streefniveau in het winterseizoen voor stikstof bedraagt 3 mmol per liter 1:2 volume extract. Op vier bedrijven werd in één kraanvak gestart met een N-gehalte lager dan 1,0 mmol. In dit proefvak werd vooraf geen stikstof gegeven. Tijdens de teelt mocht niet meer dan 1,12 kg N per are via de regenleiding worden toegediend. Buiten de proef werd vooraf en tijdens de teelt volgens advies of eigen inzicht van de teler bemest. De resultaten aan het einde van de teelt staan in tabel 14.9

## 15. BEMESTEN VIA DE REGENLEIDING

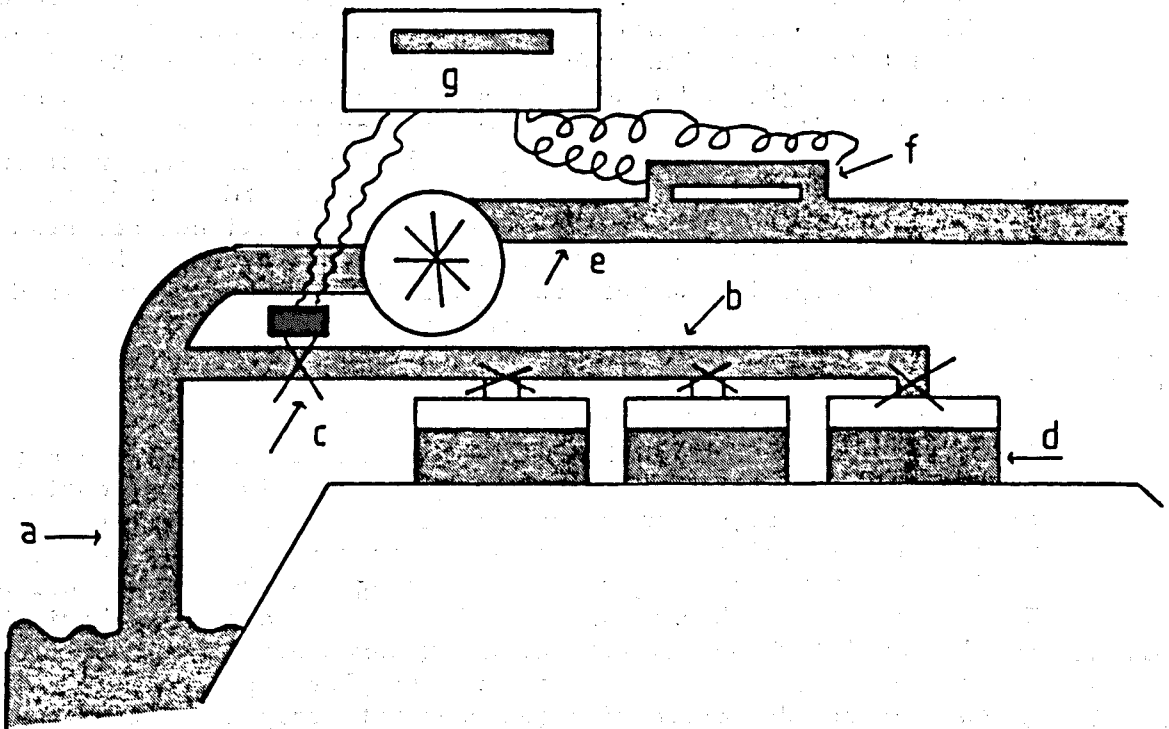
Op veel bedrijven wordt voor gewassen geteeld in grond bijgemest via de regenleiding. Naast de arbeidsbesparing heeft deze methode van bijmesten ook verschillende teelttechnische voordelen. Zo wordt een veel betere verdeling van de meststoffen verkregen. Dit is vooral belangrijk, omdat de grondbewerking over het algemeen mechanisch wordt uitgevoerd en de menging in horizontale richting veel minder is geworden. Verder is het mogelijk de bemesting in kleine hoeveelheden toe te dienen, waardoor vermeden wordt dat grote schommelingen in de voedingstoestand optreden. Bij het bemesten via de regenleiding wordt de mestgift min of meer automatisch aan de watergift gekoppeld; de verliezen door uitspoeling worden met de watergift dus gelijktijdig gecorrigeerd.

### 15.1. Apparatuur

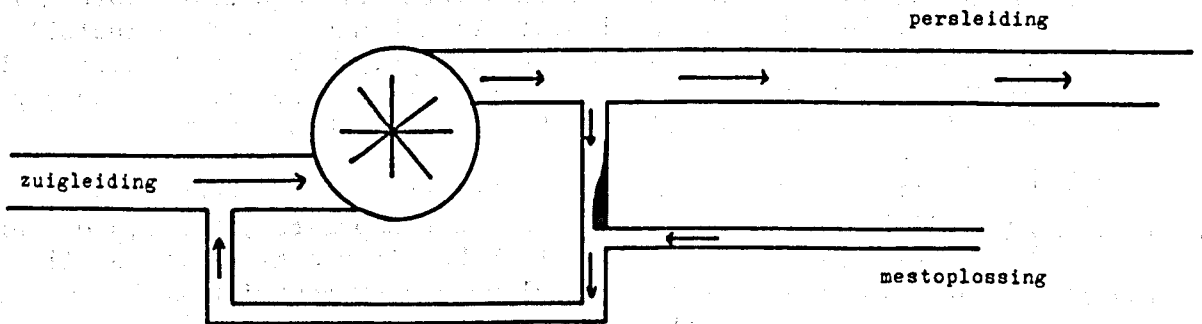
Op veel bedrijven gebeurt het bijmesten via de regenleiding met behulp van de concentratiemeter. In figuur 15.1. is de inrichting van dit apparaat in zijn eenvoudigste vorm schematisch weergegeven. De werking is als volgt. Als de motorpomp in werking wordt gezet, wordt het water door zuigbuis (a) aangezogen uit de watervoorraad. Tevens zal onderdruk ontstaan in zuigbuis (b), als de elektrische regelkraan (c) geopend wordt. Hierdoor wordt uit één van de tanks (d) mestoplossing gezogen. Water en mestoplossing worden in de pomp gemengd en via de persleiding (e) naar het irrigatiesysteem gevoerd. In de persleiding wordt het geleidingsvermogen gemeten met behulp van de meetcel (f) en op de concentratiemeter (g) weergegeven in mS per cm bij 25°C. Als het geleidingsvermogen niet in overeenstemming is met de ingestelde waarde, wordt de regelkraan bijgesteld door de concentratiemeter tot die waarde wordt bereikt. In sommige gevallen, bijvoorbeeld als het water boven het niveau van de pomp ligt, wordt voor het aanzuigen van de mestoplossing niet voldoende zuigkracht opgebracht. Dit kan worden ondervangen door het aanbrengen van een klein extra pompje of een venturibuis voor het aanzuigen van mestoplossing (figuur 15.2.).

Naast het hierboven omschreven 'concentratiemeter'-systeem worden ook andere systemen toegepast. Zo wordt wel gewerkt met een doseerklok op de regenautomaat en met verschillende typen mestverdunners. Op bedrijven waar in water of substraat wordt geteeld, worden ingewikkelder installaties geplaatst. Vaak kunnen met deze installaties verschillende mestoplossingen gelijktijdig worden gedoseerd en kan naast de mestconcentratie ook de pH worden geregeld. Het toegepaste principe van doseren blijft echter gelijk.

De grootte van de voorraadbakken hangt af van de bedrijfsgruotte. Gewoonlijk kan worden volstaan met een capaciteit van 1,5 m per ha. Enkele kleine bakken zijn vaak handiger dan één grote. Als materiaal voor bakken wordt veelal polyester gebruikt.



Figuur 15.1. Schema van de inrichting van een concentratiemeter.



Figuur 15.2. Inrichting van een venturi.

## 15.2. Meststoffen

Niet alle meststoffen die in de tuinbouw worden gebruikt zijn geschikt voor het bijmesten via de regenleiding. Als eis wordt gesteld dat ze snel in water oplossen. Verder mogen ze na berekening over het gewas geen residu daarop achterlaten. In tabel 15.1. zijn meststoffen opgenomen die geschikt zijn voor het bijmesten via de regenleiding. Tevens is een groot aantal mengmeststoffen beschikbaar die speciaal voor het bijmesten via het gietwater zijn samengesteld.

Tabel 15.1. EC-waarden van meststoffen.

Meststof	Samenstelling	EC-waarde mS.cm
Kalisalpeter	$KNO_3$	1,35
Chilisalpeter	$NaNO_3$	1,3
Kalksalpeter (vast)	$5(Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O) \cdot NH_4NO_3$	1,24
Kalksalpeter (vlb)*	$5(Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O)$	0,63
Ammoniumnitraat (vlb)*	$NH_4NO_3$	0,86
Magnesiumnitraat (vlb)*	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	0,54
Zwavelzure ammoniak	$(NH_4)_2SO_4$	1,9
Ureum	$CO(NH_2)_2$	0,0
Monoammoniumfosfaat	$NH_4H_2PO_4$	0,86
Monokalifosfaat	$KH_2PO_4$	0,68
Kalisulfaat	$K_2SO_4$	1,54
Bitterzout	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0,94

\* vlb = vloeibaar

Het aantal mengmeststoffen neemt jaarlijks toe en de samenstelling wordt van tijd tot tijd gewijzigd. Het heeft daarom weinig zin ze te vermelden. De volgende handelsmerken worden in Nederland veel gebruikt: Kristallon, Delta Spray, Nutrifol, Plantprod., Peters, Pokon en Plantfeed. De EC-waarde is meestal op de verpakking vermeld. Ureum blijkt de EC niet te beïnvloeden. Deze meststof kan dus alleen gemengd met een andere meststof worden gegeven.

De EC-waarde van een meststof geeft aan, hoeveel de EC van het water wordt verhoogd, als 1 gram van die meststof wordt opgelost in 1 liter water. Bij het oplossen van 2 gram kalisalpeter wordt de EC van het gietwater dus met  $2 \times 1,35 = 2,7$  eenheden verhoogd.

Hieronder volgt een voorbeeld:

Doseren van 2 gram kalisalpeter per liter water:

- Aflezen EC-waarde uit tabel 15.1. Voor 1 gram 1,35 schaaldelen EC, dus voor 2 gram 2,7.
- Aflezen EC van het gietwater. Stel dat 1,0 wordt gevonden.
- Instellen op  $1,0 + 2,7 = 3,7$ .

De meststoffen die in tabel 15.1. zijn opgenomen, mogen ook gemengd worden gebruikt, met uitzondering van kalksalpeter dat niet kan worden gemengd met zwavelzure ammoniak, kalisulfaat, monoammoniumfosfaat, monokalifosfaat en bitterzout.

### 15.3. Bladverbranding

Bij het beregenen van kunstmeststoffen over het gewas heen kan bladverbranding optreden. Daarom moet de concentratie zo laag worden gekozen dat dit zich niet zal voordoen. Bij het bepalen van de concentratie dient vooral te worden gelet op de hoeveelheid ammoniakstikstof. Uit een proef met tomaten bleek, dat bij dit gewas verbranding optrad vanaf 4 mmol  $\text{NH}_4$  per liter bij berekening over het gewas heen. Bij gevoeliger gewassen zal de concentratie nog lager moeten blijven. Het effect van ureumstikstof is waarschijnlijk gelijk aan die van ammoniumstikstof. Meststoffen die geen ammoniak bevatten, kunnen vaak wel in concentraties van 2 à 3 gram per liter worden toegediend.

### 15.4. Bijmesten

Voor het bijmesten van de gewassen worden de in tabel 15.1. vermelde meststoffen gebruikt of een mengsel daarvan. Ook mengmeststoffen worden op ruime schaal gebruikt. De keuze van de meststof vindt plaats op basis van gewas, grondonderzoekresultaten, gietwaterkwaliteit, gewasontwikkeling en teeltoomstandigheden. In de eerste plaats krijgt de stikstof- en kalivoorziening de aandacht, maar daarnaast zijn ook calcium en magnesium van belang. Sulfaat is al spoedig voldoende aanwezig en ook het bijmesten van fosfaat kan veelal achterwege blijven. Soms moeten sporelementen worden meegegeven. Dit kan vooral voor borium nodig zijn.

De hoeveelheid mest die wordt toegediend, wordt uitgedrukt als concentratie van het toegediende gietwater. De bemesting is dus min of meer gekoppeld aan de watergift. Dit is ook nodig, omdat bij grotere watergiften een deel van de meststoffen wordt uitgespoeld. Door steeds meststoffen aan het gietwater toe te dienen, wordt de uitspoeling min of meer automatisch gecompenseerd. De in het gietwater toe te dienen concentratie aan meststoffen hangt af van dezelfde factoren als waar de meststofkeuze van afhangt. Veelal wordt tussen 0,5 en 1,0 gram per liter water toegediend. Bij een tomatenteelt wordt in het begin echter veel meer toegediend om de groei in de hand te houden. Er wordt dan met de slang gegoten waarbij meststoffdoseringen van 2 tot 8 gram per liter worden toegepast.

Ook voor de teelt in grond worden steeds vaker voedingsoplossingen gebruikt. Met behulp van een aantal meststoffen worden mengsels samengesteld waarin de voedingsstoffen in een zodanige verhouding voorkomen als optimaal wordt geacht voor het betreffende gewas. Het mengsel kan continu in een bepaalde concentratie worden gedoseerd in het gietwater. Aan de hand van grondonderzoekresultaten worden zonodig bepaalde elementen of de totale concentratie bijgesteld. Voor het principe van deze vorm van bijmesten wordt verwezen naar hoofdstuk 16.

## 16. BEMESTINGSADVISERING VOOR TEELTEN IN GROND VIA DE COMPUTER

Het bijmesten van groente- en bloemengewassen geteeld onder glas is erg belangrijk, vooral bij gewassen met een lange groeiperiode. Bij deze teelten worden om de vier of zes weken grondmonsters genomen en geanalyseerd. In Nederland wordt voor het analyseren van kasgronden gebruik gemaakt van de 1:2 volume extractiemethode. Aan de hand van de gevonden analysecijfers wordt voor de diverse gewassen een bemestingsadvies samengesteld. Bij deze advisering worden zowel enkelvoudige als samengestelde meststoffen gebruikt. Een nadeel van samengestelde meststoffen is, dat de onderlinge verhoudingen van de elementen vastliggen. Ook bevatten deze meststoffen het element calcium niet. Bij gebruik van onder andere regenwater kan dit een bezwaar zijn, daar dit type water van nature geen calcium bevat. Momenteel wordt bij teelten in grond gewerkt met voedingsoplossingen die op bepaalde gewassen afgestemd zijn. Deze voedingsoplossingen kunnen worden samengesteld met enkelvoudige meststoffen, zodat elk moment de verhouding tussen de elementen kan worden aangepast.

Voor de berekening van deze voedingsoplossingen is een computerprogramma ontwikkeld, zodat de berekening snel kan worden uitgevoerd. In dit hoofdstuk wordt in het kort beschreven, hoe een bemestingsadvies voor komkommers met behulp van de computer tot stand komt. Voor het samenstellen van het bemestingsadvies voor de overige gewassen, wordt verwezen naar de "Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw", uitgegeven door het Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw.

### 16.1. Principe advisering

Het principe van het geven van bijmestadviezen bij grondanalyse-resultaten is gebaseerd op het regelen van de concentratie en de samenstelling van een voedingsoplossing in afhankelijkheid van de analyseresultaten. Het N-gehalte in het 1:2 volume extract bepaalt de te doseren concentratie. De andere voedingselementen worden naar verhouding meegedoseerd met de stikstof. Te hoge of te lage gehalten van een bepaald element in het 1:2 volume extract worden gecorrigeerd door een verlaging c.q. verhoging van de concentratie van dat element in de voedingsoplossing. Kwantificering hiervan vindt plaats door vooraf de verhouding van alle elementen in het 1:2 volume extract ten opzichte van stikstof te berekenen en de samenstelling van de voedingsoplossing hierop aan te passen.

### 16.2. Grondanalysecijfers

Het advies wordt verstrekt aan de hand van grondanalysecijfers verkregen met behulp van het 1:2 volume extract. De gehalten aan kationen en anionen zijn uitgedrukt in mmol per liter extract en het geleidingsvermogen (EC) in mS per cm bij 25°C. Bij de advisering worden de volgende bepalingen betrokken:

- Kationen:  $\text{NH}_4$ , Na, K, Ca, Mg.
- Anionen:  $\text{NO}_3$ , Cl,  $\text{SO}_4$ , P.
- EC.

### 16.3. Waardering analysecijfers

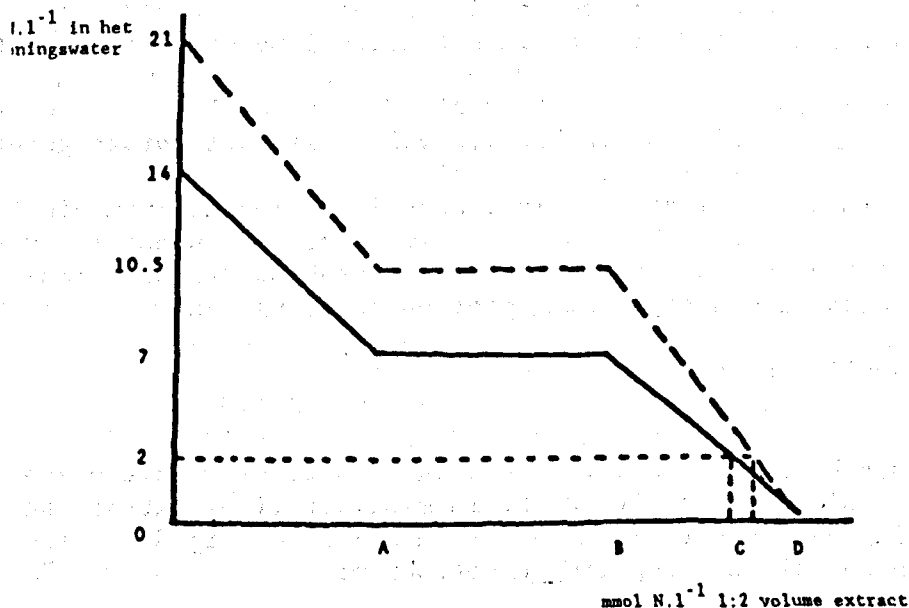
Bij de waardering van de analysecijfers wordt uitgegaan van een beoordeling aangepast aan het gewas. Streefcijfers voor komkommer worden gegeven in tabel 16.1.3. Alleen duidelijk afwijkende cijfers worden gesignaleerd. Tevens wordt een controle uitgevoerd of de analyseresultaten binnen de grenzen vallen van het Adviesstelsel Continu Mestdosering (ACM). De grenzen staan in tabel 16.1.9.

### 16.4. Verhouding voedingselementen in de voedingsoplossing

De ionenverhoudingen in de voedingsoplossing worden per gewas gegeven. Voor komkommer staan deze in tabel 16.1.1. De procentuele samenstelling wordt berekend. De EC-waarde wordt berekend op basis van de bijdrage aan de EC van de afzonderlijke meststoffen (tabel 16.1.2.). Fosfaat en het sporelement borium worden niet standaard toegediend, maar alleen in die gevallen waar dit nodig is (tabel 16.1.6.). Bij de standdaarsamenstelling wordt de stikstof voor het overgrote deel gegeven als nitraat. Bij eventuele aanpassingen in de samenstelling kan het nodig zijn meer stikstof toe te dienen in de vorm van ammonium, teneinde de ionensommen in de voedingsoplossingen sluitend te maken.

### 16.5. Concentratieregeling voedingsoplossing

De concentratieregeling vindt plaats op basis van het gehalte aan stikstof in het 1:2 volume extract. In traject A-B (zie figuur 16.1.) wordt een standaardconcentratie gegeven (tabel 16.1.4.) In het traject A-O neemt bij dalende waarden de N-concentratie toe tot een maximum bij N(1:2 extract) = 0. Bij waarden in het traject B-C neemt de concentratie lineair af tot een te definiëren waarde. Als de te doseren N-concentratie lager wordt dan 2 mmol per liter (traject C-D), wordt geen advies door de computer uitgebracht.



Figuur 16.1. De stikstofconcentratie in het beregeningswater uitgezet tegen de stikstofconcentratie in het 1:2 volume extract. — standaardconcentratie en - - - - hoge concentratie. Voor de betekenis van de symbolen, zie tekst.



Tabel 16.1. Parameters voor het berekenen van de bemesting voor de teelt van komkommers in kasgrond. Elementen in de voedingsoplossing en in het 1:2 volume extract staan uitgedrukt in mmol per liter.

16.1.1. Standaardvoedingsoplossing						16.1.2. Elementgehalte in %					EC- waarde <sub>1</sub>
NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	S	K	Ca	Mg	N	S(1 g.l.l <sup>-1</sup> )	
0,9	3,5	2,0	1,0	8,4	1,0	12,2	7,2	2,2	11,4	2,9	1,2

16.1.3. Streecijfers 1:2 volume extract						16.1.4. N-dosering in mmol.l <sup>-1</sup>	
K	Ca	Mg	N	S	EC		
1,8	2,2	1,2	4,0	1,5	1,0	standaard: 7 bij 2,9 < N < 5,1 maximaal: 14 bij N = 0 minimaal: 0 bij N = 10	

16.1.5. Correcties		Element :				Correcties		Verhoudingen	
K	Ca	Mg	S	:	K/N	Ca/N	Mg/N	SO <sub>4</sub> /N	
1+	1,5	1,0		:	<0,25	<0,30			
2+	0,75	0,5	0,5	:	0,25-0,34	0,30-0,44	<0,20	<0,25	
3	0	0	0	:	0,35-0,55	0,45-0,65	0,20-0,40	0,25-0,50	
4-	0,75	1,0	0,5	0,5	:	0,56-0,65	0,66-0,75	0,41-0,50	0,51-0,75
5-	1,5	2,0	1,0	1,0	:	>0,65	>0,75	>0,50	>0,75

16.1.6. P-cijfer		Dosering	16.1.7. Twee adviezen		16.1.8. Aangepaste concentratie	
<0,10	1,0		N-cijfer		periode van 1-12 tot 15-2	
0,10-0,15	0,5		<2,0		verhoging 50%	
>0,15	0,0					

16.1.9. Waardering analysecijfers en grenzen voor het ACM										
Waardering	NH <sub>4</sub>	K	Na	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	P	EC
laag <		1,0		1,0	0,7	2,0		0,7	0,1	
hoog >	0,5	2,5	4,0	4,0	2,0	8,0	4,0	4,0	0,2	1,6*
Ruim water	>		4,0				4,0			2,0
Buiten ACM	<	0,5		0,5	0,5	1,0		0,5		
"	>	1,0	3,0							
" **	>	4,5								

\* EC (v)      \*\* geldt voor hoge concentratie

#### 16.6. Ionenverhoudingen grondanalysecijfers

Naast de toe te dienen concentratie aan voedingsstoffen moet worden gelet op de onderlinge verhoudingen van de voedingselementen. De onderlinge anionenverhoudingen zijn als regel niet systematisch van invloed op de kationenopname en omgekeerd. De onderlinge verhoudingen van kationen en anionen beïnvloeden als regel wel de opname aan bepaalde kationen respectievelijk anionen. Bij het samenstellen van het advies zal daarmee dan ook rekening worden gehouden.

Afwijkingen van het stikstofgehalte worden gecorrigeerd door aanpassingen in de toe te dienen concentratie. Relatief hoge of lage waarden van K, Ca, Mg en  $\text{SO}_4$  dienen te worden gecorrigeerd door veranderingen in de samenstelling van de voedingsoplossing (tabel 16.1.5.).

Nadat de standaardvoedingsoplossing door eventuele aanpassingen is bijgesteld (gecorrigeerd), zal veelal de  $(\text{K}+\text{Ca}+\text{Mg})$  en  $(\text{NO}_3+\text{SO}_4+\text{P})$  niet aan elkaar gelijk zijn. Is de  $(\text{K}+\text{Ca}+\text{Mg})$  hoger dan de  $(\text{NO}_3+\text{SO}_4+\text{P})$  dan wordt de  $(\text{NO}_3+\text{SO}_4+\text{P})$  verhoogd met het verschil van beide sommen. Het verschil wordt verdeeld over  $\text{NO}_3$  en  $\text{SO}_4$  in de molverhouding die zij hebben in de standaardvoedingsoplossing. Blijkt echter dat na de aanpassing  $\text{SO}_4$  uit de voedingsoplossing was verwijderd dan wordt het totale verschil opgeteld bij N. Is de  $(\text{NO}_3+\text{SO}_4+\text{P})$  na correctie groter dan de  $(\text{K}+\text{Ca}+\text{Mg})$  dan wordt de helft van het verschil bij  $\text{NH}_4$  opgeteld en de andere helft van  $\text{NO}_3$  afgetrokken. Is  $\text{NH}_4$  aan een maximum gebonden dan wordt het eventuele deel  $\text{NH}_4$  boven dat maximum verdeeld over  $(\text{K}+\text{Ca}+\text{Mg})$  in verhoudingen zoals ze zijn gegeven in de standaardvoedingsoplossing. Bij een Ca-aanpassing worden  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_3$  verhoogd c.q. verlaagd met het produkt 0,2 x Ca-aanpassing.

#### 16.7. Spoorelementen

Spoorelementen worden met uitzondering van borium niet standaard toegediend. Onder normale omstandigheden zijn ijzer, mangaan, koper, zink en molybdeen voldoende in de grond aanwezig. Indien geen borium aanwezig is in het gietwater, is een toediening van B gewenst volgens de volgende formule:

$\text{umol B} = \text{standaard B} \times \text{standaard N-dosering} / \text{N-geadviseerd}$ .

De B-dosering wordt hierdoor constant en niet afhankelijk van de N-dosering. Standaard B bedraagt voor komkommers 10 umol per liter.

#### 16.8. Meststoffen

Tabel 16.2. geeft een overzicht van de meststoffen die kunnen worden aangewend voor het toedienen van bepaalde voedingselementen. In de tabel zijn tevens de gehalten aan zuivere meststoffen, de EC-waarde en het moleculairgewicht opgenomen.

Tabel 16.2. Meststoffen die worden gebruikt bij het samenstellen van voedingsoplossingen.

Meststof	% zuivere meststof	EC-waarde mS.cm bij 25°C	Moleculair gewicht
Kalksalpeter	19,0 Ca; 15,5 N	1,24	216**
Kalksalpeter (vlb)*	12,5 Ca; 8,7 N	0,63	(320)
Kalisalpeter	38,2 K; 13 N	1,35	101,1
Ammoniumnitraat (vlb)*	18 N	0,86	(156)
Magnesiumnitraat (vlb)*	6,1 Mg; 7 N	0,54	(400)
Bitterzout	9,7 Mg; 13 S	0,94	246,3
Kalisulfaat	44,8 K; 17 S	1,54	174,3
Monokalifosfaat	28,2 K; 22,3 P	0,68	136,1
Mono ammoniumfosfaat	12 N; 26,2 P	0,86	115,0
Borax	11 B	-	381,2

\* vlb = vloeibaar

\*\* gerekend als 1 mol Ca, 2,2 mol NO<sub>3</sub> en 0,2 mol NH<sub>4</sub>

#### 16.9. Bereiding geconcentreerde voedingsoplossing

Bij het bereiden van de geconcentreerde voedingsoplossing wordt er met twee bakken gewerkt. Deze bakken worden benoemd als "A-bak" en "B-bak". In de A-bak mogen geen meststoffen worden verwerkt die fosfaat of sulfaat bevatten. In de B-bak mogen geen meststoffen worden verwerkt die calcium bevatten. De hoeveelheden worden uitgedrukt in kg per m<sup>2</sup> bakinhoud.

#### 16.10. Hoge concentratie

Bij sommige gewassen (onder andere komkommer) wordt gedurende een bepaalde periode een hoge concentratie (tabel 16.1.8) in de voedingsoplossing geadviseerd. Dit is om een hogere voedingstoestand van de grond te handhaven dan normaal het geval is. De hoge concentratie van de voedingsoplossing ligt een bepaald percentage boven de standaardconcentratie (figuur 16.1.). Voor het overige blijft het systeem gelijk.

#### 16.11. Zouttoestand tijdens de teelt

Bij een te hoog Cl-gehalte en/of een te hoge EC wordt geadviseerd, als de gewasomstandigheden het toelaten, wat ruimer water te geven. In de periode waarin een hogere concentratie wordt aangehouden, worden de toelaatbare grenzen voor chloride en EC evenredig verhoogd.

#### 16.12. Lage N-cijfers

Voor lage N (1:2) waarden moet eveneens een uitzondering worden gemaakt. Omdat op het N (1:2) cijfer de onderlinge verhouding van de voedingselementen worden geregeld, zal bij een lage waarde van N (1:2) de verhouding tot de andere elementen spoedig hoog worden, met als gevolg dat mogelijk geen SO<sub>4</sub>, Ca en Mg meer wordt gegeven. Het lang gebruiken van een voedingsoplossing waarin een of meer van

deze elementen ontbreken, kan ongewenst zijn. Daarom wordt bij een bepaalde waarde van N (1:2) (tabel 16.1.7.) als een van de genoemde elementen niet wordt gegeven een advies verstrekt met beperkte geldigheidsduur. Na twee weken is het raadzaam een nieuw grondmonster te nemen.

### 16.13. Ca-dosering

Naast aanpassingen op basis van Ca 1:2 wordt de Ca-dosering ook gecorrigeerd op basis van pH en  $\text{CaCO}_3$ . Correctie op Ca vindt plaats als de pH of het gehalte aan  $\text{CaCO}_3$  een vastgestelde waarde (afhankelijk van grondsoort, percentage organische stof en slib) overschrijdt (zie "Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw"). De correctie bestaat uit twee aanpassingen, bij de eerste aanpassing wordt Ca gedeeltelijk en bij de tweede aanpassing geheel verwijderd uit de voedingsoplossing.

### 16.14. Uitzonderingssituaties

Indien de vochtvoorziening plaats vindt met behulp van druppelbloeijing wordt de geadviseerde concentratie met 25% verhoogd.

### 16.15. Samenvatting uitvoering systeem

Het onderstaande geeft een samenvatting van het systeem op basis van een grondmonster genomen uit een kas waar komkommers groeien.

#### Samenvatting van het computersysteem

#### Analyseresultaten grondonderzoek

$\text{NH}_4$	K	Na	Ca	Mg	$\text{NO}_3$	Cl	$\text{SO}_4$	P	
0,2	1,3	2,0	2,4	1,0	3,2	2,0	2,2	0,16	$\text{mmol.l}^{-1}$

EC : 1,2 mS.cm<sup>-1</sup>

Gewas : komkommer

Monsterdatum: 10 april

#### Waardering analysecijfers

Geen buitengewone waarden (zie tabel 16.1.9.)

#### Stikstofconcentraties

N (extract) =  $3,2 \text{ NO}_3 + 0,2 \text{ NH}_4 = 3,4 \text{ mmol.l}^{-1}$

N dosering = 7 mmol per liter (zie tabel 16.1.4.)

#### Aanpassing standaardvoedingsoplossing

K/N = 0,38; Ca/N = 0,71; Mg/N = 0,29;  $\text{SO}_4$  = 0,65

Aanpassingen: -1,0 Ca; - 0,5  $\text{SO}_4$  (zie tabel 16.1.5. en 16.1.6.)

Aangepaste molverhoudingen: 3,5 K; 1,0 Ca; 1,0 Mg; 9,3 N; 0,5  $\text{SO}_4$  (zie tabel 16.1.1.)

#### Meststoffen samenstelling (molverhoudingen)

1,0 kalksalpeter; 3,5 kalisalpeter; 0,5 magnesiumnitraat; 0,5 magnesiumsulfaat; 1,2 ammoniumnitraat.

Meststoffen mengsel kg per m<sup>3</sup> bij 100 x geconcentreerd

21,6 kg kalksalpeter; 35,4 kg kalisalpeter; 12,3 kg bitterzout,  
20 kg (14,8 liter) magnesiumnitraat en 18,7 (15,1 liter) kg  
ammoniumnitraat (vlb). Meststoffen verdeeld over A- en B-bakken.

Procentuele samenstelling in gewichtsprocenten

11,8 N; 12,5 K; 3,7 Ca; 2,2 Mg; 1,5 S

EC-waarde van het mengsel (zie tabel 16.2.)

kalksalpeter (vast)	1,24 x 21,6/108	= 0,248
kalisalpeter	1,35 x 35,4/108	= 0,442
bitterzout	0,94 x 12,3/108	= 0,107
magnesiumnitraat (vlb)*	0,54 x 20 /108	= 0,100
ammoniumnitraat (vlb)*	0,86 x 18,7/108	= 0,149
	EC-waarde mS.cm <sup>-1</sup>	1,046

\* vloeibaar

EC-toediening meststoffen

Toedienen 7 mmol N per liter<sub>1</sub> (98 mg.l<sup>-1</sup>)

98/118 x 1,046 = 0,87 mS.cm

Deze EC toedienen aan het beregeningswater.

Borium

Indien geen borium in<sub>3</sub> het gietwater aanwezig is, dan aan bak A of B  
95,3 gram Borax per m<sup>3</sup> toedienen (berekening volgens formule  
paragraaf 16.7; let op 1 mol Borax = 4 mol B).

## 17. CHEMISCHE VERANDERINGEN IN DE GROND DOOR STOMEN

Het stomen van de grond heeft gewoonlijk een gunstig effect op de plantengroei, doordat door het stomen schadelijke micro-organismen worden gedood. Onder bepaalde omstandigheden doen zich echter ook nadelige effecten voor na grondstomen. Dit is dan vaak een gevolg van chemische omzettingen, die plaats hebben bij de hoge temperatuur die in de grond wordt bereikt.

In het algemeen worden bij het stomen voedingsstoffen in de grond gemobiliseerd. Dit geldt vooral voor mangaan, stikstof en broom. Een ander effect is de afbraak van organische stof en het omzetten van organische stof in gemakkelijker afbreekbare componenten. Over laatstgenoemd aspect is tot op heden slechts in beperkte mate onderzoek verricht.

### 17.1. Mangaan

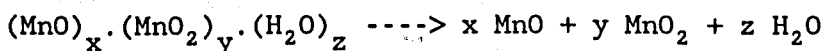
In de grond komt een groot aantal mangaanverbindingen voor. De meeste bestaan uit gehydrateerde mangaanoxiden, waarin het mangaan twee- tot vierwaardig is. De verbindingen kunnen worden verdeeld in gemakkelijk reduceerbare en in betrekkelijk inerte. In eerstgenoemde verbindingen wordt het drie- of vierwaardig mangaan vrij gemakkelijk gereduceerd tot tweewaardig mangaan. Bij laatstgenoemde verbindingen gebeurt dit veel minder gemakkelijk en zal dit onder natuurlijke omstandigheden nauwelijks plaatshebben.

Mangaanoxiden, waarin het mangaan tweewaardig is, zijn gemakkelijker oplosbaar dan die waarin het mangaan een hogere waardigheid heeft. In het algemeen zal daarom door reductie de beschikbaarheid van mangaan voor de plant toenemen. Naast mangaanoxiden komen in de grond mangaanzouten en organische mangaanverbindingen voor. De grootste hoeveelheid mangaan wordt doorgaans echter gevonden in de vorm van oxiden.

Voor de mangaanopname van de gewassen is vooral het tweewaardige mangaanion van belang. Dit komt in de grond voor gebonden aan de klei- en humusdelen of opgelost in het bodemvocht. Het in deze vorm in de grond aanwezige mangaan wordt uitwisselbaar mangaan genoemd. Daarnaast wordt veelal gesproken over actief mangaan. Hiertoe worden de uitwisselbare- en de gemakkelijk reduceerbare mangaanverbindingen gerekend.

#### 17.1.1. Effect van stomen

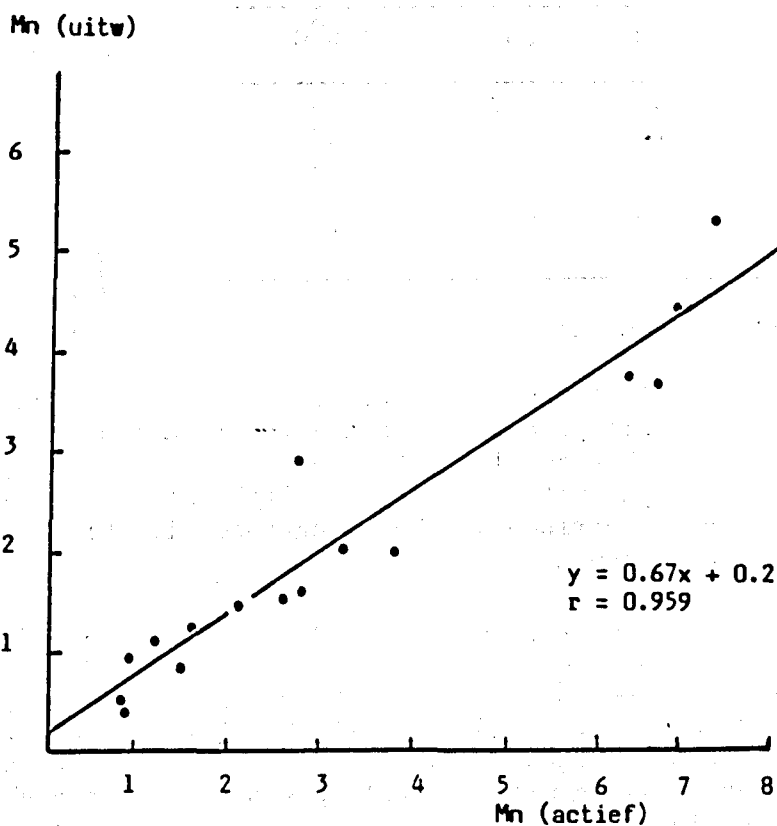
Mangaanverbindingen die onder normale omstandigheden niet voor de plant beschikbaar zijn, worden tijdens het stomen van de grond omgezet in gemakkelijk beschikbare verbindingen. Daardoor worden op vrijwel alle gronden hoge gehalten aan uitwisselbaar mangaan gevonden na het stomen. Verschillende processen kunnen hiervan de oorzaak zijn. Dehydratatie is wel als een van de belangrijkste van die processen genoemd. Bij dehydratatie vallen complexe mangaanverbindingen uiteen door onttrekking van water. Het proces kan als volgt worden beschreven:



Naast dehydratatie moeten echter ook andere processen een rol spelen bij het vrijkomen van mangaan tijdens stomen. Dit blijkt uit de resultaten van een proef (tabel 17.1.) waarin een vergelijking werd gemaakt tussen de hoeveelheden mangaan die vrijkomen bij dehydratatie en bij stomen. Na stomen is de hoeveelheid uitwisselbaar mangaan aanzienlijk groter dan na dehydratatie.

Tabel 17.1. Het gehalte actief mangaan van zes kasgronden en het gehalte uitwisselbaar mangaan in de onbehandelde grond, na dehydratatie en na stomen. Gehalten in mmol.kg<sup>-1</sup> droge grond.

Grondsoort	Actief mangaan	Uitwisselbaar mangaan		
		controle	na dehydratatie	na stomen
Zand	0,82	0,18	0,27	0,55
Zavel	1,13	0,27	0,46	0,82
Klei	4,37	0,51	0,91	3,28
Klei	6,28	0,46	0,64	2,55
Veen	3,61	0,36	0,82	2,91
Veen	3,55	0,33	0,91	3,01



Figuur 17.1. Het verband tussen het gehalte actief mangaan voor stomen en het gehalte uitwisselbaar mangaan na 12 uur stomen.

Dat er door stomen meer mangaan vrijkomt dan alleen door dehydrata-tie, zou kunnen worden verklaard uit afbraak van organische verbindingen die mangaan bevatten. De hoeveelheden zijn echter zo groot, dat meer aan reductie van mangaanoxiden moet worden gedacht.

De hoeveelheid mangaan die bij het stomen van de grond vrijkomt, is sterk afhankelijk van de hoeveelheid gemakkelijk reduceerbaar mangaan die in de grond aanwezig is, de duur van het verhitten van de grond en de temperatuur die daarbij wordt bereikt.

Het effect van de hoeveelheid gemakkelijk reduceerbaar mangaan blijkt uit figuur 17.1., waarin het verband is weergegeven tussen de hoeveelheid actief mangaan voor het stomen van de grond en de hoeveelheid uitwisselbaar mangaan na het stomen. Ongeveer 70% van het actief mangaan is na het stomen in uitwisselbare vorm aanwezig. De effecten van de tijdsduur dat de grond wordt verhit en van de temperatuur die daarbij wordt bereikt, blijken uit tabel 17.2., waarin de resultaten zijn samengevat van een proef waarbij tien Nederlandse kasgronden bij verschillende temperatuur en tijdsduur werden verhit.

Tabel 17.2. Het gehalte uitwisselbaar mangaan na verschillende temperatuur-behandelingen als percentage van het gehalte actief mangaan. De percentages zijn gemiddelden van tien Nederlandse kasgronden.

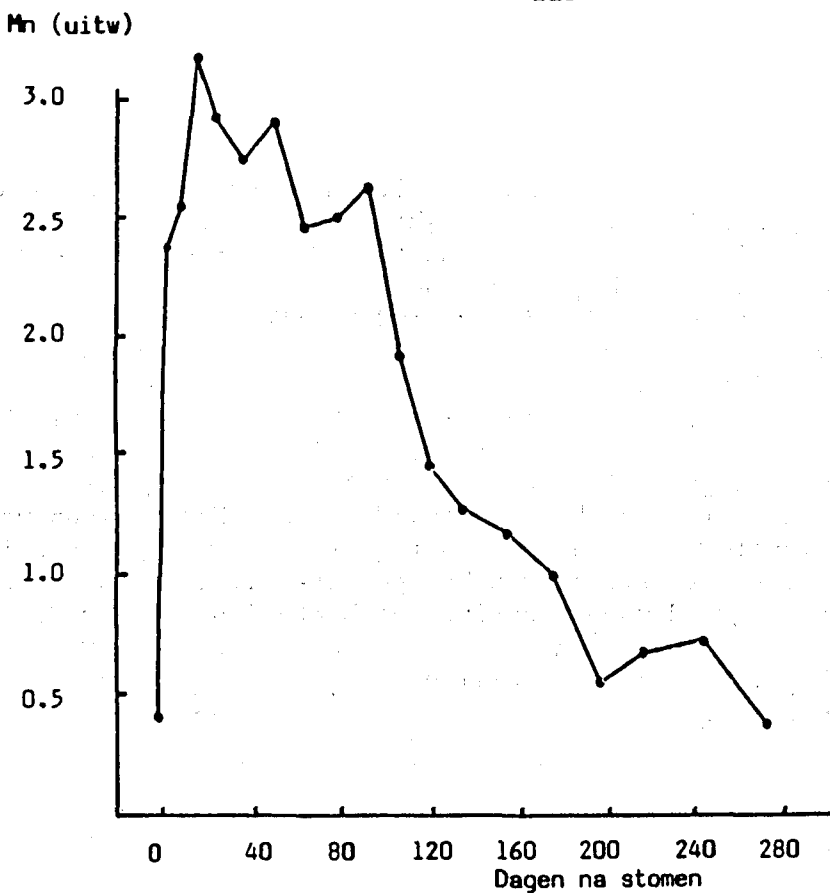
Tijdsduur verhitting	Temperatuur		
	70°C	85°C	100°C
3 uur	14	22	30
6 uur	16	40	60
12 uur	24	58	72
			--
Controle			16

#### 17.1.2. Mangaanvastlegging na stomen

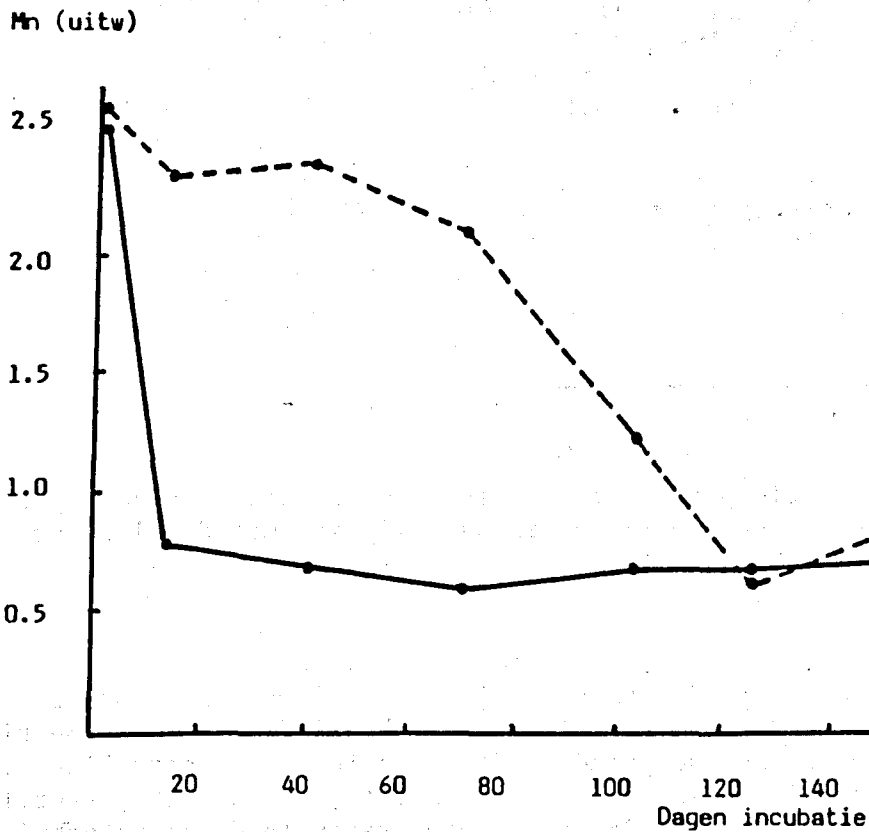
Het mangaan dat bij stomen vrijkomt, wordt daarna weer vastgelegd in mangaanoxiden. Dit proces verloopt gewoonlijk langzaam. Bij sommige gronden is het gehalte uitwisselbaar mangaan een jaar na het stomen nauwelijks tot het oorspronkelijke niveau gedaald. In figuur 17.2. is het verloop van het mangaangehalte bij een gestoomde kleigrond weergegeven.

De langzame mangaanvastlegging na stomen is afwijkend van het gedrag van mangaan in de meeste kasgronden in ongestoomde toestand. Bij een voldoende hoge pH wordt mangaan in ongestoomde kasgrond namelijk zeer snel vastgelegd. Dit blijkt uit figuur 17.3., waarin het verloop van het mangaangehalte van een gestoomde grond is weergegeven in vergelijking met het verloop van het mangaangehalte van dezelfde grond in ongestoomde toestand.





Figuur 17.2. Het verloop van het gehalte uitwisselbaar mangaan op een kleigrond na stomen.

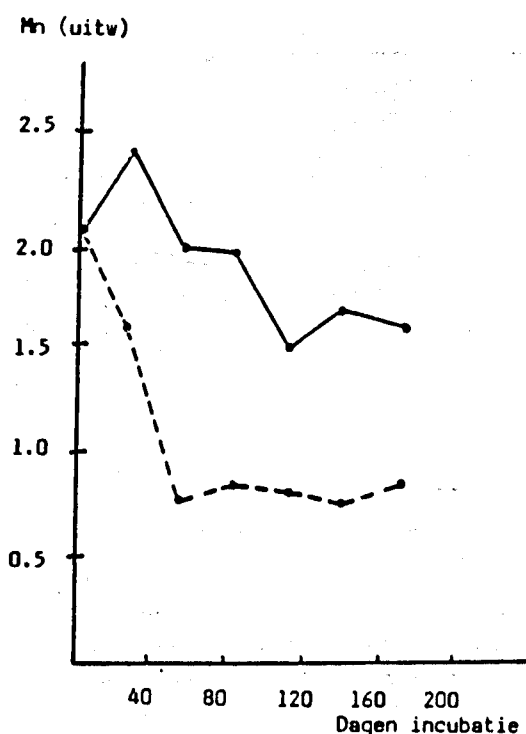


Figuur 17.3. Het verloop van het gehalte uitwisselbaar mangaan op een kleigrond.

- (—) mangaangehalte verhoogd door toevoeging van mangaansulfaat
- (----) mangaangehalte verhoogd door stomen

Bij laatstgenoemde grond was het gehalte uitwisselbaar mangaan verhoogd met mangaansulfaat. Zoals blijkt is bij de ongestoomde grond het gehalte uitwisselbaar mangaan na tien dagen reeds tot een constant niveau gedaald en bij de gestoomde grond duurde het meer dan 100 dagen voordat hetzelfde niveau werd bereikt.

De oorzaak van de langzame mangaanvastlegging op gestoomde grond is gelegen in het feit dat de bacteriën die de mangaanvastlegging in de grond bevorderen, zijn gedood tijdens het stomen. Dit blijkt uit de resultaten van een incubatieproef, waarin een gestoomde grond werd geënt met mangaanoxiderende bacteriën. De enting werd uitgevoerd door toevoeging van 5% ongestoomde grond. Het verloop van het gehalte uitwisselbaar mangaan is in figuur 17.4. weergegeven in vergelijking met het verloop van het gehalte uitwisselbaar mangaan in de gestoomde grond zonder enting met bacteriën. Zonder deze enting vond binnen 180 dagen slechts een beperkte mangaanvastlegging plaats, terwijl dit bij enting met bacteriën zeer snel gebeurde.



Figuur 17.4. Het verloop van het gehalte uitwisselbaar mangaan op een kleigrond na stomen (—) in vergelijking met dezelfde grond gemengd met 5% ongestoomde grond (----).

## 17.2. Stikstof

In kasgronden is doorgaans vrijwel alle in water oplosbare stikstof aanwezig in de vorm van nitraat. Stikstof die bij de bemesting in ammoniumvorm aan de grond wordt toegediend, zal normaliter door micro-organismen snel worden omgezet tot nitraat. Bij steriliseren van de grond door middel van stoom treden in de stikstofhuishouding veranderingen op. Daarnaast zijn in de eerste periode na het stomen van de grond de micro-organismen die de nitrificatie bewerkstelligen, voor het overgrote deel gedood.

17.2.1. Directe invloed van stomen

Tijdens het stomen worden in de grond vrij grote hoeveelheden ammonium en soms ook wat nitriet gevormd. Dit blijkt uit de resultaten van een onderzoek waarbij op zes bedrijven direct voor en direct na het stomen de grond werd onderzocht. Op alle bedrijven werd zwaar gestoomd met behulp van zeilen. De resultaten staan in tabel 17.3.

Tabel 17.3. Het effect van stomen op de gehalten aan in water oplosbare nitraat en nitriet en op het gehalte uitwisselbaar ammonium. Gehalten in mmol.kg<sup>-1</sup> droge grond.

Bedrijf	NO <sub>3</sub>		NO <sub>2</sub>		NH <sub>4</sub> (uitwisselbaar)	
	voor	na	voor	na	voor	na
1	7,1	3,4	0,0	0,12	0,0	3,4
2	7,6	1,6	0,0	0,07	0,0	3,2
3	11,4	2,4	0,0	0,55	0,1	3,1
4	2,1	1,1	0,0	0,15	0,0	2,6
5	14,9	7,6	0,0	0,37	0,9	12,4
6	11,8	7,1	0,0	0,03	0,3	6,0

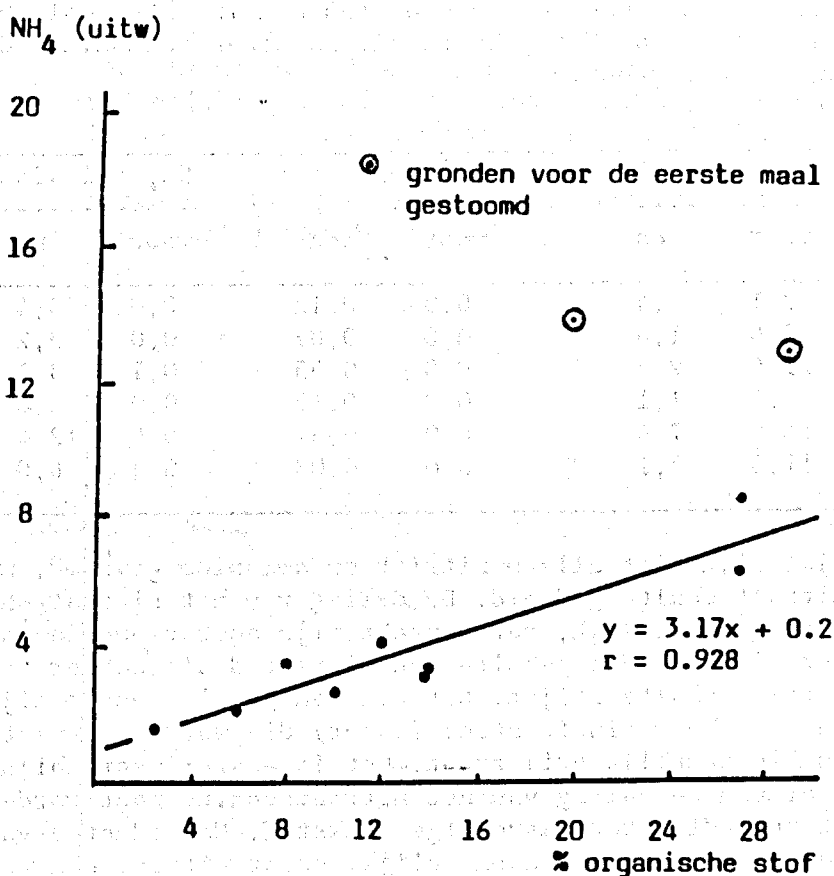
Zoals blijkt zijn niet alleen nitriet en ammonium gevormd, maar is ook het nitraatgehalte gedaald. De daling van het nitraatgehalte zal, althans gedeeltelijk, veroorzaakt zijn door reductie van nitraat tot nitriet. Het gehalte aan nitraat daalt echter veel meer dan het nitrietgehalte stijgt. Dit zou een gevolg kunnen zijn van uitspoeling. De hoeveelheid stoom (water) die wordt gebruikt bij het stomen, is namelijk vrij groot. Het is echter waarschijnlijk, dat een deel van de daling van het nitraatgehalte moet worden verklaard uit ontleding tot gasvormige stikstof. Na reductie van nitraat tot nitriet is dit aannemelijk, omdat nitriet een weinig stabiele verbinding is.

Ontleding van nitraat wordt wel erg aannemelijk gemaakt door een proef waarbij vijf verschillende gronden werden gestoomd onder omstandigheden waarbij geen stikstofuitspoeling kon optreden. Ook hier bleek de daling zich bij vier van de vijf gronden voor te doen, vooral bij hoge nitraatgehalten. De toename aan nitriet was slechts gering. Bij één grond steeg het nitraatgehalte; dit was een grond die nog nooit tevoren was gestoomd.

De mate waarin nitraat wordt afgebroken, hangt af van de tijdsduur van het stomen en de temperatuur die daarbij wordt bereikt. Ook de hoeveelheid ammonium die bij het stomen wordt gevormd, hangt af van deze factoren. Bovendien spelen hierbij de hoeveelheid en de aard van het organische materiaal dat in de grond aanwezig is, een rol. Ammonium ontstaat namelijk door afbraak van organisch materiaal tijdens het stomen.

Het effect van temperatuur en tijdsduur bleek uit de resultaten van dezelfde proef, waarin het effect van deze factoren op de mangaanhuishouding werd bestudeerd. Naast mangaan werden namelijk ook nitraat en ammoniak bepaald. Door verhitting bij 70° C werd reeds ammoniak gevormd. Afbraak van nitraat bleek plaats te vinden bij

langdurige verhitting bij 100° C. Het effect van de hoeveelheid organische stof in de grond blijkt uit figuur 17.5. Hierin is het verband weergegeven tussen het gehalte organische stof van de grond en de hoeveelheid ammoniak die is vrijgekomen na langdurig (10-12 uur) stomen. De gronden die opgenomen waren in de proef waren reeds meermalen gestoomd, met uitzondering van de twee die afzonderlijk zijn aangegeven in de figuur. Blijkbaar is de hoeveelheid ammoniak die de eerste maal bij het stomen vrijkomt, aanzienlijk groter dan de hoeveelheid die vrijkomt nadat reeds meermalen is gestoomd.



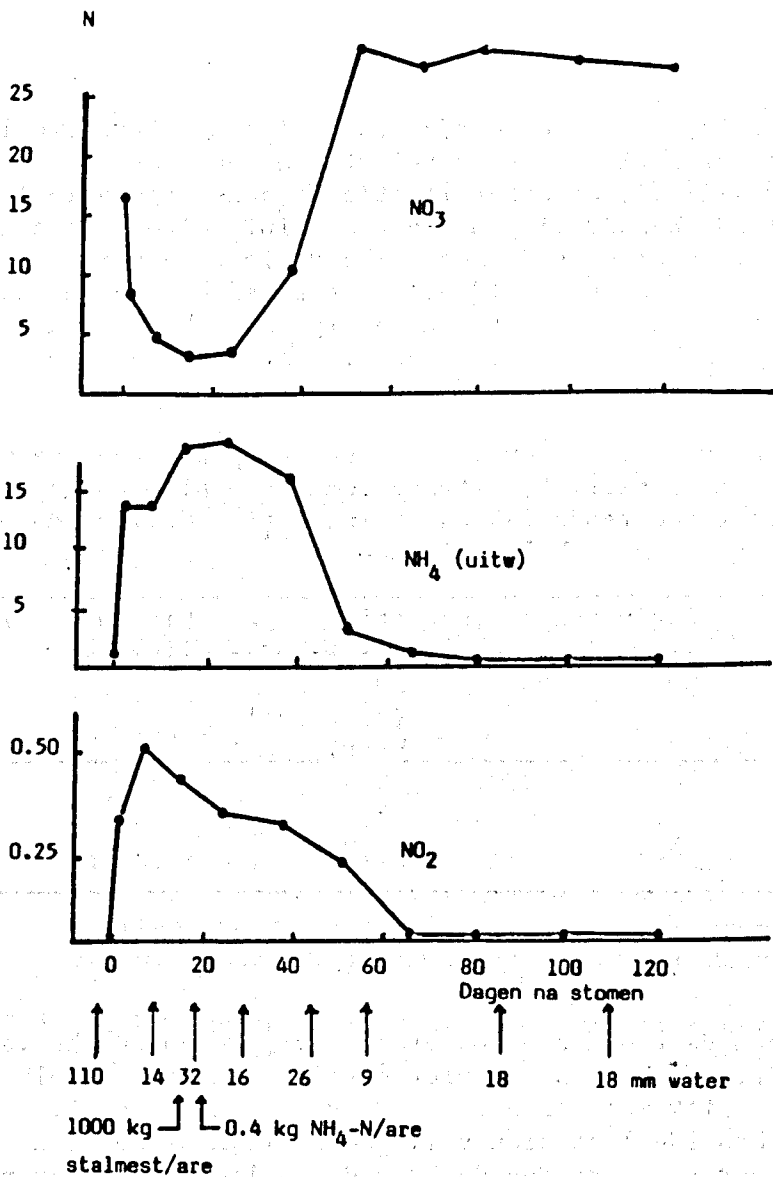
Figuur 17.5. Het verband tussen het organische-stofgehalte en het gehalte uitwisselbaar ammonium na stomen.

#### 17.2.2. Stikstofhuishouding na het stomen

Als gevolg van een geringe microbiologische activiteit in de grond na stomen kan het in de grond gevormde ammonium en nitriet enige tijd in de grond aanwezig blijven. Voorts is het mogelijk dat in de eerste periode na het stomen de ammonium- en nitrietgehalten stijgen. Ammonium kan na het stomen ontstaan door afbraak van organische stof en nitriet door nitrificatie van ammonium.

Op zes bedrijven werd de stikstofhuishouding van de grond na het stomen gedurende vier maanden gevolgd. Dit werd gedaan door regelmatig de grond te bemonsteren en de gehalten aan minerale stikstof te bepalen.

De eerste monsternamen vond een dag voor en de tweede monsternamen een dag na het stomen plaats. De volgende bemonsteringen werden aanvankelijk wekelijks en later met grotere tussenpozen uitgevoerd.



Figuur 17.6. Het verloop van het gehalte aan minerale stikstof in een gestoomde kasgrond. De grondsoort was kleiveen.

De normale cultuurmaatregelen zoals doorspoelen, gieten en bemesten werden verricht. De veranderingen in de gehalten aan minerale stikstof vertoonden op alle bedrijven eenzelfde tendens. Nitraat daalde niet alleen tijdens het stomen maar ook erna, als gevolg van doorspoelen van de grond.

Ammonium en nitriet vertoonden na het stomen soms een stijgende tendens. Aan nitrietstikstof werd op de zes in het onderzoek betrokken bedrijven niet meer dan 1 mmol per kg grond gevonden. Aan uitwisselbaar ammonium werd wel tot 18 mmol per kg grond gevonden. In figuur 17.6. is het verloop van de gehalten aan minerale stikstof weergegeven bij een van de bedrijven. In een ander onderzoek werd door middel van incubatie de stikstofmineralisatie van vijf kasgronden nagegaan na stomen en na pasteurisatie bij  $70^\circ\text{C}$  in vergelijking met de ongestoomde kasgronden. In tabel 17.4. zijn de gehalten aan minerale stikstof aan het begin van de proef en na 240 dagen incubatie bij  $22^\circ\text{C}$  weergegeven, gemiddeld over de vijf kasgronden. Aan het einde van de incubatieperiode is alleen het nitraatgehalte weergegeven, omdat toen geen ammonium en nitriet werden gevonden.

Het stomen heeft, zoals ook eerder is gebleken, nitraatverliezen gegeven. Pasteurisatie, maar vooral stomen doet het gehalte aan ammoniak sterk stijgen. De mineralisatie tijdens incubatie loopt bij de verschillende behandelingen slechts weinig uiteen en aan het einde van de incubatie is de hoeveelheid minerale stikstof na pasteurisatie of stomen gemiddeld wat groter dan bij de onbehandelde grond. Dit effect is dus meer een gevolg van afbraak van organisch materiaal tijdens het pasteuriseren c.q. stomen, dan van een sterkere stikstofmineralisatie na die behandelingen.

Tabel 17.4. Het effect van stomen en pasteuriseren op het gehalte water oplosbare nitraat en nitriet, uitwisselbaar ammonium en gemineraliseerde stikstof gedurende 240 dagen incubatie. Gemiddelde waarden over vijf kasgronden. Gehalten in mmol.kg<sup>-1</sup> droge grond.

Behandeling	Begin van de incubatie			Mineralisatie	Totaal
	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> (uitwisselbaar)		
Controle	8,2	0,01	0,4	13,4	21,9
70°C	8,0	0,06	3,0	11,8	22,9
100°C	5,4	0,16	5,9	13,9	25,3

### 17.3. Bromide

Bij stomen van de grond kan ook bromide vrijkomen. De hoeveelheden kunnen variëren en het is nog niet precies bekend van welke factoren het vrijkomen van bromide door stomen afhankelijk is. Het vrijgekomen bromide laat zich vrij gemakkelijk uitspoelen. In tabel 17.5. zijn voor twee gronden de bromidegehalten weergegeven voor en na het stomen en na doorspoelen.

Tabel 17.5. Het bromidegehalte van twee kasgronden voor en na stomen en na doorspoelen. Gehalten in umol.l<sup>-1</sup> van het 1:2 volume-extract.

No.	Voor stomen	Na stomen	Na stomen en doorspoelen
1	6	42	17
2	12	68	17

### 17.4. Chemische effecten en plantengroei

De chemische veranderingen die zich voordoen bij stomen van de grond, kunnen nadelig zijn voor de plantengroei. Het vrijkomen van te grote hoeveelheden mangaan veroorzaakt soms mangaanvergiftiging bij gewassen die hiervoor gevoelig zijn, zoals sla en roos. Ook de gewassen die wat minder gevoelig zijn voor mangaanvergiftiging kunnen op gestoomde grond overmaatverschijnselen vertonen, zoals anjer, komkommer en meloen. Zelfs bij een voor mangaanovermaat weinig gevoelig gewas als tomaat, kan bij een lage pH van de grond na stomen mangaanvergiftiging optreden.

Naast mangaan kan ook de verhoogde activiteit van nitriet en ammonium na stomen de plantengroei beïnvloeden. De effecten op de plantengroei door de veranderingen in de mangaanhuishouding zijn meestal echter groter dan die door de veranderingen in de stikstofhuishouding.

De nadelige neveneffecten van mangaan en nitriet die na stomen van grond optreden, doen zich na pasteurisatie bij een temperatuur rond 70 °C gewoonlijk niet voor. Dit is begrijpelijk omdat de mangaan- en de stikstofhuishouding bij deze temperatuur veel minder worden beïnvloed dan bij sterilisatie bij 100 °C. De groei en ontwikkeling van de gewassen geteeld in grond gepasteuriseerd bij 70 °C, is daarom vaak beter dan van de gewassen die in grond worden geteeld die gesteriliseerd is bij 100 °C.

Van het bij stomen vrijgekomen bromide heeft doorgaans geen effect te worden verwacht op de plantengroei. Voor zover bekend is bij onze cultuurgewassen alleen anjer gevoelig voor een hoog bromidegehalte in de grond. Na stomen is het echter niet zo hoog dat schade verwacht moet worden. Voor consumptiegewassen zijn echter uit het oogpunt van volksgezondheid grenzen gesteld aan het bromidegehalte. Bladgewassen mogen niet meer dan 50 mg Br per kg vers gewicht bevatten en vruchtgewassen niet meer dan 30 mg. Als gevolg van grondstomen kunnen deze grenzen worden overschreden. Dit blijkt uit de onderzoekresultaten vermeld in tabel 17.6. waarin een overzicht is gegeven van bromidegehalten van sla op tien verschillende soorten grond. De gehalten zijn weergegeven voor onbehandelde grond, gestoomde grond en gestoomde en doorgespoelde grond.

Tabel 17.6. De invloed van stomen in combinatie met spoelen op het bromidegehalte van sla. Gehalten in mg per kg vers gewicht.

Behandeling	Gemiddeld gehalte	Range
Controle	11	2 - 27
Stomen	38	17 - 75
Stomen en spoelen	7	2 - 14

Zoals blijkt, kan door stomen het bromidegehalte in sla te sterk oplopen. Doorspoelen van de grond na stomen kan dus noodzakelijk zijn.

## 18. NITRAAT

Water en vooral voedsel zijn de grootste nitraatbronnen voor de mens. Consumptie van veel nitraatrijk water of nitraatrijke groenten leidt tot een verhoging van de nitrietconcentratie in de maag, doordat nitraat hier wordt omgezet (reductie) tot nitriet. Dit kan ten eerste tot gevolg hebben dat nitriet met secundaire aminen reageert en zo nitrosaminen vormt. Nitrosaminen zijn kankerverwekkend. Toch is het verband tussen het eten van nitraatrijke groenten en kanker nog niet aangetoond, waarschijnlijk omdat de vitaminen in de groenten antagonistisch werken op kanker en daardoor de kwalijke effecten van nitrosaminen opheffen. Een tweede schadelijke effect kan optreden wanneer het nitriet in de bloedbaan terecht komt en zich aan rode bloedlichaampjes bindt waar het de plaats inneemt van zuurstof. Zodoende wordt het zuurstoftransport in het lichaam belemmerd. In ernstige gevallen kan dit, door zuurstoftekort, tot verstikking leiden (methaemoglobinaemia).

In dit bestek zal hoofdzakelijk de problematiek van de groenten die wij eten worden behandeld. Groenten kunnen op het nitraatgehalte worden ingedeeld in de groepen blad- en knolgroenten, en vruchtgroenten.

### 18.1. Nitraatgehalten in groenten

De belangrijkste blad- en knolgroenten, zoals kropsla, spinazie, radijs, rode bieten en paksoi, mogen in de winter niet meer dan 4500 mg  $\text{NO}_3$  per kg vers materiaal bevatten (1992). In de zomer ligt dit niveau veel lager, namelijk onder de 2500 mg  $\text{NO}_3$ . Daarnaast zijn er ook blad- en knolgroenten die niet in dezelfde hoeveelheden worden geconsumeerd zoals bleekselderij, peterselie, raapstelen, postelein en brandnetels. Deze kunnen soms nitraatgehalten hebben tot 9000 mg  $\text{NO}_3$  per kg vers materiaal. Zij hoeven nu nog niet aan de normen te voldoen, maar het ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiene wil echter dat ze ook aan de winternorm gaan voldoen. Waarschijnlijk wordt de winternorm vanaf november 1995 voor alle groenten verlaagd tot 3500 mg  $\text{NO}_3$  per kg vers materiaal. Enige jaren daarn zouden alle groenten jaarrond onder de 2500 mg  $\text{NO}_3$  per kg vers materiaal moeten blijven. Vruchtgroenten, zoals tomaat en komkommer, bevatten aanzienlijk minder  $\text{NO}_3$ . Het niveau ligt rond 200 mg  $\text{NO}_3$  per kg vers materiaal.

### 18.2. Rol van stikstof in de plant

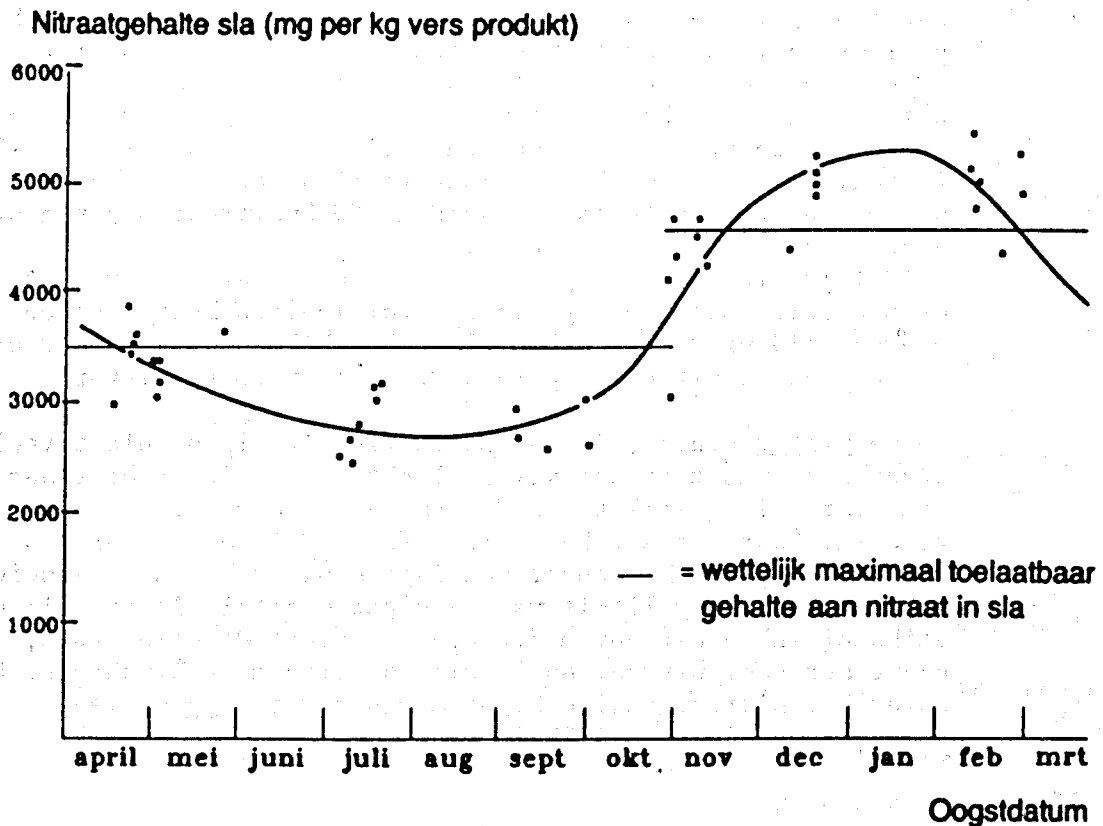
Stikstof is een essentieel element voor planten en zij nemen het meestal in de vorm van nitraat op. Nitraat wordt in de plant omgezet tot aminozuren door middel van een serie reacties waaronder nitraat- en nitrietreductie. De aminozuren worden als bouwstoffen gebruikt. Een deel van het nitraat kan echter ook op een andere wijze worden aangewend. Zo gebruikt kropsla het nitraat ook als osmoticum om de celspanning op peil te houden.

Voor de functie van osmoticum zijn suikers en  $\text{NO}_3$  uitwisselbaar. De relatieve bijdrage van beide is afhankelijk van de jaargetijden. 's Zomers is er veel licht. De plant kan dan veel suikers aanmaken en heeft voor de celspanning weinig aanvulling nodig in de vorm van nitraat. 's Winters is de situatie omgekeerd en wordt een groter



deel van het opgenomen nitraat als osmoticum gebruikt om het gemis aan suikers te compenseren.

### 18.3. Invloed van de jaargetijden op het nitraatgehalte in de plant



Tabel 18.1. Verloop van het nitraatgehalte van sla geteelt op een voedingsoplossing met slechts nitraat als stikstofbron (10 mmol N per liter), gedurende een jaar. (V.d. Boon en Steenhuizen. Groenten & Fruit 43.20 (1987) 33-35).

In de zomer beïnvloedt het beschikbare nitraat in de bodem merkbaar het nitraatgehalte in de plant. Bij een ruim stikstofaanbod kan het nitraatgehalte in de plant gemakkelijk twee tot drie keer zo hoog worden als dat van een vergelijkbare plant die net voldoende stikstof heeft gekregen. Aan het uiterlijk is niet te zien. Dit is een voorbeeld van luxe consumptie. Mogelijk kan in het voorjaar de plant naar een lager  $\text{NO}_3$ -gehalte gestuurd worden zonder kwaliteitsverlies. Hiervoor is echter meer kennis en inzicht nodig ten aanzien van de relatie tussen de nitraatgehaltenes in de grond en die in de geteelde sla. Door grond- en gewasmonsters te nemen kan de tuinder zijn eigen inzicht over krap bemesten uitbreiden. Ter illustratie dient het volgende:

Vanaf juni 1992 tot in het najaar is onderzoek uitgevoerd op vijf praktijkbedrijven. Op elk bedrijf werd in een kraanvak met een laag stikstofniveau in de grond gestart. In een nabijgelegen kraanvak werd volgens inzicht van de tuinder bemest. In het laag bemeste kraanvak werd tot een totaal (reeds aanwezig + voorraadbemesting + bijbemesting) van hooguit 1,12 kg N per are bijgemest tijdens de

teelt. Deze bemesting komt overeen met 2 mmol stikstof per liter gemeten in het 1:2 volume extract van de bovenste 25 cm van de grond. Over het algemeen werd tegen het einde van de teelt bijgemest.

Bij de oogst eind juni bleek, dat een lage stikstofbemesting een gering gewichtsverlies (-9%) en een grote nitraatreductie (-37%) gaf ten opzichte van bemesting volgens eigen inzicht. Om het gewichtsverlies goed te maken zou er twee dagen langer geteeld moeten worden. De kwaliteit was in alle gevallen Super.

Bij de oogst van half september bleek een lage stikstofbemesting een lichtere krop (-10%) en een geringere nitraatafname (-14%) dan in juni te geven. Om het gewichtsverlies goed te maken zou er vier dagen langer geteeld moeten worden. De kwaliteit was nog steeds Super, maar wat lichtgekleurd.

Duidelijk bleek dat de grondsoort en de nalevering van stikstof uit de mineralisatie van organische stof invloed hebben op de hoeveelheid nitraat voor de plant beschikbaar is. Verder was van belang wat er uit de diepere bodemlagen werd nageleverd.

In de winter echter, is het nitraatgehalte in de plant veel minder stuurbaar. Omdat er dan weinig licht is, is de groei traag en is er ook maar weinig stikstof nodig om aan de minimale behoefte te voldoen. Daarom geeft het stikstofaanbod in de winter pas groeiremming als het onder een lage minimum beschikbaarheid komt, maar dan is de kwaliteit van de plant meestal slecht. Bij een stikstofaanbod net boven dit niveau groeit de plant goed, maar neemt het veel nitraat op om zijn osmoticum te handhaven. Daardoor wordt het nitraatgehalte hoger dan uit het oogpunt van volksgezondheid wenselijk is.

#### 18.4. Oplossingen

Op verschillende manieren kan worden gestreefd naar verlaging van het nitraatgehalte in groenten.

1. Het toepassen van nitrificatieremmers. In de grond wordt  $\text{NH}_4$  door de bacterie nitrosomas omgezet in  $\text{NO}_2$ , wat vervolgens door de bacterie nitrobacter wordt omgezet in  $\text{NO}$ . Nitrificatieremmers kunnen in dit omzettingsproces de werking van nitrosomas remmen. Enkele bekende nitrificatieremmers zijn: dicyaandiamide (Didin), nitrapyrine (N-serve) en atridiazol (Dwell). De toepassing geeft echter de volgende problemen:
  - a. Het oplosmiddel van N-serve geeft stankoverlast.
  - b. Doordat  $\text{NH}_4$  niet wordt omgezet, neemt de plant relatief veel  $\text{NH}_4$  op. Als dit meer is dan 25% van de totale stikstof opname, geeft dit een afwijkende groei (bijvoorbeeld compacte slakroppen met 'rand').
  - c. De werking is vooraf slecht te voorspellen.
2. Teelt op voedingsoplossing. Hierbij zijn drie mogelijkheden:
  - a. De stikstof enige dagen voor de oogst weglaten. 's Zomers werkt dit redelijk goed, maar 's winters niet. 's Zomers kan de plant kennelijk vrij eenvoudig stikstof voor zijn groei uit de vacuolen onttrekken, en deze vervangen door suikers ter handhaving van het osmotisch evenwicht.
  - b. De stikstof in een andere vorm toedienen dan  $\text{NO}_3$ . Tot nu toe zijn er goede resultaten met  $\text{NH}_4$ , vooral in combinatie met Cl. Bij een 20% (mol/mol) toediening van  $\text{NH}_4\text{Cl}$  werd een verlaging van het

NO<sub>3</sub>-gehalte verkregen zonder kwaliteitsverlies. Waarschijnlijk vervangt NH<sub>4</sub> het NO<sub>3</sub> als stikstofbron, terwijl Cl de functie van osmoticum deels kan vervangen (tabel 18.1.).

- c. Het minimaal doseren van stikstofmeststoffen. Het is wellicht mogelijk het nitraatgehalte in de plant te verlagen door permanent een lage, maar wel voldoende, hoeveelheid stikstof aanwezig te hebben in de recirculerende voedingsoplossing.
3. Het toepassen van niet-minerale meststoffen zoals bloedmeel of andere eiwitmeststoffen. Proeven uitgevoerd in het najaar van 1992 met een protenaatmeststof gaven goede resultaten (tabel 18.1).
4. Veredeling. Dit biedt mogelijk de meest elegante oplossing. In het wild en bij andere slasoorten komen duidelijk lagere nitraatgehalten voor. Een lager nitraatgehalte botst echter vaak met andere kwaliteitseisen en consumentenwensen.
5. Een juiste toepassing van de bemestingsadviezen. Tot nu was de teelt vooral gericht op een produkt waarvan het uiterlijk aan de hoogste eisen moest voldoen. Voor kwaliteitszekerheid werd daarom ruim met stikstof bemest. Tegenwoordig krijgt de innerlijke kwaliteit van het produkt zeker zoveel aandacht. Dit vraagt een aangepast bemestingspatroon om precies genoeg, dus zo weinig mogelijk, stikstof te geven.

#### 18.5. Nitraat in drinkwater

Tabel 18.1. Aandeel van de stikstofvormen en chloride in de voedingsoplossing. Daaronder de kroggewichten, nitraatgehalten en mate van rand-aantasting, gemiddeld voor de rassen Berlo en Kirsten (oogstdatum 27-10-1992). In behandelingen 3, 4 en 6 verving chloride een deel van de stikstofgift. Alle behandelingen zijn gestart met eenzelfde concentratie aan totale ionen som (milliequivalenten).

	Behandelingen					
	1	2	3	4	5	6
Hoeveelheid stikstof (mmol.l <sup>-1</sup> ) en chloride (mmol.l <sup>-1</sup> ):						
NO <sub>3</sub>	10,1	12,8	10,1	8,0	10,1	8,0
NH <sub>4</sub>	0,8	0,8	2,5	2,0	0,8	2,0
Ureum	2,7	0	0	2,5	0	0
Calcium-proteïnaat	0	0	0	0	2,7	2,5
Cl <sup>-</sup>	0,6	0	2,5	3,1	0,6	3,1
Oogstgegevens:						
Versgewicht (g)	292	311	310	319	311	318
Nitraatgehalte (mg NO <sub>3</sub> /kg vers)	3545	3710	3170	3033	3207	2573
Gemiddelde rand-aantasting (%)						
(0%-geen rand)	11	15	10	27	18	29

In grote delen van Nederland en andere landen, zoals Duitsland en Frankrijk, neemt het nitraatgehalte in het grond- en oppervlaktewater toe. De vervuiling hiervan wordt veelal aan de land- en tuinbouw toegerekend. Hoewel deze sector wellicht de grootste plaatselijke vervuiler is, kan de bijdrage van zure regen, bestaande uit onder andere zwavel- en stikstofverbindingen, over uitgebreide gebieden niet worden verwaarloosd. Hieraan draagt de industrie en het verkeer fors bij. De drinkwatermaatschappijen zijn afhankelijk van grond- en oppervlaktewater. Ondanks de vervuiling moeten ze drinkwater produceren dat het maximale gehalte van 50 mg NO<sub>3</sub> per liter niet overschrijdt (EG-norm). De kosten van het reinigen leiden er toe dat de kostprijs van drinkwater stijgt. Ondanks de inspanningen neemt het gemiddelde nitraatgehalte van het drinkwater toe en consumeren wij dus relatief steeds minder nitraat via groenten.

## 19. BETEKENIS ANALYSECIJFERS BIJ TEELTEN IN SUBSTRAAT

Onder telen in substraat verstaan we het telen in andere materialen dan grond als zodanig. Substraten kunnen van natuurlijke oorsprong zijn zoals water en veen maar ook kunstmatig zijn bereid zoals en steenwol en schuimmaterialen.

Om de chemische samenstelling van de voedingsoplossing in het substraat vast te stellen noemen we hier twee methoden, te weten:

1. Directe methode: de bepalingen worden direct in het monster van de 'bodem' (voedings)oplossing verricht (water, steenwol e.d.)
2. Indirecte methode: de bepalingen worden in een extract verricht (veen, potgrond e.d.) het zogenaamde 1:1,5 extract.

In hoofdstuk 3 en 4 worden beide vormen van onderzoek op hoofdpunten toegelicht. De analyseresultaten van genoemde, van elkaar afwijkende, onderzoekvormen moeten goed van elkaar worden onderscheiden. Globaal kan worden gezegd dat de gehalten van de diverse elementen in het 1:1,5 extract 4 tot 5 maal lager zijn, dan die in werkelijkheid aanwezig zijn in het oorspronkelijke bodemvocht.

In dit hoofdstuk wordt niet ingegaan op de betekenis van analyse-resultaten afkomstig van teelten-in-opkweek in potgrond en de potplantenteelt. Bij deze teelten wordt namelijk een andere betekenis aan de analysecijfers gegeven dan in dit hoofdstuk beschreven. De betekenis voor 'potgrondanalysecijfers' wordt beschreven brochure 73, "Richtlijnen voor de produktie van potgrond en substraten".

### 19.1. Analyses substraat

#### 19.1.1. Onderzoekpakketten

Tijdens de teelt kan de voedingstoestand in het substraat veranderen door de opname door het gewas, maar ook door uitspoeling, verdamping en onjuiste dosering van de meststoffen. Het is daarom van belang regelmatig de chemische samenstelling op een laboratorium te laten controleren, bijvoorbeeld eens per maand. De pH en EC worden door de tuinder zelf frequent gecontroleerd. In de nabije toekomst kunnen hier enkele bepalingen bijkomen. Op de laboratoria worden voor de teelt in substraat meestal als standaard de volgende onderzoekpakketten uitgevoerd:

1. Substraten waaruit de voedingsoplossing vrij gemakkelijk kan worden opgezogen of opgevangen (steenwol, voedingsfilm, enzovoort):
  - a. Hoofdelementen.
  - b. Spoorelementen.
2. Venige substraten (1:1,5 extract):
  - a. Hoofdelementen.
  - b. Spoorelementen.

Het hoofdelementenonderzoek omvat meestal de volgende bepalingen:

pH	ammonium	NH <sub>4</sub>	nitraat	NO <sub>3</sub>
EC	kalium	K	chloride	Cl
	natrium	Na	sulfaat	SO <sub>4</sub>
	calcium	Ca	bicarbonaat	HCO <sub>3</sub>
	magnesium	Mg	fosfaat	P

De pH van voedingsoplossingen wordt rechtstreeks in de oplossing gemeten en die van venige materialen in een suspensie. De EC wordt opgegeven in milli-Siemens per centimeter bij een temperatuur van 25°C ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  bij 25°C).

De hoeveelheden kat- en anionen worden opgegeven in millimolen per liter ( $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) voedingsoplossing c.q. extract.

Het voor beide onderzoekpakketten geldende sporelementenonderzoek bestaat meestal uit de bepalingen:

ijzer	Fe	borium	B
mangaan	Mn	koper	Cu
zink	Zn		

De hoeveelheden sporelementen worden opgegeven in micromolen per liter ( $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) voedingsoplossing of extract.

Een beoordeling/waardering van de analysecijfers zoals hiervoor genoemd wordt verderop gegeven bij de waardering van de analysecijfers. De per gewas en per substraat gewenste analysecijfers worden gegeven in verschillende brochures uit de serie "Voedingsoplossingen Glastuinbouw". De betekenis van de meest voorkomende bepalingen wordt in het hierna volgende behandeld.

#### 19.1.2. pH

De teelt in substraat kan plaatsvinden in een groot traject van pH-waarden. Beneden pH 4 echter treedt vaak wortelbeschadiging op en kunnen er flinke problemen ontstaan bij de opname van sommige elementen waardoor bijvoorbeeld Mn-overmaat optreedt. Boven pH 7 zijn sommige elementen minder beschikbaar voor de plant. Dit geldt met name voor fosfaat, ijzer, mangaan en borium. Een hoge pH in het substraat kan onder andere veroorzaakt worden door het gieten met bicarbonaathoudend water. Een lage pH kan worden veroorzaakt door het gieten met 'zuur' water of doordat de plant meer kationen opneemt dan anionen.

De pH van een voedingsoplossing kan ook worden beïnvloed door een basische of zure reactie van het substraat. Verder kan de pH ook dalen of stijgen door verhoging cq verlaging van de EC van de voedingsoplossing, als de geconcentreerde voedingsoplossing tenminste een hoeveelheid zuur bevat die werd toegevoegd op basis van de waterkwaliteit.

Voor het juist meten/regelen van de pH in het substraat verwijzen we naar paragraaf 22.4.2.

#### 19.1.3. EC

Met de EC-waarde wordt het vermogen van een voedingsoplossing of extract aangegeven om elektrische stroom te geleiden. Dit geleidingsvermogen is een maat voor de ionenconcentratie. Tussen de som van de kationen of anionen in milli-equivalenten en de EC bestaat een nauw verband. Globaal geldt dat de som kationen - som anionen = 10 EC. Een lage EC betekent dan weinig zouten of voedingsstoffen (kat- en anionen) en een hoge EC, veel voedingsstoffen of zouten. Bij de beoordeling van de afzonderlijke analysecijfers is het nu logisch de EC-waarde er bij te betrekken, immers beide zijn van elkaar afhankelijk. Vooral bij het beoordelen van de juiste verhouding tussen de analyseresultaten en de EC is het gewenst deze waarden naar een bepaalde standaardwaarde toe te rekenen. De

rekenregel hiervoor wordt gegeven in paragraaf 19.2.

Verhoging van de EC boven waarden die voor de normale ontwikkeling van het gewas nodig zijn, kan de groei en produktie doen afnemen, maar ook het gewas vruchtbaarder maken. Dit kan onder lichtarme omstandigheden worden gebruikt. Een lage EC-waarde kan met gebreksverschijnselen gepaard gaan, doordat de voedselvoorraad in het wortelmilieu snel uitput.

#### 19.1.4. Hoofdelementen

##### Ammonium

Ook als ammonium wordt toegediend, komt dit (nagenoeg) niet op het analyseverslag tot uiting. Ammonium wordt namelijk snel door de plant opgenomen. Het kan daardoor de opname van andere ionen tegen gaan en bijvoorbeeld het optreden van calciumgebrek in de hand werken.

De toevoeging van ammonium aan de voedingsoplossing heeft door plantopname een verlagend effect op de pH in het substraat. Grote hoeveelheden ammonium kunnen de plant vergiftigen (donkere kleur, groeistagnatie).

##### Kalium

Bij normale EC-waarden wordt het element kalium meestal in wat lagere concentraties in het substraat aangetroffen dan oorspronkelijk aanwezig was in de vers bereide voedingsoplossing. Dit komt doordat de plant vrij gemakkelijk éénwaardige ionen zoals kalium opneemt. Relatief veel kalium kan de calciumopname verstoren. Dit is vooral van belang bij tomaat, paprika en anjer en een groot aantal potplanten. De kalium/calciumverhouding in mmol per liter moet in de meeste gevallen liever niet groter dan 1 worden.

##### Natrium en chloride

Natrium en chloride worden niet speciaal aan de voedingsoplossing toegevoegd. Wel komen ze in kleine hoeveelheden voor als verontreiniging van bepaalde kunstmestsoorten. In grotere hoeveelheden kunnen natrium en chloride een bestanddeel vormen van het uitgangswater, bijvoorbeeld slootwater, bronwater, enzovoort.

Te hoge gehalten (verschilt per gewas) zijn soms schadelijk voor de plantengroei en kunnen in voorkomende gevallen alleen door extra doorspoelen van het substraat worden verlaagd. Ongunstig is het als in het gietwater het natriumgehalte belangrijk hoger is dan het chloridegehalte, omdat dit meestal wijst op de aanwezigheid van natriumbicarbonaat.

##### Calcium en magnesium

Calcium- en magnesiumionen worden in het substraat meestal in hogere concentraties aangetroffen dan in de vers bereide voedingsoplossing. Dit komt doordat tweewaardige ionen minder gemakkelijk worden opgenomen dan éénwaardige ionen, ze accumuleren gemakkelijk. Wat hogere gehalten aan calcium en magnesium zijn doorgaans niet ongunstig, immers door het ruimere aanbod van deze ionen wordt de plant min of meer gedwongen ze op te nemen.

Calciumgebrek wordt in sterke mate beïnvloed door klimatologische omstandigheden, bijvoorbeeld bij hoge RV en weinig verdamping. Het gebrek kan ook optreden bij hoge zoutconcentraties in het wortelmilieu. Magnesiumgebrek kan behalve door een tekort aan dit element

in het substraat ook optreden bij normale en hogere gehalten. Dit gebeurt bijvoorbeeld als de pH vrij laag is en een te hoge EC wordt aangehouden. Ook kunnen een lage temperatuur van het substraat en een geringe verdamping het optreden van magnesiumgebrek in de hand werken.

#### Nitraat

Evenals kalium kan nitraat in het substraat meestal in wat lagere concentraties worden aangetroffen dan in de vers bereide voedingsoplossing. De verhouding nitraat/kalium in mmol moet liefst niet hoger dan 2 à 2,5 worden, omdat de plant anders onnodig veel nitraat gaat opnemen.

Te hoge nitraatgehalten kunnen bijvoorbeeld worden aangetroffen als extra salpeterzuur ( $\text{HNO}_3$ ) wordt aangewend om de pH van het substraat te verlagen, zonder dat deze extra toevoeging wordt verrekend met de overige toevoegingen. Een verhoging van het nitraatgehalte ontstaat ook vaak als sulfaat ( $\text{SO}_4$ ) uit de voedingsoplossing wordt gehouden.

#### Sulfaat

Sulfaat is een tweewaardig ion dat gemakkelijk in het substraat accumuleert. Voor de meeste gewassen is 1,5 à 2 mmol sulfaat per liter voldoende. Vaak is het gehalte hoger, doordat sulfaat wordt overgedoseerd om een voldoende hoog EC niveau in de voedingsoplossing te verkrijgen. In enkele gevallen bevat het te gebruiken gietwater veel sulfaat, wat dan resulteert in hoge sulfaatgehalten in de voedingsoplossing. Sulfaat is overigens in wat hogere concentraties niet specifiek schadelijk voor de plant.

#### Bicarbonaat

Bicarbonaat is geen plantevoedende stof. Het gehalte ervan staat in verband met de pH van de voedingsoplossing. Gehalten van meer dan 0,5 mmol per liter bicarbonaat zijn meestal ongewenst. Voor meer informatie wordt verwezen naar de brochure 83 "Chemische begrippen voor bemesting bij plantenteelt zonder aarde".

#### Fosfaat

De beschikbaarheid van dit element is, zoals eerder in de paragraaf over de pH is opgemerkt, afhankelijk van de zuurgraad van de oplossing. Bij constatering van te lage fosfaatgehalten kan het soms voldoende zijn de pH te verlagen om weer voldoende fosfaat in de oplossing te krijgen en te houden. Dient men in dergelijke gevallen fosforzuur toe, dan vangt men 'twee vliegen in één klap'.

Te veel fosfaat toedienen is niet alleen ongewenst voor het milieu, maar kan allerlei neveneffecten opwekken. Bekend zijn onder andere Mg- en Zn-gebrek bij tomaat.

### 19.1.5. Sporelementen

Evenals voor hoofdelementen moet ook bij de beoordeling van analyseresultaten van sporelementen, de EC worden betrokken. Een hoge EC brengt min of meer automatisch een hoog niveau aan voedings-elementen, in dit geval sporelementen, met zich. Bij een lage EC doet zich het omgekeerde vaak voor. Is bij hoge of lage EC-waarde de verhouding tussen de verschillende sporelementen in orde, dan kan voor het verkrijgen van de gewenste streefcijfers voor deze



elementen meestal worden volstaan met de EC van de voedingsoplossing te verlagen c.q. te verhogen.

#### **IJzer**

Vanwege de geringe oplosbaarheid van ijzer wordt dit element in een speciale bindingsvorm (chelaat) aan de voedingsoplossing toegevoegd. Zie voor meer informatie de eerder genoemde brochure no. 83. Algemeen is het gunstig als het ijzergehalte in het substraat wat hoger ligt dan in de toegediende voedingsoplossing. Een belangrijke rol bij de ijzeropname spelen onder andere de pH, de vochtigheid van het substraat en de chelaatvorm waarin het ijzer wordt toegevoegd. Bij een lage pH treedt minder snel ijzergebrek op dan bij een hoge. Een hoog vochtgehalte kan spoedig ijzergebreksverschijnselen in het gewas geven, met name bij veensubstraten. Chelaten breken onder invloed van licht snel af. IJzergebrek kan hier het gevolg van zijn.

#### **Mangaan**

De hoeveelheid mangaan in het substraat is meestal belangrijk lager dan die in de toegediende voedingsoplossing. Dit kan deels het gevolg zijn van een vrij grote mangaanopname door het gewas en deels van het vastleggen van mangaan door bacteriën.

Een sterke mangaanopname door het gewas gaat meestal samen met een lage pH. Bij vastlegging van mangaan door bacteriën is de pH meestal hoog. Het mangaan wordt dan makkelijk omgezet in slecht oplosbare verbindingen. Bij wat lage mangaangehalten in combinatie met hoge pH in het substraat is het meestal ongewenst extra (meer dan voorschrift) mangaan toe te dienen en kan men beter een goede pH nastreven.

#### **Zink en koper**

De plant neemt zink en koper doorgaans goed op. Teneinde verzekerd te zijn van een voldoende opname moet het gehalte aan deze elementen in het substraat liefst wat hoger zijn dan in de toegediende voedingsoplossing. Hoge zinkgehalten in het substraat, bijvoorbeeld als gevolg van toepassing van gegalvaniseerde onderdelen in het systeem, bemoeilijken de ijzeropname. In die gevallen moeten geen zinkmeststoffen aan de voedingsoplossing worden toegevoegd en kan het soms nuttig zijn extra ijzer toe te dienen. Regenwater, verzameld van kasdekken, bevat meestal voldoende zink. De gift zinksulfaat kan in dergelijke situaties meestal achterwege blijven.

#### **Borium**

Accumulatie van borium in het substraat, tot 2 à 3 maal het niveau van toediening, moet vaak als gewenst worden beschouwd. Een hoge pH belemmert de boriumopname. In een dergelijke situatie kan het nodig zijn wat extra borium toe te dienen. Maar in de eerste plaats blijft het van belang naar een goede pH te streven, omdat B-overmaat vrij gemakkelijk kan optreden.

19.2. Beoordelen/waarderen van de analyseresultaten bij teelten in kunstmatige substraten

19.2.1. Beoordeling per gewas en teeltsysteem

De waardering van de analyseresultaten vindt plaats aan de hand van streefcijfers en is afhankelijk van het gewas en het teeltsysteem. Hieruit volgt dat er vele waarderingen zijn. In het bestek van deze brochure kunnen ze niet alle worden weergegeven. Ze zijn echter wel terug te vinden in de daarvoor bestemde brochures uit de serie "Voedingsoplossingen Glastuinbouw". Als voorbeeld voor een waardering van analyseresultaten wordt hierna die voor roos in steenwol met open drainagesysteem besproken.

Roos: streefcijfers, hoofdelementen, spoorelementen, pH en EC. De gehalten aan hoofdelementen worden weergegeven in mmol per liter voedingsoplossing. De EC wordt opgegeven in mS per cm bij 25°C. De gehalten aan spoorelementen worden weergegeven in micromol per liter voedingsoplossing (umol).

Tabel 19.1. Streefcijfers roos op basis van EC(c)\*.

NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	pH	Fe	Mn	Zn	B	Cu
<0,5	6,0	5,0	2,0	12,5	3,0	0,9	5,5	25,0	3,0	3,5	20,0	1,0

\* Het begrip EC(c) wordt verderop nader omschreven.

Voor ammonium (NH<sub>4</sub>) is in het algemeen een hoeveelheid gewenst die lager is dan 0,5 mmol per liter. Meestal wordt niet meer dan 0,1 mmol per liter aangetroffen.

Het gehalte aan bicarbonaat (HCO<sub>3</sub>) staat in relatie met de pH van de voedingsoplossing. Hoge gehalten gaan meestal gepaard met een hoge pH. Een gehalte hoger dan 0,5 mmol bicarbonaat per liter is meestal ongewenst.

Voor natrium (Na) en chloride (Cl) zijn gehalten boven 6,0 mmol per liter meestal niet gewenst.

Als de gehalten aan hoofd- en spoorelementen voldoen aan de streefcijfers dan worden de rozen bemest met de standaard voedingsoplossing. Deze voedingsoplossing volgt hierna en geldt voor gebruik van regenwater of ontzout water. Bij ander water dan hier genoemd kan aanpassing gewenst zijn.

Tabel 19.2. Standaardvoedingsoplossing roos, vrije drainage.

NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
1,25	5,0	3,5	0,75	11,0	1,25	1,25	25	5	3,5	20	0,75	0,5

Vaak zullen de streefcijfers op de analyse van het voedingswater uit de steenwolmatten afwijken van de eerder genoemde streefcijfers. Zoveel zelfs dat 'bijsturen' gewenst is. In de hierna volgende tabellen wordt aangegeven hoe in voorkomende gevallen wordt bijgestuurd/aangepast.

Tabel 19.3. Hoofdelementen.

	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P
1	< 4,0	< 2,5		< 6,0		< 0,30
2	4,0- 4,9	2,5-3,9	< 1,0	6,0- 7,9	< 2,0	0,30-0,59
3	5,0- 9,0	4,0-7,5	1,0-3,0	8,0-16,0	2,0-4,0	0,60-1,20
4	9,1-10,0	7,6-8,5	> 3,0	16,1-18,0	> 4,0	1,21-1,75
5	> 10,0	> 8,5		> 18,0		> 1,75

Tabel 19.4. Spoorelementen.

	Fe	Mn*	Zn	B	Cu
1	< 15,0		< 2,0	< 5,0	< 0,30
2	15,0-19,0	< 1,0	2,0- 2,9	5,0-14,0	0,30-0,49
3	20,0-35,0	1,0-4,0	3,0- 5,0	15,0-35,0	0,50-3,00
4	36,0-50,0	4,1-6,0	5,1-15,0	36,0-45,0	3,10-4,00
5	> 50,0	> 6,0	> 15,0	> 45,0	> 4,00

De derde regel (3) in de tabel geeft de 'bandbreedte' aan waarbinnen de streefcijfers kunnen variëren zonder dat aanpassingen noodzakelijk zijn. De regels 1 en 2 geven aan dat extra (+) toevoegingen gewenst zijn en de regels 4 en 5 geven aan dat vermindering (-) aan hoeveelheid meststof gewenst is op de standaardvoedingsoplossing. Hoeveel extra (+) of minder (-) wordt gegeven staat vermeld in tabel 19.5. De regels 1 t/m 5 in deze tabel corresponderen met de regels in de tabellen 19.3 en 19.4.

Tabel 19.5. Aanpassingen.

	Hoofdelementen in mmol.l <sup>-1</sup>						Spoorelementen in %				
	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu
1 +	2,0	1,50		3,0		0,50	50		50	50	50
2 +	1,0	0,75	0,25	1,5	0,5	0,25	25	25	25	25	25
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
4 -	1,0	0,75	0,25	1,5	0,5	0,25	25	25	25	25	25
5 -	2,0	1,50		3,0		0,50	50	50	50	50	50

#### pH en EC

In het algemeen is in de voedingsoplossing uit de steenwolmatten een pH gewenst van 5,5 à 6,0. Beneden 5 is de pH te laag en boven 6,5 te hoog.

Een EC-waarde beneden 1,5 mS per cm is bij de teelt van rozen in steenwol te laag. Een EC-waarde boven 3 mS per cm moet als hoog worden gekwalificeerd.

19.2.2. EC(c)

De hoogte van de analyseresultaten staat in relatie met de EC van de voedingsoplossing. Omdat de EC-waarde in het substraat kan variëren, is het gewenst de analyseresultaten in relatie te brengen met een bepaalde (vaste) EC-waarde: EC(c) (c = aanbevolen concentratie die per gewas is vastgesteld). Er wordt dan als volgt te werk gegaan:

De (bruto) EC-waarde van de analyse wordt verminderd met het produkt dat wordt verkregen uit de vermenigvuldiging:  $0,1 \times \text{Na- of Cl-gehalte}$  (de hoogste waarde van die twee nemen). Het verschil noemen we EC(v) (v van voedingselementen). De EC(c) wordt door dit verschil gedeeld,  $\text{EC(c):EC(v)}$  = factor. Met deze factor (quotiënt) worden de analysecijfers vermenigvuldigd. De dan verkregen cijfers worden vergeleken met de hiervoor gegeven tabellen. Verderop wordt een rekenvoorbeeld gegeven.

Omdat ieder gewas specifieke eisen stelt aan de voedingsoplossing, is het voor een juiste waardering van analyseresultaten bij een bepaald gewas raadzaam de hiervoor geschikte streefcijfers te hanteren. Ze staan vermeld in de verschillende brochures uit de serie "Voedingsoplossingen Glastuinbouw". Dat de waardering op basis van de EC(c) naar gewas sterk kan variëren blijkt uit enkele EC(c) die hierna voor een paar gewassen worden weergegeven.

Tabel 19.6. EC(c) van verschillende gewassen.

Gewas	EC(c)
paprika, tomaat	2,7
roos	1,9
anthurium	1,0
anjer	2,2

Bij het beoordelen/waarderen van analysecijfers op basis van EC(c) worden de gehalten voor Na, (Cl),  $\text{HCO}_3$  en Mn uitgesloten. De Na- en Cl-gehalten worden namelijk niet altijd beïnvloed door het instellen van een EC-waarde.  $\text{HCO}_3$  staat meer in verband met de pH van de voedingsoplossing. Dit laatste geldt min of meer ook voor Mn. Bij hoge pH-waarden namelijk vindt in het substraat oxidatie van Mn plaats. Dit komt op de analyse tot uitdrukking in betrekkelijk lage mangaangehalten. Een waardering op basis van EC(c) leidt dan tot verhoging van de mangaantoeiding en dat is meestal ongewenst.

Tot slot wordt het een en ander in een rekenvoorbeeld uitgewerkt.

Rekenvoorbeeld (roos) -- EC(c): 1,9

Enkele analyse resultaten	EC	Na	Ca	$\text{NO}_3$	Cl	Fe
	3,0	3,3	7,0	17	1,7	26

**Berekening**

EC - (0,1 x Na) = EC(v)-->EC(c):EC(v) = factor x Ca, NO<sub>3</sub>, Fe, enz

3.0 - (0,1 x 3,3) = 2,7 --> 1,9 : 2,7 = 0,70 x 7,0, 17, 26

Na berekening: Ca = 4,9; NO<sub>3</sub> = 12; Fe = 18,3

Aanvankelijk leken de gehalten aan genoemde elementen wat hoog, maar na invoering van de EC(c) blijken Ca en NO<sub>3</sub> normaal te zijn en Fe (ijzer) juist wat te laag. Het advies voor dit voorbeeld luidt: Verlaag de EC-waarde en voeg tijdelijk 25% extra ijzerchelaat toe.

**19.3. Globale waardering analysecijfers bij de teelt in venige substraten (1:1,5 extract)**

De teelt in venige substraten (uitgezonderd potplantenteelt) vindt op beperkte schaal plaats, onder andere bij tomaat en anjer. Een gedetailleerde beoordeling van de analyseresultaten bij deze teelten is, uitgezonderd voor tomaat en anjer, vaak niet voorhanden. Vandaar dat hier wordt volstaan met een globale waardering van de analyseresultaten.

**19.3.1. Hoofdelementenonderzoek**

De gehalten aan hoofdelementen worden weergegeven in mmol per liter extract. De EC wordt opgegeven in mS per cm bij 25°C. Een globale waardering van de analysecijfers kan volgens onderstaande tabellen plaatsvinden.

Tabel 19.7. Globale waardering analysecijfers voor hoofdelementen.

Waardering	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P
laag	< 1,0	< 2,0	< 0,5	< 1,8	< 0,5	< 0,15
vrij laag	1,1-2,5	2,1-3,5	0,6-1,0	1,9-3,6	0,6-1,5	0,16-0,30
normaal	2,6-4,0	3,6-5,0	1,0-1,5	3,7-5,4	1,6-2,5	0,31-0,50
vrij hoog	4,1-5,5	5,1-6,5	1,6-2,0	5,5-7,2	2,6-3,5	0,51-0,65
hoog	> 5,6	> 6,6	> 2,1	> 7,3	> 3,6	> 0,66

Na en Cl	EC	pH
< 1,0 gunstig laag	< 0,6 te laag	< 5,0 te laag
1,1-2,5 voldoende laag	0,7-1,2 vrij laag	5,1-5,4 vrij laag
2,6-4,0 vrij hoog	1,3-1,8 normaal	5,5-6,0 normaal
4,1-5,5 hoog	1,9-2,7 vrij hoog	6,1-6,5 vrij hoog
> 5,6 zeer hoog	> 2,8 hoog	> 6,6 hoog

Voor ammonium (NH<sub>4</sub>) is in het algemeen een hoeveelheid gewenst die lager is dan 0,5 mmol per liter. In vers bereide en juist bemeste veensubstraten kunnen tijdelijk wat hogere gehalten gevonden worden. Het gehalte aan bicarbonaat (HCO<sub>3</sub>) staat in relatie met de pH van het substraat. Hoge gehalten gaan meestal gepaard met een hoge pH. Een gehalte hoger dan 0,5 mmol bicarbonaat per liter is meestal ongewenst.

### 19.3.2. Sporelementenonderzoek

De gehalten aan sporelementen worden weergegeven in  $\mu\text{mol}$  per liter extract. Een globale waardering van de analyseresultaten kan volgens onderstaande tabellen plaatsvinden.

Bij de beoordeling van de analyse resultaten moet ook de EC(c) enzovoort worden ingevoerd (zie paragraaf 19.2.2.). Voor een nader advies hieromtrent kunt u uw voorlichter of de eventueel voorhande zijnde brochure raadplegen.

Tabel 19.8. Globale waardering analysecijfers voor sporelementen.

Waardering	Fe	Mn	Zn	B	Cu
laag	< 2,5	< 2,0	< 1,2	< 10	< 0,3
vrij laag	2,6- 5,0	2,1- 4,0	1,3- 4,0	11-20	0,4-0,9
normaal	5,1-10	4,1- 8,0	2,5- 5,0	21-40	1,0-2,0
vrij hoog	10,1-15	8,1-12	5,1- 7,5	41-60	2,1-3,0
hoog	> 15,1	> 12,1	> 7,6	> 61	> 3,1

## 20. BEMESTEN VAN TEELTEN IN VEENSUBSTRAAT

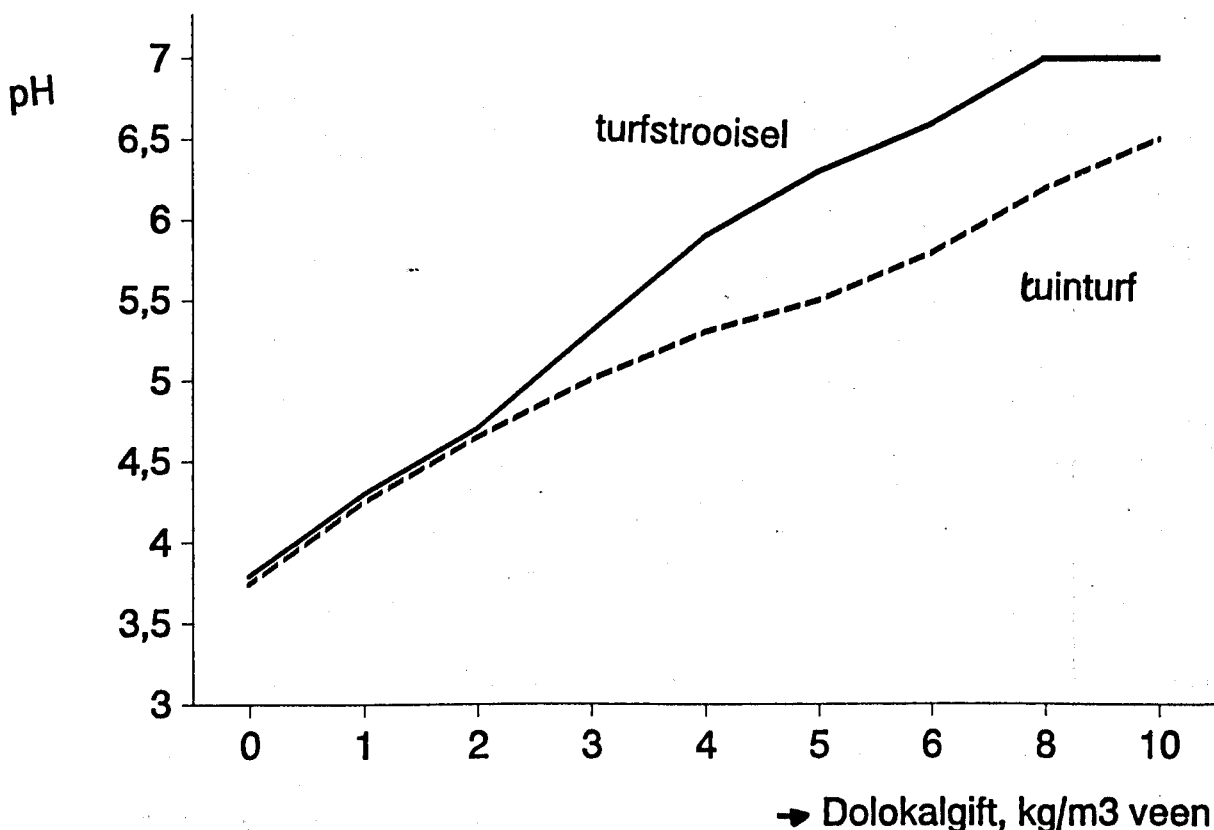
Bij de teelt in veen is altijd de vraag hoeveel voorraadbemesting toegevoegd moet worden en verder hoeveel er tijdens de teelt bemest moet worden. Uiteraard is er een verband tussen die twee en ze hangen van diverse factoren af zoals gewas, potgrond, watergeefmethode, waterkwaliteit en dergelijke. In het hierna volgende worden enkele basisprincipes behandeld.

In de bemestingsadviesbasis glastuinbouw wordt ingegaan op de bemesting bij teelten in venige substraten op basis van analyse van het 1:1,5 volume-extract. Per groep van potplanten en andere gewassen, zoals anjer, worden adviezen gegeven voor de samenstelling van de voedingsoplossing uitgaande van een analyse van de potgrond.

### 20.1. Voorraadbemesting

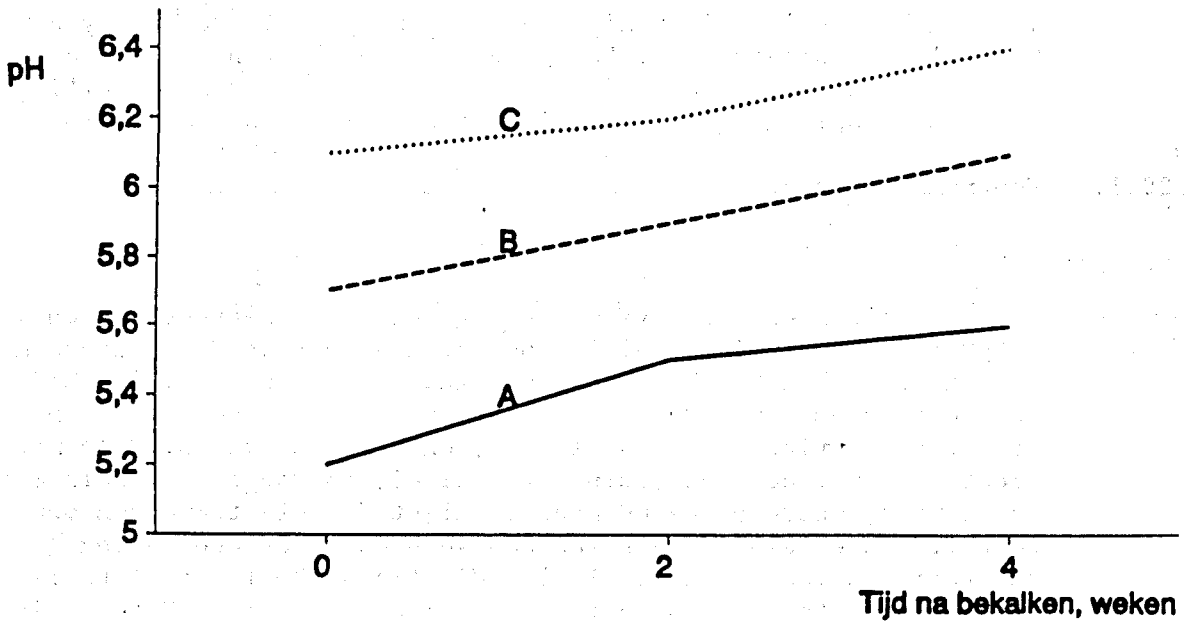
#### 20.1.1. Bekalking

Over het algemeen heeft veen een lage pH, meestal tussen 3 en 4. Om de pH te verhogen is bekalking nodig. Hiervoor wordt koolzure magnesiumkalk gebruikt. Een veel gebruikt merk is Dolokal-10% MgO, met een zuurbindende waarde van 55%. Sterk verteerde venen hebben een groter adsorptiecomplex dan lichte, onverteerde venen. Veen met een groot adsorptiecomplex (tuinturf) zal bij toevoegen van kalk meer adsorberen, waardoor de pH minder stijgt dan bij toevoegen van éézelfde hoeveelheid kalk aan een veensoort met een gering adsorptiecomplex (turfstrooisel). Uit figuur 20.1. is af te leiden hoeveel kalk toegevoegd moet worden om een bepaalde pH te krijgen.

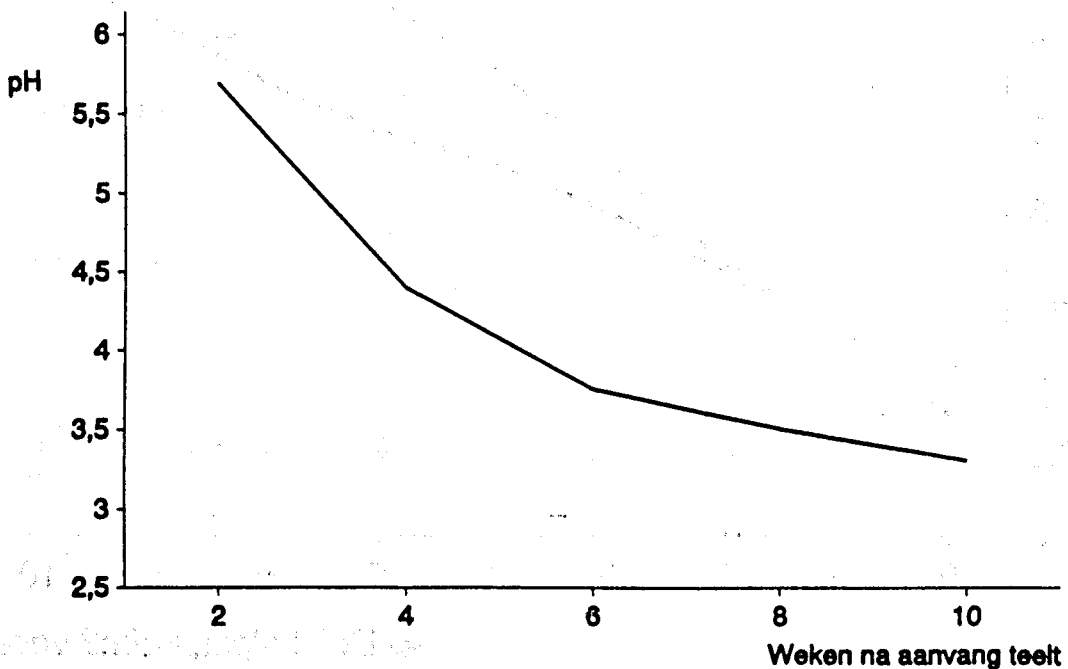


Figuur 20.1. De pH die in turfstrooisel en tuinturf wordt gevonden in relatie tot Dolokal-gift 2 weken na toevoegen van de kalk.

Om een pH van 5,8 te krijgen moet aan turfstrooisel 4 en aan tuinturf 7 kg Dolokal per m<sup>2</sup> substraat worden toegevoegd. Aan een mengsel van 75% turfstrooisel en 25% perlite moet  $0,75 \times 4 = 3,2$  kg Dolokal per m<sup>2</sup> substraat worden toegevoegd. Uiteraard is er per plant een groot verschil in de gewenste pH. Na toevoegen van Dolokal duurt het vier weken tot de pH is gestegen naar de niveaus zoals aangegeven in figuur 20.2.



Figuur 20.2. pH in opgezakt veensubstraat (verschillend substraat en Dolokal-gift).



Figuur 20.3. Verloop van pH in eb/vloed bevoeiingswater.



## 20.1.2. Hoofdelementen

Het gaat bij de voorraadbemesting om de elementen N, P, K en Mg. Dolokal heeft een hoog Mg-gehalte. Een redelijk grote toevoeging van Dolokal levert meestal al voldoende Mg. De hoeveelheden N, P en K die moeten worden toegediend hangen zeer sterk af van het doel waarvoor het veen wordt gebruikt en de daarbij gebruikte bijbemesting. In de hiernavolgende situatie wordt uitgegaan van substraten gebaseerd op tuinturf en turfstrooisel. Er is dus geen K- en P-fixatie aan bijvoorbeeld klei en/of aluminiumhydroxiden en geen N-immobilisatie bij vertering van organisch materiaal met een hoog C/N quotiënt. Bij toevoeging van iedere 25-30 g N per m<sup>3</sup> veensubstraat ontstaat een verhoging in het 1:1,5 volume-extract van 1 mmol per liter N. Bij toevoeging van iedere 160 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per m<sup>3</sup> ontstaat een verhoging in het 1:1,5 volume-extract van 1 mmol per liter P. Voor kalium geldt dat iedere toevoeging van circa 120 g K<sub>2</sub>O per m<sup>3</sup> eensubstraat een verhoging geeft van 1 mmol per liter K. Tijdens de teelt zijn gangbaar gewenste gehalten in het 1:1,5 volume-extract 4,0 mmol per liter N, 0,5 mmol per liter P en 1,6 mmol per liter K. Wanneer deze concentraties reeds bij aanvang van de teelt gewenst zijn, moet 110 g N, 80 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 190 g K<sub>2</sub>O per m<sup>3</sup> veensubstraat worden toegediend. Er moet dan wel van goed oplosbare zouten worden uitgegaan. Daarvoor kunnen diverse meststoffen gekozen worden. Bij de keuze van een NPK-meststof is de gewenste N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O verhouding dus 11:8:19.

De vroeger veel gebruikt PG-mix (14+16+18) voldoet niet aan de gewenste onderlinge verhouding. Op basis van stikstof moet 0,8 kg<sub>3</sub> op basis van fosfaat 0,5 en op basis van kalium 1,0 kg PG-mix per m<sup>3</sup> veensubstraat worden toegevoegd. Er moet dan een soort gemiddelde gekozen worden: bijvoorbeeld 0,75 kg PG-mix per m<sup>3</sup> veensubstraat.

In mengmeststoffen bestaat meestal 50% of meer van de stikstof uit NH<sub>4</sub>. Deze NH<sub>4</sub> wordt door nitrificatie binnen 2-4 weken omgezet tot NO<sub>3</sub>. Hierbij treedt meestal een ongewenste pH-daling op. Een zo laag mogelijk NH<sub>4</sub>-gehalte is dus te prefereren. Tijdens de teelt komt een gedeelte van de kalk weliswaar vrij. Dit zou een pH-stabilisatie moeten geven, maar het is moeilijk om dit goed op elkaar af te stemmen.

Langzaam werkende meststoffen worden ook gebruikt, maar hebben het nadeel dat ze duur zijn. Bovendien blijkt dat de afgifte van de verschillende elementen erg ongelijk is. Zo komen N en K meestal eerder vrij dan P. Deze meststoffen kunnen daarom beter niet worden gebruikt, indien mogelijkheden bestaan om tijdens de teelt voldoende bij te mesten. Langzaam werkende meststoffen zijn bijvoorbeeld Gold N (ureum met een huidje van S), Ureaform (ureum), Nutricote en Osmocote (diverse NPK-samenstellingen met een organisch huidje).

De gewenste N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O verhouding in potgrondmeststof is 11:8:19. De oude PG-mix heeft een andere verhouding. Daarom is in maart 1989 besloten om twee andere soorten PG-mix te gaan gebruiken met de volgende samenstellingen: 12+14+24 en 13+11+23 (+ 1,3% MgO). De PG-mix 13+11+23 is bedoeld voor de boomteelt (buitenteelt) en 12+14+24 voor de potplanten- en groenteteelten. De samenstelling 13+11+23 komt vrijwel overeen met de gewenste verhouding 11:8:19.

Bovendien is bij 13+11+23 het  $\text{NH}_4$ - deel van het totale N-deel 48%, terwijl het in de PG-mix-oud 14+16+18, 60% is. Het  $\text{NH}_4$ -deel is dus verlaagd. Bij een gift van 0,8 kg PG-mix 13+11+23 per  $\text{m}^2$  veensubstraat worden de gemiddeld gewenste N-, P- en K-concentraties in het 1:1,5 volume-extract verkregen.

### 20.1.3. Sporelementen

Het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid heeft veel onderzoek gedaan naar de benodigde hoeveelheid sporelementen in veensubstraat bij boomkwekerijgewassen. Samen met resultaten van proeven te Aalsmeer (bij potplanten en snijbloemen) en te Naaldwijk (bij groentegewassen en snijbloemen) zijn conclusies getrokken over de benodigde hoeveelheden sporelementen in veensubstraat. Deze normen staan in tabel 20.1. De minimale hoeveelheid is die hoeveelheid die minimaal voor een lange teelt, maar niet langer dan 1 jaar, nodig is voor een goede plantengroei. De maximale hoeveelheid is de hoeveelheid waarboven overmaatverschijnselen bij sommige gewassen kunnen voorkomen (bijvoorbeeld met B en Mn) of waarbij ongewenste verontreiniging van het milieu ontstaat met zware metalen (bijvoorbeeld Cu en Zn). Verder staat in deze tabel hoeveel toegevoegd wordt met PG-mix 14+16+18 en met PG-mix 13+11+23 en 12+14+24 op basis van een gift van 1 kg per  $\text{m}^2$ . Hieruit kan het gehalte ook afgeleid worden. Zo is bijvoorbeeld het Cu-gehalte in de PG-mix 14+16+18 0,12% en in de PG-mix 13+11+23 0,23%. In de nieuwe PG-mix 13+11+23 zijn met name de gehalten B, Cu en Fe hoger dan in de oude PG-mix 14+16+18. Bij de nieuwe samenstelling 13+11+23 worden bij 1 kg per  $\text{m}^2$  de juiste hoeveelheden B, Cu, Mo en Fe gegeven, maar Mn en Zn zijn te laag.

Tabel 20.1. Minimaal en maximaal toe te dienen hoeveelheid sporelementen bij een lange teelt (circa 1 jaar) in  $\text{g}_3$  per  $\text{m}^2$  en de toegediende hoeveelheid bij een gift van 1 kg per  $\text{m}^2$  PG-mix.

Element	Toe te dienen $\text{g}_3$ hoeveelheid		Toegediende hoeveelheid bij 1 $\text{kg}_3 \cdot \text{m}^{-2}$		
	min.	max.	PG-mix 14+16+18	PG-mix 13+11+23	PG-mix 12+14+24
B	0,4	0,8*	0,3	0,45	0,3
Cu	2,0	4,0	1,2	2,3	1,2
Mn	3,0	6,0	1,6	1,6	1,6
Mo	2,0	4,0**	2,0	2,3	2,0
Zn	0,6	1,2	0,4	0,4	0,4
Fe	3,0	6,0	0,9	3,5	0,9

\* inclusief B uit kalk

\*\* voor koolgewassen is 6  $\text{g}_3$  per  $\text{m}^2$  gewenst

In tabel 20.2. staat de samenstelling van enkele meststoffen. De gehalten en de onderlinge verhouding verschillen sterk. Als de meststof gebruikt moet worden om alle sporelementen in de juiste hoeveelheid en verhouding aan veensubstraat toe te voegen, dan is er een verschil in geschiktheid. Zo voldoet Libremix B vrij goed aan de gestelde norm (bij bijvoorbeeld een toevoeging van 100  $\text{g}_3$  per  $\text{m}^2$ ), maar Micromax niet, omdat het Fe bevat in de slecht opneembare vorm ijzersulfaat. Het Fe-gehalte is 12%.

Tabel 20.2. Gehalten (%) aan spoorelementen van enkele meststoffen.

Element	Libre- mix B	Microsol rood blauw		Librel BMX	FTE 32	FTE 36	Micro- max	Osmocote Plus
B	0,8	0,19	0	0,8	0,2	0,5	0,1	0,02
Cu	1,6	0,03	0	1,6	2,1	2,0	0,5	0,05
Mn	1,5	0,50	0,50	1,5	1,1	2,4	2,5	0,06
Mo	2,5	0,05	0,05	2,5	1,3	0,7	0,05	0,02
Zn	0,6	0,24	0	0,6	1,9	2,2	1,0	0,015
Fe	3,2	0,60	0,60	3,2	2,8	9,0	-	0,15

PG-mix 13+11+23 is vooral bedoeld voor de boomteelt (containers) in de openlucht. Het hoge Fe-gehalte is dan gunstig. PG-mix 12+14+24 is bedoeld voor de groente- en potplantenteelt. Bij een gift van 1 kg per m<sup>3</sup> 12+14+24 wordt voldoende Mo, maar te weinig aan alle andere spoorelementen gegeven. Er moet tijdens de teelt worden bijgemest.

De enige goedwerkende Fe-meststof is Fe in de vorm van chelaat. Fe-chelaat kan omgezet worden in Mn-, Zn- of Cu-chelaat. Deze chelaten zijn zeer goed oplosbaar. Ze worden niet vastgelegd aan het organisch materiaal. Het gevolg is, dat er in een 1:1,5 volume-extract bij toevoegen van veel chelaat hoge Mn-, Zn- en/of Cu-gehalten in het waterextract voorkomen. Een voorbeeld staat in tabel 20.3. Bij pH 6 en 7 worden de hoogste Cu-, Zn- en Mn-gehalten gevonden vooral als veel chelaat wordt toegevoegd. Bij deze pH is het Fe-EDTA instabieler en Fe wisselt om tegen Cu, Zn en Mn.

Tabel 20.3. Het Cu-, Fe-, Zn- en Mn-gehalte, in micromol per liter in 1:1,5 volume extract bij verschillende kalk-, Fe-EDTA- en Cu-doseringen (Cu gedoseerd als CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O) aan een lichte potgrond.

Dosering	Gehalten in 1:1,5 vol.-extract, micromol.l <sup>-1</sup>												
	Cu			Fe			Zn			Mn			
g.m <sup>-3</sup>	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	
	4	6	7	4	6	7	4	6	7	4	6	7	
2,6	1,7	0,8	3,5	2,4	30	19	7	0,2	3,7	4,4	0,2	0,4	1,9
2,6	3,5	1,1	4,9	4,1	24	18	4	0,2	3,0	4,2	0,2	0,3	1,3
5,3	1,7	1,5	5,6	3,6	52	39	9	0,3	4,4	5,3	0,2	1,0	3,7
5,3	3,5	2,0	9,6	6,2	51	32	9	0,2	4,3	5,1	0,2	1,7	3,9

## 20.2. Bijmesten

Wanneer tijdens de teelt bijgemest wordt, dan spelen de volgende aspecten een rol: voorraadbemesting, soort veensubstraat, gewas- en gewasstadium, watergeef- en bemestingsmethode en de concentratie in het 1:1,5 volume extract.

### 20.2.1. Voorraadbemesting

Het is niet verstandig om een teelt te starten met een onbemest veensubstraat (alleen bekalkt). Er zou dan direct met een hoge concentratie hoofd- en spoorelementen moeten worden bijgemest. Omdat veen veel Cu in niet voor de plant beschikbare vorm vastlegt (complexering) moet in ieder geval Cu vooraf worden toegevoegd.

### 20.2.2. Soort veensubstraat

Er zijn materialen, die spoorelementen naleveren. Dit komt voor bij naaldenbosgrond en bladaarde. Verder is de bemesting bij kleihoudende substraten anders dan bij niet kleihoudende substraten. Bij kleihoudende substraten blijkt namelijk dat het P-gehalte in het 1:1,5 volume extract steeds laag is. Waarschijnlijk wordt P aan de randen van de kleimineralen ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) geadsorbeerd en/of gefixeerd. Verhoogde P-dosering, na constatering van lage P-gehalten, is dus slechts tot op beperkte schaal toelaatbaar. Er is namelijk een grote P-voorraad in de grond aanwezig. Bij deze P-vastlegging speelt de pH een belangrijke rol. Bij een hoge pH ontstaat slecht oplosbaar calciumfosfaat en bij een lage pH aluminium- en ijzerfosfaat. Ook kalium wordt geadsorbeerd aan de plaatszijde van de kleimineralen.

### 20.2.3. Gewas en gewasstadium

Voor gewassen of gewasgroepen pot- en perkplanten is in de adviesbasis bemesting glastuinbouw aangegeven welke voedingsoplossing gebruikt moet worden. Verder is in een vegetatief stadium veel stikstof nodig en in een generatief stadium veel kalium. Bij het samenstellen van de voedingsoplossing moet hiermee rekening gehouden worden.

### 20.2.4. Watergeef- en bemestingsmethode

Wanneer zeer frequent water en tegelijk ook voeding gegeven wordt, kan de concentratie aan voeding in de voedingsoplossing lager zijn dan wanneer weinig frequent water wordt gegeven. Als bijvoorbeeld maar eens per 2 weken meststof wordt gegeven dan moet de concentratie hoog zijn. Gezien de continue behoefte van de plant aan voeding is het het beste om steeds kleine hoeveelheden voeding toe te dienen.

Bij eb/vloed systemen op betonvloeren kan de pH in het bevoeiingswater oplopen door het vrijkomen van basen uit de vloer. Bij eb/vloed systemen daalt de pH in het water meestal (figuur 20.3.). Ook kunnen fosfaten neerslaan.

Bij hergebruik van het uit het substraat gelekte water is het belangrijk om de EC, pH en fosfaatgehalte te meten en bij te regelen in het gewenste traject.

### 20.2.5. Concentratie in 1:1,5 volume extract

In tabel 20.4. wordt voor een gemiddelde gewasgroep pot- en perkplanten aangegeven wat de streefwaarden zijn in het 1:1,5 volume extract tijdens het vegetatieve stadium.

Tabel 20.4. Streefwaarden 1:1,5 volume extract voor 'gemiddelde' gewasgroep pot- en perkplanten.

K	Ca	Mg +NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	S	P	Fe
1,6	1,2	0,5	4,0	0,8	0,5	5,1-10,0
Mn	Zn	B	Cu			
1,0-3,0	1,5-2,5	10-25	0,5-1,0			

In hoofdstuk 19 wordt uitgebreider ingegaan op de relatie tussen de gehalten in het 1:1,5 volume-extract en de gewenste bemesting.

## 21. VOEDINGSOPLOSSINGEN

Bij plantenteelt zonder aarde is het bewortelbaar volume beperkt ten opzichte van de situatie in grond. Hierdoor is de beschikbare voorraad mineralen voor de plant zeer beperkt (zie hoofdstuk 4). Om uitputting te voorkomen moeten de planten dan ook frequent van mineralen voorzien worden. Met name van voedingselementen waar de planten aanzienlijke hoeveelheden van opnemen zoals kalium en stikstof kunnen snel tekorten ontstaan. Bij vrijwel alle methoden van telen in beperkt wortelvolume dienen alle voor planten noodzakelijke voedingselementen te worden toegediend. Belangrijk is dat de toediening van de voedingselementen is afgestemd op de behoefte van het gewas. Bij de behoefte van het gewas moet niet alleen rekening worden gehouden met de absolute opname, maar ook met de onderlinge verhoudingen van elementen in het wortelmilieu die nodig zijn om optimale gehalten aan voedingselementen in de plant te realiseren. Omdat er een groot verschil bestaat in 'opnamesnelheid' tussen elementen, worden in het wortelmilieu andere verhoudingen tussen de voedingselementen gerealiseerd dan de verhoudingen bij de opname. Bij een onevenwichtige toediening kunnen bepaalde elementen sterk accumuleren. Dit laatse vindt ook plaats als water gebruikt wordt waarin zich te hoge concentraties van bepaalde zouten voordoen (zie hoofdstuk 29).

De meest geëigende manier van werken is dan het toepassen van voedingsoplossingen. Dit is een oplossing waarin (alle) voor de plant noodzakelijke voedingselementen in opgeloste vorm aanwezig zijn, in zodanige concentraties en verhoudingen dat in het wortelmilieu voor de plant optimale gehalten worden gerealiseerd.

### 21.1. Standaardvoedingsoplossing

De diverse plantesoorten verschillen in de behoefte aan voedingselementen. Daarom zijn er voor de diverse gewassen die in substraat geteeld worden afzonderlijke voedingsoplossingen samengesteld. Zo'n zogenaamde standaardvoedingsoplossing omvat alle voedingselementen in concentraties, waarvan tot dusver uit onderzoek gebleken is dat deze de meest optimale zijn voor gewas en teeltwijze. In tabel 21.1 is een voorbeeld gegeven van de standaardvoedingsoplossingen voor tomaat, voor de teelt in substraat met vrije drainage en één voor een gesloten teeltsysteem. De standaardoplossingen zijn zodanig samengesteld dat de som van kat- en anionen van de hoofdelementen in equivalenten gelijk is. Hierdoor is berekening van een recept voor een voedingsoplossing uit de meststoffen (meststoffenrecept) mogelijk. Voor de spoorelementen wordt geen kloppende ionenbalans berekend, omdat het niet nodig is rekening te houden met het begeleidende kat- of anion in de meststof. Zie voor de berekeningsmethode van meststoffenrecepten brochure nr 10, uit de reeks Voedingsoplossingen Glastuinbouw.

Een overzicht van voor diverse teelten en teeltsystemen vastgestelde standaardvoedingsoplossingen is te vinden in brochure nr. 8 uit deze reeks. Deze brochure wordt regelmatig herzien, op basis van onderzoekresultaten.

De standaardvoedingsoplossingen zijn zodanig samengesteld dat hiermee de juiste concentraties in het toegediende water worden bereikt, waarbij gecorrigeerd moet worden op de aanwezige voedings-

elementen in het uitgangswater. Dat wil zeggen dat bij vrije drainage de standaardvoedingsoplossing de verhoudingen in het druppelwater weergeeft. Bij gesloten systemen is de voedingsoplossing bestemd om toegevoegd te worden aan het water dat tezamen met drainwater het druppelwater vormt. De concentraties die in een standaard voedingsoplossing vermeld staan zijn geen richtlijn voor de concentraties in het wortelmilieu. Door de effecten van opname, uitspoeling en accumulatie veranderen de concentraties in het wortelmilieu. Dit leidt tot verschuivingen in de onderlinge ionenverhoudingen en in de concentratie (EC). Voor de voedingstoestand in het wortelmilieu zijn zogenaamde streefcijfers opgesteld. Deze weerspiegelen de optimale verhoudingen van de voedingselementen in de omgeving van de wortels. Ze zijn op basis van onderzoek en praktijkervaringen vastgesteld. Zie hiervoor verder de hoofdstukken 19 en 24. De concentraties in de standaardvoedingsoplossing zijn zodanig gekozen dat bij normale doorspoelpercentages (10-20%) gemiddeld de streefcijfers in het wortelmilieu gerealiseerd worden.

Tabel 21.1. De standaardvoedingsoplossing voor tomaat.

	Teeltsysteem met vrije drainage	Gesloten teeltsysteem
EC waarde $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$	2,3	1,5
$\text{NO}_3^-$ $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$	14,0	11,0
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ "	1,0	1,0
$\text{SO}_4^{--}$ "	3,75	1,5
$\text{NH}_4^+$ "	1,25	1,0
$\text{K}^+$ "	8,75	6,5
$\text{Ca}^{++}$ "	4,25	2,75
$\text{Mg}^{++}$ "	2,0	1,0
Fe $\mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$	15	15
Mn "	10	10
Zn "	5	4
B "	30	20
Cu "	0,75	0,75
Mo "	0,5	0,5

De standaardoplossing per gewas is de basis waarmee in de teelt gewerkt wordt. Afhankelijk van een aantal situaties worden de voedingsoplossingen aangepast. Standaard zijn er aanpassingen bij de start van de teelt en een aantal aanpassingen afhankelijk van het teeltstadium. Daarnaast worden voedingsoplossingen aangepast aan de hand van de analyseresultaten van monsters uit het wortelmilieu. Zie hiervoor de betreffende brochures per gewas uit deze reeks.

### 21.2. Voedingsoplossing per gewas

Zoals gezegd zijn er per gewas standaardvoedingsoplossingen ontwikkeld. Vruchtgewassen nemen naar verhouding meer kali op dan bloemgewassen. De voedingsoplossingen voor tomaat, komkommer enzovoort

hebben dan ook een hoger kaligehalte ten opzicht van calcium en magnesium dan de voedingsoplossingen voor anjer, gerbera enzovoort. Verder zijn er gewasspecifieke eisen. Zo vraagt aubergine bijvoorbeeld een hoge magnesiumconcentratie, paprika is gevoelig voor neusrot, tomaat neemt veel sulfaat op, chrysant is gevoelig voor ijzergebrek, roos accumuleert gemakkelijk borium in het oude blad, enzovoort. De onderlinge verhoudingen van de ionen in de voedingsoplossingen verschillen daarom per gewas.

Een tweede belangrijk gegeven is de concentratie uitgedrukt in EC waarde, waarop de standaardvoedingsoplossing is uitgerekend. Deze is dusdanig gekozen dat deze overeenkomt met de gemiddelde EC-waarde die bij het betreffende gewas wordt gedoseerd. Het is noodzakelijk dit met elkaar in overeenstemming te brengen aangezien de voedingsoplossingen aangepast worden aan de waterkwaliteit (zie hoofdstuk 22).

### 21.3. Voedingsoplossingen per teeltsysteem

Bij teeltsystemen waar regelmatig meer water gegeven wordt dan de behoefte van het gewas, vindt uitspoeling van water en mineralen plaats. In dit drainagewater zijn de ionenverhoudingen verschoven ten opzicht van de gedoseerde voedingsoplossing. Als regel zijn de tweewaardige ionen relatief geaccumuleerd ten opzichte van de eenwaardige. Bij teeltsystemen waar dit drainagewater opnieuw wordt gebruikt moet met andere ionenverhoudingen gewerkt worden, omdat anders ionen als  $SO_4$ , Mg en Ca te sterk accumuleren. Het maakt hierbij niet uit of bijvoorbeeld slechts 10% van de watergift wordt gerecirculeerd, of dat met hoge frequentie de voedingsoplossing rondgepompt wordt. Bepalend is of er wel of geen uitspoeling plaatsvindt. Om deze reden zijn afzonderlijke standaardvoedingsoplossingen opgesteld voor systemen met vrije drainage en voor gesloten teeltsystemen. Zie ook het voorbeeld in tabel 21.1.

Het kan noodzakelijk zijn aanpassingen te doen aan de voedingsoplossing afhankelijk van het groeimedium. Bekend is dat wortels die in water groeien (watercultuur, NFT) een andere morfologie bezitten dan wortels gegroeid in een vast medium. Dit heeft gevolgen voor de opname van voedingselementen. Gebleken is dat een wortelstelsel in water gegroeid minder efficiënt is voor de ijzeropname. Daarom wordt voor teelten in watercultuur en voor teelten in stromend water met beperkt substraatvolume een hogere Fe-concentratie aangehouden.

Bij teelten in venige substraten worden dezelfde voedingsoplossingen gehanteerd als voor teelten in steenwol. Weliswaar is het veen soms vooraf bemest, maar deze hoeveelheid voedingsstoffen is alleen in het begin van enige betekenis.

Bij de teelt van cymbidium wordt voor de voedingsoplossing onderscheid gemaakt tussen de teelt in steenwol en in kunstschuim. Bij kunstschuim (polyfenol) kan de pH gemakkelijk dalen. Daarom bevat de standaardvoedingsoplossing een lager  $NH_4$ -gehalte.



#### 21.4. Voedingsoplossingen bij gesloten teeltsystemen

Het belangrijkste verschil tussen systemen met vrije drainage en gesloten systemen is dat de samenstelling van het drainwater gedeeltelijk de verhoudingen in het druppelwater zal bepalen. Bij de gebruikelijke doorspoelpercentages zal ongeveer 30 - 40 % van de totale EC van het druppelwater bepaald worden door het drainwater. Het is van belang dat de samenstelling van het druppelwater overeenkomt met de verhoudingen in de standaardvoedingsoplossing voor vrije drainage. Immers deze is gebaseerd op onderzoek en ervaring en geldt als optimaal. Deze voedingsoplossing wordt de druppeloplossing genoemd. Ook de streefwaarden voor het wortel-lieu zijn voor gesloten systemen en voor vrije drainage uit dit oogpunt gelijk. Een belangrijk punt is dan ook hoe de toediening van voedingselementen (uit meststoffen) het best kan worden aangepast op de samenstelling van het drainwater, met als doel de gewenste samenstelling van het druppelwater te bereiken. Als er geen uitspoeling of verlies aan voedingselementen plaatsvindt, zal het er bij gesloten systemen op neerkomen dat gemiddeld de aanvoer van voeding overeen moet komen met de gewasopname. Is dit niet het geval dan treedt uitputting of accumulatie op.

Bij gesloten teeltsystemen zijn er drie methoden voor het regelen van de voeding. In de eerste plaats de methode met continu direct gebruik van drainwater (al of niet ontsmet), waarbij de standaard voedingsoplossing voor gesloten systemen wordt toegepast, hierna recirculatieoplossing genoemd. De tweede methode is direct gebruik van drainwater, waarbij het meststoffenrecept berekend wordt aan de hand van een analyse van het drainwater, hierna de drainwater-analysemethode genoemd. En als laatste de methode waarbij drainwater verzameld en eerst een tijdlang wordt opgeslagen, waarbij het mest-offenrecept berekend wordt op de samenstelling van de voorraad drainwater, hierna de tussenopslagmethode genoemd.

Bij alle drie de methoden is het doel dezelfde druppeloplossing te realiseren. Bij de recirculatieoplossing is deze gebaseerd op de gemiddelde situatie. Tijdens de teelt doen zich regelmatig verschuivingen voor in de opname-verhoudingen. Aanpassingen zoals beschreven in paragraaf 22.5. zijn daarom nodig. Bij de drainwater-analysemethode kan de druppeloplossing vrij goed benaderd worden. Echter aangezien dit gebaseerd is op een momentopname van het drainwater en hooguit eenmaal per week een nieuwe bemonstering gevolgd door aanpassing zal plaatsvinden zullen de verhoudingen sterk kunnen schommelen. De meest ideale situatie doet zich voor bij de tussenopslagmethode. Hierbij kan eveneens de druppeloplossing zeer goed benaderd worden; bovendien is de samenstelling constant, zolang de betreffende voorraad gebruikt wordt. Echter het berekende meststoffenrecept is slechts geldig bij de genomen uitgangspunten als EC van het druppelwater en te gebruiken drainpercentage. Bij veranderingen hierin moet een nieuw meststoffenrecept berekend worden. De voordelen van de tussenopslagmethode komen daarom alleen tot hun recht bij geavanceerde en daarom dure doseerapparatuur.

Hieronder worden twee rekenvoorbeelden gegeven over hoe de samenstelling van het druppelwater bereikt wordt.

Rekenvoorbeeld 1

Situatie met gebruik van de recirculatieoplossing

Drainpercentage = 20

Ingestelde druppel EC = 2,3 mS.cm<sup>-1</sup>

Tabel 21.2. Berekening samenstelling druppelwater bij continu direct gebruik van drainwater; situatie alleen voor kationen.

	Gewenste druppel-oplossing	Recir-culatie oplos-sing	Samen-stelling drainwater	Bijdrage uit drain 20 %	Bijdrage uit mest-stoffen	Samen-stelling druppel-water
EC	2,3	1,5	3,5	0,7	1,6	2,3
NH <sub>4</sub>	1,25	1,0	0,1	0,1	1,1	1,2
K	8,75	6,5	8,0	1,6	6,9	8,5
Ca	4,25	2,75	8,0	1,6	2,9	4,5
Mg	2,0	1,0	4,6	0,9	1,1	2,0
Na	0	0	1,6	0,3	0	0,3

De bijdrage uit het drainwater is berekend door 20% van de EC en de aanwezige concentraties in het drainwater te nemen. De bijdrage uit meststoffen is berekend door het resterende deel aan EC-waarde tot de druppel EC (in dit voorbeeld 2,3), waarbij dan de bijdrage van de afzonderlijke ionen volgt uit het evenredig aandeel van ionen in de recirculatieoplossing.

Rekenvoorbeeld 2

Situatie bij analyse van drainwater en tussenopslag van drainwater

Drainpercentage = 20

Ingestelde druppel EC = 2,3 mS.cm<sup>-1</sup>

De gemiddelde drainwatersamenstelling geldt voor beide methoden, met dit verschil dat het bij de methode met tussenopslag om veel grotere volumes gaat.

Tabel 21.3 Berekening samenstelling drainwater bij de drainwater-analysemethode en de tussenopslag methode; situatie alleen voor kationen.

	Gewenste druppel-oplossing	Samen-stelling drainwater	Bijdrage uit drain 20 %	Bijdrage uit mest-stoffen	Samen-stelling druppelwater
EC	2,3	3,5	0,7	1,6	2,3
NH <sub>4</sub>	1,25	0,1	0,1	1,25	1,25
K	8,75	8,0	1,6	7,15	8,75
Ca	4,25	8,0	1,6	2,65	4,25
Mg	2,0	4,6	0,9	1,1	2,0
Na	0	1,6	0,3	0	0,3

De bijdrage uit de meststoffen wordt in dit geval berekend uit het verschil tussen de gewenste druppeloplossing en de bijdrage van elk van de voedingselementen uit het drainwater. Indien de druppel EC, of het % drainwater dat gebruikt wordt verandert, zal ook de mestoplossing moeten worden aangepast.

Het is van belang dat bij de berekeningen voor het meststoffen-recept of de verhoudingen van meststoffen bij injectiesystemen, de juiste procedure gevolgd wordt. Deze wordt beschreven in paragraaf 22.5.

## 22. BEMESTING BIJ PLANTENTEELT ZONDER AARDE

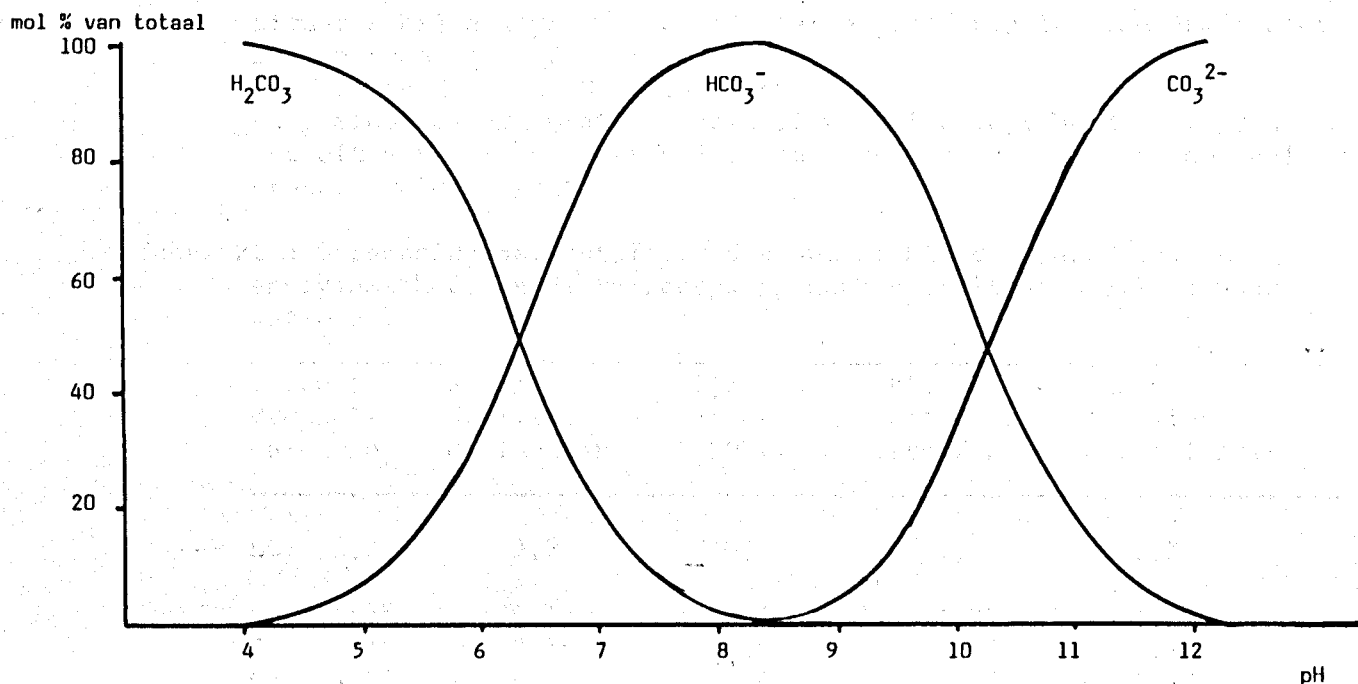
### 22.1. Uitgangspunten

Het principe van de bemesting bij plantenteelt zonder aarde is dat continu via water voedingselementen gedoseerd worden volgens een standaardvoedingsoplossing (zie hoofdstuk 21). Verder moet het gietwater voldoen aan de kwaliteitseisen die daarvoor gesteld worden (zie hoofdstuk 25). Voedingsoplossingen worden samengesteld op basis van enkelvoudige meststoffen. Hiermee is het mogelijk aanpassingen te maken op de samenstelling van het gietwater en op de eisen die de teelt kan stellen. Voor de wijze van berekening van voedingsoplossingen wordt verwezen naar brochure nr 10 uit de reeks "Voedingsoplossingen Glastuinbouw".

### 22.2. Aanpassing aan de waterkwaliteit

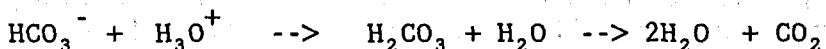
#### 22.2.1. Calcium, magnesium en bicarbonaat

Water kan bepaalde zouten bevatten. Bij de samenstelling van de voedingsoplossing moet hiermee rekening worden gehouden. Bicarbonaat ( $\text{HCO}_3^-$ ) veroorzaakt pH-stijging in het wortelmilieu. Dit is zichtbaar in figuur 22.1., waar het verband tussen de  $\text{HCO}_3^-$ -concentratie en de pH is weergegeven.



Figuur 22.1. Verdeling van de carbonaatvormen in oplossingen afhankelijk van de pH.

HCO<sub>3</sub> in het water moet voor teelten in substraat geneutraliseerd worden met zuur. Hierbij verloopt de volgende reactie:



Het zuur wordt als onderdeel van het pakket meststoffen in de schema's voor voedingsoplossingen opgenomen. Voor elke mmol HCO<sub>3</sub> in het water is 1 mmol zuur nodig is. Voor een stabiele pH-regeling is het beter dat niet alle HCO<sub>3</sub> geneutraliseerd wordt, maar dat enkele tienden millimol als rest worden overgelaten. De geringe pH-stijging die deze rest HCO<sub>3</sub> tot gevolg heeft, kan via een zuurregeling op de doseerinstallatie goed onder controle gehouden worden.

Voor de geconcentreerde mestoplossing worden fosforzuur en/of salpeterzuur gebruikt. Veelal wordt eerst zoveel fosforzuur in het recept ingevuld als er aan fosfaat nodig is. Dit is goedkoper dan fosfaat als monokalifosfaat geven. De eventuele rest wordt dan aangevuld met salpeterzuur. Bij gebruik van volledig vloeibare meststoffen wordt de hoeveelheid benodigd zuur bereikt door het aanpassen van de loog/zuur balans. Voor de pH-regeling op de doseerinstallatie wordt salpeterzuur of kalisalpeterzuur gebruikt. De concentratie in het zuurvat bedraagt meestal circa 100-150 mmol per liter. Dit is afhankelijk van de technische uitvoering van het regelsysteem.

Indien het water HCO<sub>3</sub> bevat, is vrijwel altijd ook Ca en/of Mg aanwezig. Zijn de concentraties hoger dan 0,4 à 0,5 mmol per liter, dan wordt gecorrigeerd op de toediening. Essentieel voor de berekeningsmethode is dat het benodigde zuur en de correcties op Ca en Mg in equivalenten gelijk zijn. Dat wil zeggen dat het aantal millimolen zuur dat toegediend wordt gelijk is aan tweemaal het aantal millimolen Ca en Mg die minder gegeven worden.

#### 22.2.2. Schemacode

Voor gietwater met uiteenlopende concentraties HCO<sub>3</sub>, Ca en Mg zijn recepten opgesteld voor het bereiden van voedingsoplossingen. Deze schema's zijn voorzien van een code: een letter en meestal drie cijfers. Schemacodes met de letter A zijn aangepast voor water dat HCO<sub>3</sub>, Ca en Mg bevat. Het eerste cijfer van de code geeft de hoeveelheid zuur aan die in het schema is opgenomen ter neutralisatie van HCO<sub>3</sub>. Het tweede en derde cijfer geven de hoeveelheid Ca en Mg aan die van de benodigde concentratie afgetrokken worden. Voor wat betreft de hoeveelheid zuur, lopen de schemacodes op in stappen van 0,5 mmol per liter en de hoeveelheid verminderd Ca en Mg met stappen van 0,25 mmol per liter. Om in de schemacode decimalen te vermijden, wordt het aantal mmol zuur met twee en de mmol Ca en Mg met vier vermenigvuldigd. Bijvoorbeeld: schema A 5.4.1 bevat 2,5 mmol per liter zuur en er is respectievelijk 1,0 en 0,25 mmol per liter Ca en Mg in mindering gebracht. De keuze van het juiste schema aan de hand van de chemische samenstelling van het water gaat als volgt: Van de HCO<sub>3</sub>-concentratie wordt 0,5 mmol per liter afgetrokken en vervolgens zodanig naar beneden afgerond op halve eenheden dat er minimaal 0,4 en maximaal 0,8 mmol HCO<sub>3</sub> overblijft. De uit-

komst is de hoeveelheid zuur in mmol per liter. Na vermenigvuldiging met twee is dit het eerste cijfer van de code. Vervolgens worden de Ca- en de Mg-concentraties naar beneden afgerond op 0,25 mmol per liter. De uitkomsten worden met vier vermenigvuldigd en leveren respectievelijk het tweede en derde cijfer van de code op. De correcties van zuur, Ca en Mg moeten in equivalenten gelijk zijn. De som van het tweede en derde codecijfer moeten daarom gelijk zijn aan het eerste cijfer. Als dit niet het geval is, dan worden het tweede en derde cijfer zodanig gekozen dat er voor die waterkwaliteit het best passende schema uitkomt. In tabel 22.1. is een voorbeeld van de keuze van een schema gegeven.

Tabel 22.1. Voorbeeld voor het bepalen van het juiste schema aangepast aan de kwaliteit van het water.

---

Stel: Analyse gietwater

HCO<sub>3</sub> 4,7 mmol per liter  
Ca 1,9  
Mg 0,4

Bepaling eerste codecijfer:

HCO<sub>3</sub> 4,7 - 0,5 = 4,2 = afgerond 4,0

Vermenigvuldiging: 2 x

1e cijfer: 8

Bepaling tweede en derde cijfer:

Ca 1,9 = afgerond 1,75

Vermenigvuldiging: 4 x

2e cijfer: 7

Mg 0,4 = afgerond 0,25

Vermenigvuldiging: 4 x

3e cijfer: 1

Het best passende schema is dus schema A 8.7.1

---

### 22.2.3. Bijzondere schema's

Naast HCO<sub>3</sub>, Ca en Mg kan ook SO<sub>4</sub>, K of NO<sub>3</sub> in het water aanwezig zijn. Indien de concentraties van betekenis zijn moet ook hiervoor worden gecorrigeerd op de toediening. De werkwijze is min of meer gelijk als beschreven bij Ca en Mg. SO<sub>4</sub> wordt in stappen van 0,25 mmol per liter en NO<sub>3</sub> en K met stappen van 0,5 mmol per liter gecorrigeerd. Deze schema's worden B-schema's genoemd. De code bestaat uit zes cijfers. De betekenis van de eerste drie cijfers is als hiervoor besproken. Het vierde, vijfde en zesde cijfer staan voor respectievelijk SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> en K. Voor de overzichtelijkheid wordt tussen het derde en vierde cijfer een schuine streep geplaatst. Op basis van de samenstelling van het water zal het best passende schema gekozen moeten worden. Het totaal aan correcties aan kationen moet gelijk zijn aan die aan anionen. Dit betekent dat de som van het eerste, vierde en vijfde codecijfer gelijk moet zijn

aan de som van de codecijfers twee, drie en zes. Voorbeeld: Het schema B 6.8.1/3.1.1 bevat 3 mmol zuur en er is in mindering gebracht: 2 mmol per liter Ca, 0,25 mmol per liter Mg, 0,75 mmol per liter  $SO_4$ , 0,5 mmol per liter  $NO_3$  en 0,5 mmol per liter K.

#### 22.2.4. Schema's voor leidingwater in Het Westland en De Kring

In Het Westland en De Kring wordt vaak leidingwater gebruikt. Dit leidingwater bevat  $HCO_3$ , Ca, Mg en  $SO_4$ . Hiervoor kunnen B-schema's uitgerekend worden. Dit leidingwater heeft twee herkomsten, die verschillen in chemische samenstelling, namelijk duinwater en Rotterdams water. Er bestaan daarom twee schema's voor leidingwater in deze gebieden. De distributie van beide herkomsten is niet gescheiden.

Er is een groot gebied waar beide soorten kunnen worden afgeleverd en waar ook mengsels van beiden voorkomen. Voor deze situatie zijn zogenaamde mengwaterschema's opgesteld. Het werken met mengwaterschema's vraagt een aparte werkwijze. Voor het water met de hoogste concentratie  $HCO_3$  (duinwater) is het schema B 5.7.1/3.0.0 uitgerekend. Een gedeelte van het zuur wordt echter niet in de A- of B-bak gedaan, maar in een aparte zuurbak. De hoeveelheid zuur in de geconcentreerde mestoplossing is de hoeveelheid die nodig is voor het water met de laagste concentratie  $HCO_3$  (Rotterdam), namelijk overeenkomend met schema B 2.4.1./3.0.0. Bij aanvoer van Rotterdams water, zal het zuur in de A- en B-bak toereikend zijn voor de neutralisatie van  $HCO_3$ . Bestaat het water geheel of gedeeltelijk uit duinwater, dan zal al naar gelang de mengverhouding een hoeveelheid zuur uit de aparte zuurbak worden verbruikt om de pH op peil te houden. Wordt 100% van het zuur uit de zuurbak verbruikt op een complete A- en B-bak, dan is duinwater geleverd. Is geen zuur verbruikt dan is Rotterdams water aangevoerd. In dat laatste geval is een hoeveelheid Ca te weinig gegeven, aangezien in het duinwaterschema (B 5.7.1./3.0.0) meer Ca weggelaten is dan voor Rotterdams water nodig is. Dit dient dan bij de volgende A/B-bak extra gegeven te worden. Zie verder de brochures 1 en 4, voor voedingsoplossing voor leidingwater in Het Westland en De Kring, in de reeks "Voedingsoplossing Glastuinbouw".

#### 22.2.5. Aanpassingen op sporelementen

Soms bevat het water ook belangrijke concentraties sporelementen. Correctie's op de toediening kunnen dan nodig zijn. Bij regenwater is dit voor Zn het geval. In bronwater kunnen Mn, B, Zn of Cu voorkomen. Elk geval zal apart bekeken dienen te worden. Er wordt dan volstaan met het geheel of gedeeltelijk weglaten van de betreffende sporelementen meststof. Hiervoor bestaat geen aparte codering van de schema's.

#### 22.3. Richtlijnen voor het bereiden van voedingsoplossingen

Schema's voor voedingsoplossingen worden standaard berekend voor 1 m geconcentreerde oplossing. De Ca-houdende meststoffen (bijvoorbeeld kalksalpeter) moeten apart opgelost worden van de meststoffen die sulfaat bevatten (bijvoorbeeld bitterzout, kalisulfaat). In geconcentreerde oplossingen slaat gips ( $CaSO_4$ ) neer. Ook worden uit voorzorg de fosfaatmeststoffen gescheiden van de calciumhoudende

meststoffen, bij pH-waarden boven 6,0 kan neerslag van calciumfosfaat ontstaan.

De geconcentreerde voedingsoplossing wordt klaargemaakt in twee aparte bakken. De A-bak bevat calcium, de B-bak sulfaat en fosfaat. De spoorelementen, met uitzondering van ijzerchelaat, worden in de B-oplossing gedaan. De overige meststoffen kunnen zowel in de A- als in de B-bak. Als regel wordt ammoniumnitraat in de A-bak gedaan en magnesiumnitraat in de B-bak. Kalisalpeter wordt zodanig over beide bakken verdeeld dat het totaal aantal kg in beide bakken min of meer gelijk is.

Bij schema's met veel zuur bestaat de kans dat het ijzerchelaat afgebroken wordt door de lage pH. Daarom wordt in principe het ijzerchelaat in de A-bak gedaan, waar als regel minder zuur aanwezig is. De maximale hoeveelheid zuur die in de A bak mag worden opgelost bedraagt 8 kg salpeterzuur per m<sup>3</sup> 100 x geconcentreerde oplossing. Bij vloeibare meststoffen geldt naast bovengenoemde regels dat de zuren en basen zoveel mogelijk in de B-oplossing gedaan worden. Verder worden hier alle spoorelementen in de A-oplossing gedaan.

Bij het klaarmaken van geconcentreerde voedingsoplossingen worden de meststoffen pas toegevoegd nadat de bakken voor de helft gevuld zijn met water. Belangrijk is de volgorde aan te houden waarin de meststoffen op de schema's vermeld staan. Bij vloeibare meststoffen is belangrijk dat de zuren eerst opgelost worden, de basen pas later. Bij de carbonaathoudende meststoffen komt bij het klaarmaken van de bakken veel CO<sub>2</sub> vrij. Dit is een tamelijk heftige reactie, waarbij de vloeistof flink kan schuimen. Verder is bij gebruik van vloeibare meststoffen aan te raden na het klaarmaken van de bakken de pH van de geconcentreerde oplossing te meten. Deze dient in beide bakken tussen 5,0 en 5,5 te liggen. Is dit niet het geval dan moet extra zuur of base worden toegevoegd.

Als regel worden de recepten berekend als 100 maal geconcentreerde voedingsoplossingen. Een verdunning van 1 op 100 levert de concentraties op van de standaardvoedingsoplossing. Schema's die berekend zijn op een andere EC-waarde dan die van de standaardvoedingsoplossing (zie 22.4.1.), zijn niet meer 100 maal geconcentreerd, maar lager bij hogere EC-waarden of hoger bij lagere EC-waarden. De oplossing zou anders te hoog geconcentreerd kunnen worden, wat problemen zou kunnen geven voor het oplossen van een aantal meststoffen.

De geconcentreerde voedingsoplossingen worden dus bereid in twee gescheiden bakken. Essentieel voor de samenstelling van de voedingsoplossing die aan de planten wordt toegediend is dat de inhoud van beide bakken gelijkmatig meegezogen wordt.

IJzerchelaten worden onder invloed van licht afgebroken. Voedingsoplossingen moeten daarom zoveel mogelijk afgeschermd worden van licht. Dit geldt ook voor de geconcentreerde oplossingen en de voorraadvaten voor geconcentreerd vloeibaar ijzerchelaat.



22.4. Bemesting tijdens de teelt

22.4.1. EC-waarde

Berekening van de EC

De EC-waarde van een voedingsoplossing kan geschat worden aan de hand van de concentraties van de verschillende elementen. Dit kan op een aantal manieren. De meest eenvoudige manier is de som aan kation of anionen in milli-equivalenten, symbool "C<sup>+</sup>", te delen door 10.

In formule:  $EC \text{ (mS/cm)} = C^+ / 10$

Een andere methode is via een in eerder onderzoek vastgestelde relatie tussen de kationensom en het geleidingsvermogen. De formule luidt:

$EC \text{ (mS/cm)} = 0,095 * C^+ + 0,19$

Een nog nauwkeuriger schatting kan gemaakt worden door rekening te houden met de individuele bijdrage aan het geleidingsvermogen door de afzonderlijke ionen. Dit is de methode volgens Mc Neal. Met deze methode kan de EC-waarde berekend worden volgens drie formules. De keuze van de formule is afhankelijk van de zoutensamenstelling en de beschikbare rekenapparatuur. De beste methode is die met een 3e orde polynoom, waarbij voor (Ca,Mg)SO<sub>4</sub> gecorrigeerd wordt. (Voor meer gedetailleerde informatie wordt verwezen naar: Mc Neal et al (1970), Calculation of electrical conductivity from solution composition data as an aid to in-situ estimation of soil salinity, Soil Science 110, 6, 405:414.)

Via het meststoffenrecept kan ook de EC berekend worden, door de bekende bijdrage aan de EC van de diverse meststoffen (zie tabel 22.1) op te tellen.

Voor voedingsoplossingen is nagegaan welke methode de beste is. In tabel 22.2. is een overzicht gegeven van de berekende EC van een aantal voedingsoplossingen en de gemeten EC.

Tabel 22.2. Het geleidingsvermogen volgens verschillende methoden berekend en vergeleken met de gemeten waarde.

Voedings- Gemeten oplossing waarde	kationensom : 10	PTG formule	Mc Neal 3e orde	Via mest- stoffen	
1	0,21	0,39	0,31	0,26	0,27
2	0,47	0,64	0,58	0,57	0,61
3	0,95	1,09	1,08	1,17	1,12
4	1,41	1,53	1,56	1,73	1,65
5	2,47	2,53	2,52	2,78	2,58
6	3,00	3,04	2,96	3,66	2,99

Uit de tabel blijkt dat de gemeten EC het dichtst benaderd wordt door de methode Mc Neal. Ook de PTG formule geeft een goede schatting. De EC volgens de bijdrage aan meststoffen geeft alleen in het lage traject een goede schatting. De ionensom/10 kan als

vuistregel gehanteerd worden, maar bij lage geleidingsvermogens is de afwijking vrij groot. De EC waarde van de standaardvoedingoplossingen zijn daarom berekend volgens Mc Neal.

**EC-streefwaarde**

De EC van een voedingsoplossing is een belangrijke waarde. Het is een maat voor de totale concentratie aan ionen. Voor de voeding van de plant is een bepaalde minimale concentratie aan voedingsionen (EC) nodig. Per gewas is dit verschillend. Voor Anthurium of orchideeën is een EC in het wortelmilieu van circa 0,5 mS per cm al voldoende om de plant toereikend van mineralen te voorzien. Tomaten daarentegen vragen een minimale EC van circa 1,5 mS per cm. Om uitputting van bepaalde voedingselementen te voorkomen is het echter beter een hogere EC-waarde na te streven. Te hoge EC-waarden geven produktieverlies, doordat dan zogenaamde zouteffecten optreden (zie hoofdstuk 6). Beperkt hoge EC-waarden kunnen echter ook gunstige effecten hebben. Zo kan een hoge EC een vruchtbaarder en steviger gewas geven. Verder kan een hogere EC bij vruchtgewassen de vruchtkwaliteit verbeteren. Tabel 22.3. geeft een voorbeeld van het effect van de EC op vruchtkwaliteit. Daaruit komt naar voren dat zowel de houdbaarheid als de interne kwaliteit toeneemt door hogere EC.

Tabel 22.3. Effect van de EC-waarde op vruchtkwaliteit bij tomaat.

EC wortelmilieu <sub>1</sub> mS.cm	Wan- kleurig (%)	Goud- spikkels index 0-3	Door- kleuring 0-3 dagen	Uitstal- leven dagen	Vruchtesap		
					EC mS.cm	Zuur mmol.l <sup>-1</sup>	Suiker %Brix
0,75	21	1,82	4,3	6,2	4,5	5,9	4,1
2,5	17	2,27	3,9	6,6	5,1	6,6	4,1
5,0	2	1,17	3,4	9,1	5,5	7,6	4,6

Bij de vruchtgroenten wordt een hogere EC aangehouden dan uit oogpunt van optimale groei noodzakelijk is. Voor de snijbloemgewassen gaat deze kwaliteitsverbetering niet op. Vaak wordt juist een afname van de bloemgrootte of stengellengte waargenomen bij stijgende EC, terwijl het vaasleven niet duidelijk verbetert. Tabel 22.4 geeft hiervan een voorbeeld.

Tabel 22.4. Effect van de EC-waarde op de bloemkwaliteit van grootbloemige anjer ('Cuba') en Anthurium andreanum ('Tropical').

EC wortelmilieu mS.cm	Gemiddeld takgewicht in g	Gemiddelde taklengte in cm	Gescheurde bloemen in %	Bloem- diameter in cm
<b>Anjer</b>				
2,0	67,7	28,6	5,3	-
4,0	67,5	28,8	4,3	-
6,0	64,7	26,7	3,5	-
<b>Anthurium</b>				
0,5	29,0	65,9	-	11,9
2,1	26,1	61,6	-	11,2
4,0	24,9	58,0	-	10,8

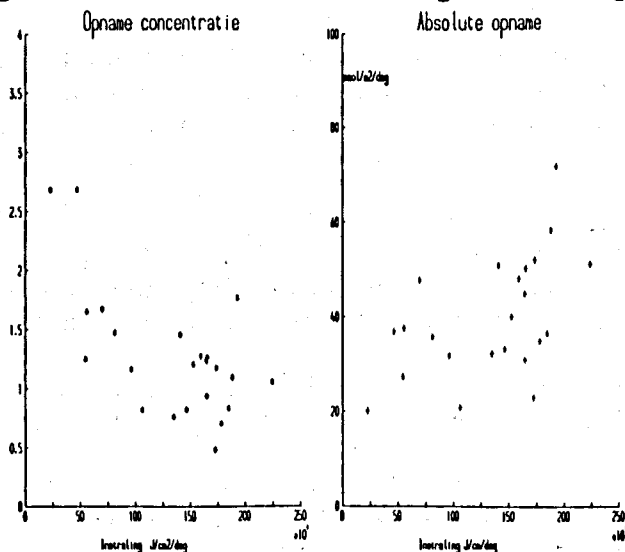
Zowel bij anjer als Anthurium nemen door de hogere EC het takgewicht en de taklengte af en bij Anthurium ook de diameter. Er treden echter bij anjer wel minder gescheurde bloemen op.

#### Opnameconcentratie

Voor alle gewassen is de EC-waarde in het wortelmilieu het uitgangspunt voor de concentratieregeling. Op basis van de gemeten EC wordt de EC van de voedingsoplossing die moet worden bijgedruppeld aangepast. In het algemeen is de 'druppel-EC' lager dan de EC die wordt nagestreefd in de mat. Dit komt doordat de zogenaamde opnameconcentratie van de plant (dat is de voedingsopname gerelateerd aan de wateropname) lager is dan de concentratie die wordt nagestreefd in het wortelmilieu.

De opnameconcentratie kan worden uitgedrukt in mmol per liter voor een element of een aantal elementen. Ook kan het worden uitgedrukt als EC-waarde van de opgenomen voedingsoplossing; dit is dan 0,1 maal de som van kat- of anionen in milli-equivalenten per liter.

De opnameconcentratie van planten is van een aantal factoren afhankelijk. Dit hangt samen met de behoefte van de plant. Voedingselementen zijn nodig voor de groei van de plant. Hoe hoger de groeisnelheid, hoe meer voedingselementen nodig zijn. Dat betekent dat bij toenemende instraling de behoefte aan elementen ook groter wordt. Echter, de verdamping neemt bij hogere instraling ook toe. Vaak is de toename in verdamping groter dan de toename in voedingsopname. De opnameconcentratie neemt dan af. Uit bemestingsproeven waar vrij nauwkeurig de opname van water en voeding bekeken kon worden, is gebleken dat bij jonge planten de opnameconcentratie hoger is dan bij oude en dat bij hoge instraling (lees: verdamping), de opnameconcentratie afneemt. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van het voorbeeld in figuur 22.2. Deze laat het verloop van de absolute voedingsopname en de opnameconcentratie zien bij een tomatenteelt. Ook in ioden van sterke groei, bijvoorbeeld na een periode van zware belasting kan de opnameconcentratie toenemen. Bij het instellen van de EC dient met deze invloeden rekening te worden gehouden, zoals een stralingsafhankelijke verlaging van de EC.



Figuur 22.2. Het verband tussen de instraling enerzijds en de opnameconcentratie en de absolute voedingsopname bij tomaat anderzijds.

### EC-waarde druppelwater

Hoewel de EC-waarde van de voedingsoplossing in het wortelmilieu als uitgangspunt geldt, is de EC-waarde van het druppelwater ook bepalend voor de reactie van de plant. Immers onder de druppelaar bevindt zich een belangrijk gedeelte van de wortels. Uit proeven blijkt dat tomatenplanten geteeld met gescheiden wortelsysteem zich vooral richten op EC-waarden van 3.0. Combinaties met hogere of lagere waarden gaven geen duidelijk andere resultaten. Wel bleken combinaties met lage EC de vruchtkwaliteit negatief te beïnvloeden. In tabel 22.5. zijn wat resultaten samengevat.

De resultaten geven aan dat de EC-waarde van het druppelwater voor de planten belangrijk is. Voor de vruchtgewassen is het advies de EC van het druppelwater niet beneden een bepaald niveau in te stellen, bijvoorbeeld voor tomaat niet lager dan 1,8 mS per cm.

Tabel 22.5. Effect verschillende EC-waarden op produktie en vruchtgewicht bij gescheiden wortelsysteem bij tomaat.

Druppel-EC		produktie	vruchtgewicht
links	rechts	kg.m <sup>-2</sup>	gram
0,75	3,0	23,8	188
3,0	3,0	24,0	180
5,0	3,0	25,1	177
7,5	3,0	24,6	178
10,0	3,0	23,6	173

### EC-waarde schema

De standaardvoedingsoplossingen zijn berekend op een bepaalde EC-waarde. Dit is de EC die gemiddeld nodig is om de streefwaarde voor de EC in het wortelmilieu op peil te houden. Behalve de opnameconcentratie, zijn er nog twee factoren die de te doseren EC bepalen. Namelijk de EC als instrument om de groei te beheersen en het doorspoelpercentage. Wat het eerste betreft wordt bij tomaat in de lichtarme periode van het jaar de EC bewust extra verhoogd om een goede uitgroei en zetting van de eerste bloemtros te stimuleren. Wat het tweede betreft, door doorspoeling verdwijnt een hoeveelheid zouten uit het systeem. Om de gewenste EC in het wortelmilieu te handhaven is een hogere EC van het druppelwater noodzakelijk dan de opnameconcentratie van de plant. Dit verschil zal groter zijn naarmate het doorspoelpercentage hoger is.

Bij gesloten teeltsystemen waar geen uitspoeling plaatsvindt, is de EC-waarde van de standaardvoedingsoplossing gelijk aan de gemiddelde opnameconcentratie van het gewas.

Gedurende de teelt van een gewas zal de EC die wordt gedoseerd niet constant zijn. Toch is het noodzakelijk dat de standaardvoedingsoplossingen zijn uitgerekend op een voor ieder gewas specifieke EC-waarde. Dit is essentieel voor schema's die zijn aangepast op de waterkwaliteit. Immers het benodigde zuur voor de neutralisatie van HCO<sub>3</sub> is een onderdeel van het pakket meststoffen en is derhalve gekoppeld aan de gedoseerde EC. Bij een hogere dosering kan de hoeveelheid zuur groter worden dan de HCO<sub>3</sub>-concentratie in het gietwa-

ter, waardoor de pH te laag wordt. Andersom wordt onvoldoende  $\text{HCO}_3$  geneutraliseerd en blijft de pH te hoog. Er is een zekere speelruimte, omdat niet alle  $\text{HCO}_3$  geneutraliseerd wordt. Bovendien is het mogelijk via de doseerinstallatie de pH nog enigszins bij te regelen.

Binnen 20% afwijking van de standaard EC hoeft niet te worden aangepast. Bij grote EC-afwijkingen raakt het systeem ontregelt en moet de voedingsoplossing aangepast worden. Bovendien is dan niet alleen de toediening van zuur niet meer afgestemd op de aanwezige  $\text{HCO}_3$ , ook de aanpassingen aan Ca, Mg en eventueel  $\text{SO}_4$  kloppen niet met de uitgangssituatie.

Er zijn twee mogelijkheden voor aanpassingen. De eerste is een hoger dan wel lager gecodeerd schema te kiezen. De nieuwe schemacode vindt men door de volgende formule toe te passen:

Schemacode nieuw = Schemacode oud x (EC standaardoplossing/EC gedoseerd)

Een tweede methode is het berekenen van het bestaande schema op basis van een gewijzigde standaard EC. Dit wordt gedaan door de hoeveelheid zuur in het schema te verlagen met dezelfde factor als de EC-waarde wordt verhoogd. Met deze gewijzigde voedingsoplossing wordt vervolgens een nieuw schema berekend, met dezelfde schemacode. De totale hoeveelheid meststoffen per m wordt echter wel globaal op hetzelfde gewicht berekend, om zo te hoog geconcentreerde oplossingen te voorkomen. Het schema is dan niet meer 100 maal geconcentreerd, maar lager of hoger, afhankelijk van de richting van de EC-wijziging.

Eventueel kan een gedeelte van het zuur dat in het schema voorgeschreven wordt in het zuurvat voor de pH-regeling gedaan worden. Hiermee wordt voorkomen dat de pH in het druppelwater te laag wordt, als door schommelingen in de regelingen soms teveel van de geconcentreerde oplossing gedoseerd wordt.

Bij de keuze van het best passende schema en de ingestelde EC kan, naast de elementen waarop gecorrigeerd wordt (bijvoorbeeld Ca, Mg,  $\text{SO}_4$ ) ook Na of Cl voorkomen. Deze ionen hebben ook invloed op de EC-waarde, maar worden niet gecorrigeerd. Dit betekent dat voor een juiste afstemming van de benodigde hoeveelheid zuur ter neutralisatie van  $\text{HCO}_3$ , de te doseren EC iets hoger moet worden ingesteld dan de EC van de standaardvoedingsoplossing. De verhoging moet overeenkomen met de bijdrage van de Na- of Cl-concentratie in het water (de hoogste van die twee) aan de EC.

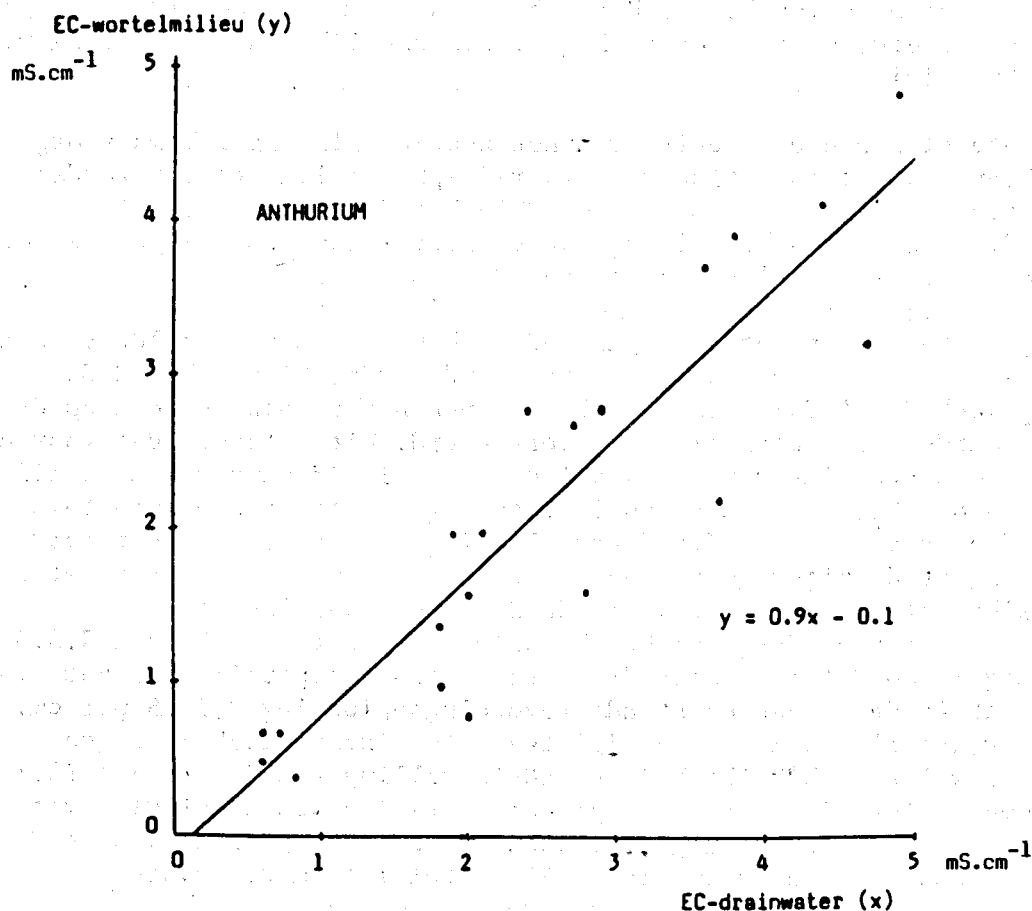
Voorbeeld: Stel dat voor een bepaald soort water, schema A 3.3.0 nodig is en dat dit water daarnaast 3 mmol Na per liter bevat. Voor tomaat is de EC van de standaardvoedingsoplossing 2,3 mS per cm. In dit voorbeeld wordt dan de juiste afstemming van schema op de waterkwaliteit bereikt bij een EC-instelling van 2,6 ( $2,3 + (0,1 \times 3 \text{ mmol Na})$ ). Bij water dat hoge concentraties van Na of Cl bevat, kan beter een schema hoger gekozen worden dan op grond van de  $\text{HCO}_3$  nodig zou zijn, daar anders de EC-instelling om de juiste afstemming te krijgen te hoog wordt.

### Metten van de EC

De EC in het wortelmilieu is een belangrijke waarde voor optimale resultaten. Belangrijk is dat de EC regelmatig en goed wordt gemeten. Over de bemonsteringsmethoden is geschreven in hoofdstuk 5. Er kunnen zich grote verschillen voordoen in de verdeling van zouten in het substraat. Vooral op plaatsen tussen twee druppelplaatsen in kunnen de waarden erg hoog zijn. Deze beïnvloeden de EC van een gemengd monster vrij sterk. Uit de gegevens van het onderzoek vermeld in tabel 22.5. blijkt dat planten vooral reageren op de EC van de bijgedruppelde voedingsoplossing. Voor bepaling van de EC is het daarom verstandig monsters van onder en tussen de druppeldoppen apart te verzamelen en te meten.

### EC drainagewater

Er is een verband tussen de EC gemeten direct in het substraat en de EC in het drainagewater. Echter de fout van een enkele meting kan erg groot zijn. In figuur 22.3. zijn de resultaten van metingen bij *Anthurium andreaeanum* in bedden met kunstschuim weergegeven. Het is goed zichtbaar dat de spreiding tamelijk groot is. De EC van het drainwater kan alleen als maat voor de EC in het wortelmilieu worden aangehouden indien van voldoende monsterplaatsen wordt verzameld. Het doorspoelpercentage is sterk van invloed op het verschil in EC van het monster uit het substraat en het drainwater. Naarmate meer doorgespoeld wordt, liggen deze waarden dicht bij elkaar. Bij lage doorspoelpercentages (< 10%) is er geen duidelijke relatie meer.



Figuur 22.3. Het verband tussen de EC-waarden van het drainwater en die in het wortelmilieu.

## 22.4.2. pH-waarde

### pH en beschikbaarheid voedingselementen

Naast de EC-waarde, is de pH van de voedingsoplossing in het wortelmilieu belangrijk. Planten kunnen goed groeien binnen sterk uiteenlopende pH-waarden. Beneden waarden van 4 kan schade optreden, omdat het wortelweefsel wordt aangetast. Ook kan de opname van Mn zo sterk worden dat Mn-overmaat op kan treden. Bij lage pH is de beschikbaarheid van Mo minder. Bij gevoelige gewassen in een jong stadium kan dan Mo-gebrek optreden. Waarden hoger dan 7 beïnvloeden de groei niet direct. Op langere termijn kunnen echter gebreksverschijnselen optreden doordat sommige elementen minder goed beschikbaar zijn, zoals mangaan, zink, borium, ijzer en fosfaat. In tabel 22.6. is het effect van de pH op de gehalten aan P, Fe, Mn, Zn, B, Cu en Mo gegeven in gerberablād. Bij hoge pH is de opname van P, Mn, Zn en Cu beduidend minder is. Voor Fe en B is het effect in dit voorbeeld niet zo duidelijk, maar in andere proeven is dit wel waargenomen. De Mo-gehalten nemen juist af bij lagere pH-waarden.

Tabel 22.6. Effect van de pH op de gehalten aan P, Fe, Mn, Zn en B in blad bij gerbera. Gehalten in mmol per kg droge stof, Cu en Mo in umol per kg droge stof.

pH wortelmilieu	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Jong Blad:							
6,5-7,5	106	0,93	0,44	0,70	2,36	40	17,0
5,5-6,6	120	1,21	0,88	1,06	2,28	85	8,4
4,5-5,5	127	1,08	1,39	1,09	2,53	90	7,2
Oud blad:							
6,5-5,5	140	1,56	0,83	1,20	3,81	40	11,7
5,5-6,5	166	1,67	1,85	1,66	3,92	60	9,2
4,5-5,5	167	1,72	2,25	1,71	3,63	75	6,6

### pH streefwaarde

Voor alle gewassen gelden min of meer dezelfde pH-waarden als streefniveau in het wortelmilieu, namelijk tussen 5,0 en 6,0. Gewassen die gevoelig zijn voor chlorose, zoals gerbera en komkommer, zijn dankbaar voor een pH aan de lage kant. Bij teelten die gevoelig zijn voor mangaanovermaat, zoals sla, moet liever bij een wat hogere pH geteeld worden.

### pH en ionenopname

In de voorgaande paragrafen is het belang en de werkwijze uiteengezet van de neutralisatie van  $\text{HCO}_3$  in het gietwater. Ophoping van  $\text{HCO}_3$  geeft sterke pH-verhoging in het wortelmilieu. Naast de toevoer van  $\text{HCO}_3$  via het water, kan zich echter ook  $\text{HCO}_3$  in het wortelmilieu ophopen doordat de wortels  $\text{HCO}_3$ -ionen afgeven. Bij de opname van ionen vindt ionenuitwisseling plaats. Bij kationenopname wordt door de wortel een hoeveelheid H-ionen afgestaan die in equivalenten gelijk is aan de opgenomen hoeveelheid kationen. Aan

de andere kant vindt voor anionenopname uitwisseling plaats met OH of  $\text{HCO}_3$ . Is de opname van kat- en anionen in equivalenten gelijk, dan verandert de pH-waarde in de wortelomgeving niet. Is de kationenopname groter dan de anionenopname dan is er netto een overschot aan H-ionen en daalt de pH. Andersom stijgt de pH.

De opnameverhouding van kat- en anionen is te beïnvloeden door wijziging van de  $\text{NH}_4/\text{NO}_3$ -verhouding in de toe te dienen voedingsoplossing. Voor de meeste gewassen is 10-20 % van de N in  $\text{NH}_4$ -vorm voldoende voor een min of meer stabiele pH. Verhoging van het  $\text{NH}_4$  aandeel in de voedingsoplossing geeft pH-verlaging in het wortelmilieu.

Tijdens de groeiperiode van een gewas zal de opnameverhouding van kationen en anionen niet constant zijn. De pH-veranderingen die daarvan het gevolg zijn, kunnen dan worden tegengegaan door de  $\text{NH}_4$ -concentratie in de voedingsoplossing aan te passen. Bij sommige gewassen is de balans tussen kationen- en anionenopname in bepaalde perioden zodanig dat in het geheel geen  $\text{NH}_4$  gegeven moet worden. Een voorbeeld is het gewas meloen tijdens de vruchtuigroei. Waarschijnlijk is de oorzaak van de pH-daling bij dit gewas dat de vegetatieve groei praktisch stilstaat. Een groot gedeelte van de activiteit van de plant bestaat uit het doen zwellen van de vruchten. Aangezien kali veruit het belangrijkste element in de vrucht is, zal de pH-daling een gevolg zijn van de overheersende kaliopname. Bij andere gewassen doet zich soms het tegenovergestelde voor. Een voorbeeld hiervan is aubergine, met name in de zomerperiode. Er is dan extra  $\text{NH}_4$  nodig om de pH niet te sterk op te laten lopen.

#### Aanpassingen in verband met de pH

Bij te hoge pH-waarden in het wortelmilieu wordt extra  $\text{NH}_4$  toegediend. Verhoging van de  $\text{NH}_4$ -gift is echter aan grenzen gebonden. Hoge  $\text{NH}_4$ -concentraties kunnen de Ca-opname belemmeren. Dit geldt vooral voor gewassen die gevoelig zijn voor Ca-gebrek (neusrot), zoals paprika en tomaat.

Bij te lage pH-waarden in het substraat wordt als eerste de hoeveelheid  $\text{NH}_4$  in de voedingsoplossing verlaagd, of geheel weggelaten. Heeft dit onvoldoende effect, dan kan in het uiterste geval met  $\text{HCO}_3$  de pH omhoog gebracht worden. Hiervoor wordt meestal kalibicarbonaat gebruikt. Dit moet apart van de voedingsoplossing geseed worden, omdat anders neerslagen kunnen ontstaan.

Bedacht moet worden dat met de vaste meststof kalksalpeter, per mol Ca altijd 0,2 mol  $\text{NH}_4$  gegeven wordt. Verhoging van de hoeveelheid (vaste) kalksalpeter betekent daarom ook altijd verhoging van de  $\text{NH}_4$ -gift.

Beïnvloeding van de zuurgraad in het wortelmilieu via de pH van het druppelwater is slechts beperkt mogelijk. pH-waarden lager dan 5,0 zijn af te raden wegens het gevaar van het aantasten van de steenwolvezel. pH-waarden hoger dan 6,2 zijn af te raden in verband met het neerslaan van calciumfosfaten, waardoor het watergeefstelsel verstopt kan raken.



### pH bassinwater

De pH van regenwater is meestal laag. Doordat echter in het bassin algengroei optreedt stijgt de pH meestal zeer sterk. Aangezien regenwater niet gebufferd is, wordt deze pH-stijging meestal weer teniet gedaan door de toevoeging van de voedingsoplossing. Het fosfaation zorgt voor een sterke bufferende werking. In de winter, als er geen algengroei optreedt, kan de pH van het regenwater tezamen met de bufferende werking van fosfaat een lage pH van het druppelwater veroorzaken. Ook bij bepaalde soorten bronwater en ontzoutwater kan dit voorkomen. Dit kan worden verholpen door een geringe hoeveelheid bicarbonaat in het water op te lossen: 50 g per m<sup>3</sup>. Ook het bijmengen van een kleine hoeveelheid leidingwater heeft meestal voldoende effect.

Als het regenwater opgevangen wordt via een kasdek dat gekrijt is, kan het water een geringe buffer aan HCO<sub>3</sub> bevatten. De fosfaatbuffer van de voedingsoplossing is dan niet meer voldoende om de pH-stijging teniet te doen. Toevoeging van wat zuur via een zuurregeling of aan de geconcentreerde oplossing is dan vereist.

### pH en substraat

De pH in het wortelmilieu kan ook beïnvloed worden door de zure of basische reactie van het substraat. Veensubstraat heeft van nature een lage pH, die bovendien sterk gebufferd is. Dit materiaal is vooraf dan ook bekalkt.

Ook polyfenolschuim reageert zuur. De hoeveelheid buffer is echter veel geringer dan van venig materiaal. Meestal is circa 5-7 mmol base per liter schuim voldoende. Dit wordt voorafgaande aan de teelt aan het materiaal toegevoegd, in de vorm van kalibicarbonaat. In de praktijk blijkt dat vooral bij meerjarige teelten zoals Anthurium en cymbidium de pH na verloop van tijd toch weer gaat dalen. Daarom heeft een bekalking met koolzure kalk de voorkeur. Een gift van 0,75 kg per m<sup>2</sup> geeft voldoende pH-stijging en heeft daarnaast een bufferwerking ten opzicht van toekomstige pH-daling. De meeste steenwolsoorten reageren neutraal tot licht basisch. Een uitzondering is steenwolgranulaat. Dit materiaal is tamelijk basisch en heeft ook een vrij sterke bufferwerking. Voor teelten in steenwolgranulaat, zoals cymbidium, wordt daarom extra NH<sub>4</sub> voorgeschreven.

### Meting van de pH

Evenals meting van de EC is ook regelmatige bepaling van de pH in het wortelmilieu noodzakelijk. Binnen een kas en ook binnen een steenwolmat kunnen grote verschillen in zuurgraad voorkomen. Vooral onder de plaatsen waar wordt bijgedruppeld is de pH soms veel lager dan op plaatsen tussen druppelaars. Dit wordt veroorzaakt doordat NH<sub>4</sub> relatief sneller wordt opgenomen dan andere ionen. Tussen de druppelaars wordt dan relatief veel nitraat opgenomen en kan zich dan bicarbonaat ophopen. Worden zogenaamde gemengde monsters gemaakt, dus vloeistof van beide plaatsen tezamen gevoegd, dan zorgt dit HCO<sub>3</sub> voor een bufferende werking, waardoor de pH in het monster dicht in de buurt komt te liggen van de waarde die tussen de druppelaars heerst. In tabel 22.7. is een voorbeeld gegeven van aparte pH-meting onder en tussen de druppelaars in een steenwolmat, en het effect op de pH van het samenvoegen van de monsters. Het blijkt dat de pH van het vocht van tussen de druppelaar een grote invloed heeft op die van het mengmonster. Het is daarom aan te

bevelen voor bepaling van de pH, onder en tussen de druppelaars apart te meten.

Tabel 22.7. Resultaten van pH-metingen onder en tussen druppelaars bij komkommers in steenwol en het effect op de pH van het mengen van beide monsters.

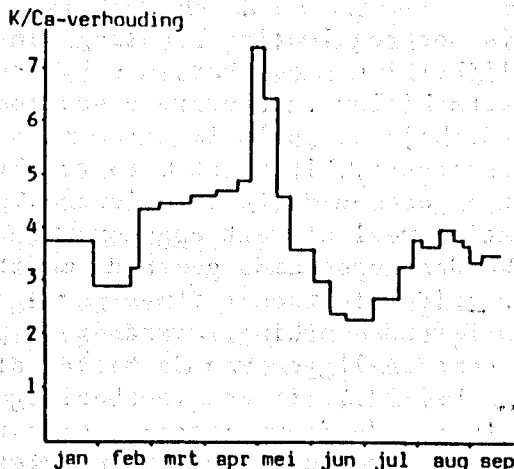
	Monsterpunten						1 t/m 6 gemengd
	1	2	3	4	5	6	
pH onder	4,80	4,62	4,40	4,42	4,90	4,78	4,80
pH tussen	6,90	6,73	5,90	5,11	6,52	6,71	6,80
pH mengmonster	6,66	6,30	5,70	5,08	6,45	6,61	6,49

Uit onderzoek is gebleken dat de pH in drainwater sterk kan afwijken van de pH in het wortelmilieu. Meestal kan er ook geen duidelijke relatie tussen beide waarden gelegd worden. Daarom is meting van de pH in drainagewater van weinig belang voor het bepalen van de pH in het wortelmilieu.

### 22.4.3. De voedingsoplossing tijdens de teelt

#### Verhoudingen tijdens de teelt

De standaardvoedingsoplossing (zie hoofdstuk 21) reflecteert in grote lijnen de opnameverhoudingen tussen de voedingselementen gemiddeld over de teelt. Echter doordat planten meestal verschillende stadia doorlopen is ook de opnameverhouding niet constant. Dit wordt duidelijk geïllustreerd aan de hand van figuur 22.4. Hierin is het verloop van de opnameverhouding van K en Ca bij tomaat weergegeven. Er is een duidelijke piek in de K-opname te zien, samenhangend met de vruchtuigroei. Andere voorbeelden van veranderde opnameverhoudingen zijn: sterke Ca-opname tijdens vegetatieve groei (vooral bij jonge planten), grote P-opname in de lichtarme periode bij komkommer, sterke B-opname bij anjer na de eerste snede enzovoort. Soms is het noodzakelijk hierop in te spelen met de bemesting, zoals bij de extra K-opname, soms niet, zoals bij de grote P-opname bij komkommer.



Figuur 22.4. Het verloop van de K/Ca-verhouding (in molen) van de opname bij tomaat.

### Standaard aanpassingen

Standaard zijn er een aantal aanpassingen die voor veel gewassen gelden. Voor het verzadigen van het substraat bij het begin van de teelt worden min of meer de verhoudingen gedoseerd die als streefwaarden gelden voor de concentraties in het wortelmilieu. Dit houdt in dat de voedingsoplossing wordt aangepast naar een hogere Ca- en Mg-concentratie en lager K. Verder wordt extra B voorgeschreven. De  $\text{NH}_4$  wordt verlaagd, ten einde pH-daling in het begin, veroorzaakt door een relatief groot  $\text{NH}_4$ -aanbod te voorkomen.

Bij de start van de teelt, variërend per gewas van 6 weken (tomaat, komkommer) tot 3 maanden (roos, anjer), wordt extra Ca en minder K gedoseerd. Voor sommige gewassen wordt ook extra Fe aanbevolen. Verder worden aanpassingen voorgeschreven voor perioden van zware vruchtdracht (tomaat, komkommer, enzovoort) of het opkomen van een snede (anjer, roos, enzovoort). Tijdelijk wordt dan extra K toegediend. Richtlijnen voor deze aanpassingen zijn te vinden in de brochures per gewas in de reeks "Voedingsoplossingen Glastuinbouw".

### Aanpassingen afhankelijk van analyseresultaten

Op grond van onderzoek is vastgesteld welke ionenverhoudingen in het wortelmilieu noodzakelijk zijn om een optimale voeding van de plant met mineralen te verkrijgen. Deze optimale ionenverhoudingen zijn vastgelegd in de zogenaamde streefwaarden voor de voedingstoestand. De standaardvoedingsoplossingen zijn zodanig samengesteld dat hiermee gemiddeld die streefwaarden bereikt worden.

De ionenverhoudingen van de streefwaarden in het wortelmilieu zijn duidelijk verschillend van de verhoudingen in de standaardvoedingsoplossing. In het algemeen zijn de concentraties van de eenwaardige ionen zoals K,  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_3$  in het wortelmilieu relatief lager dan die van de tweewaardige ionen, zoals Ca, Mg en  $\text{SO}_4$ . Dit is het gevolg van het feit dat de eenwaardige ionen sneller opgenomen worden dan de tweewaardige ionen. Voor Ca en Mg is het ook noodzakelijk dat de concentraties in het wortelmilieu relatief hoog zijn; er moet dus accumulatie plaatsvinden. Bij lage concentraties is de plant niet in staat voldoende op te nemen. Dit geldt ook voor bepaalde sporelementen. Dit kan worden geïllustreerd aan de hand van het voorbeeld in tabel 22.8. Bij anjers en tomaten in een recirculatiesysteem werden K-, Ca- en Mg-verhoudingen toegediend.

Tabel 22.8. Accumulatiefactoren voor K, Ca en Mg bij tomaten en anjer, bij uiteenlopende K-, Ca- en Mg-verhoudingen in de toegediende voedingsoplossing, bij teelt in recirculatie.

Tomaat						Anjer					
Toediening			Accumulatiefactor			Toediening			Accumulatiefactor		
K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
3,2	2,9	0,6	0,5	5,1	3,5	2,7	2,4	0,4	1,8	1,8	3,3
4,7	2,3	0,7	0,9	5,0	3,6	3,2	1,9	0,5	1,9	1,7	2,9
6,3	1,7	0,7	1,7	3,6	2,4	4,3	1,0	0,7	2,0	1,9	2,2
7,5	1,0	0,7	2,3	2,1	1,7	5,1	0,6	0,8	2,0	2,7	1,8

Uit de gemiddelde toegediende concentraties en de concentraties in het wortelmilieu kan de mate van ophoping berekend worden: de accumulatiefactor. Dit is het quotient van de gemiddelde analysecijfers en de toegediende concentraties. Bij tomaat blijkt een hogere toediening bij K en Ca een hogere accumulatiefactor tot gevolg te hebben. Bij K is de accumulatie echter veel lager dan bij Ca. Bij lage toegediende concentraties vindt zelfs uitputting plaats. Bij de anjers is de opnameverhouding van K en Ca geheel anders. Hier blijkt dat voor Ca de accumulatiefactor nauwelijks beïnvloed wordt door een toegenomen concentratie. Een laag Ca-gehalte veroorzaakt wel een hogere accumulatiefactor, hetzelfde geldt voor Mg. Klaarblijkelijk is het lage niveau te laag voor een voldoende opname en moet er eerst een zekere ophoping plaatsvinden.

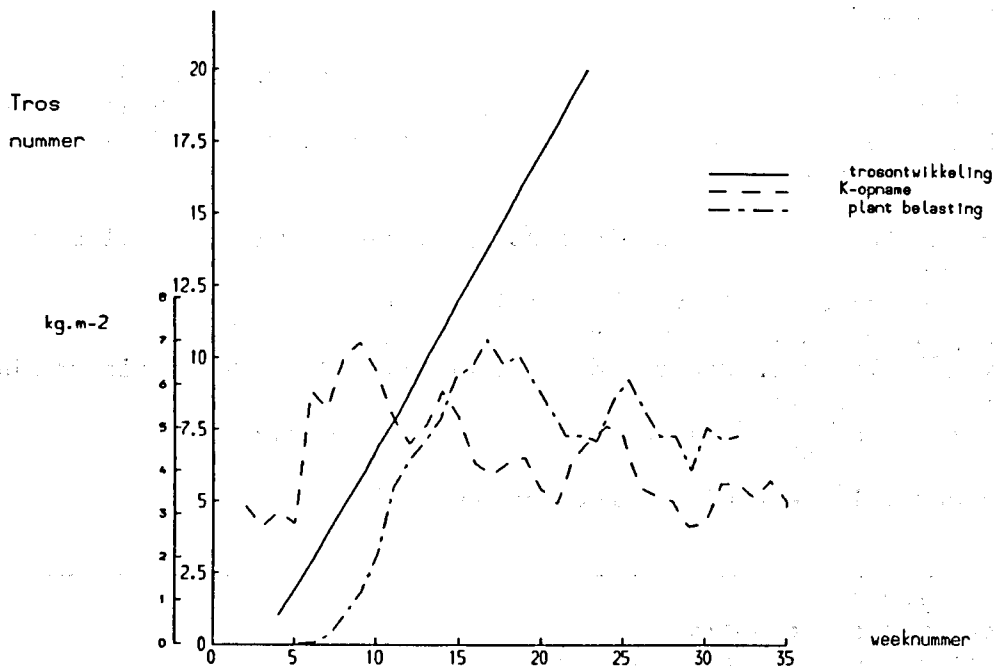
Gedurende de teelt zullen de verhoudingen tussen de voedingselementen in het wortelmilieu constant wijzigen. Vaak zijn wijzigingen in de ionenverhoudingen niet voorspelbaar, omdat deze samenhangen met meerdere factoren als klimaat, plantbelasting, plantstadium. Daarom is het vereist regelmatig de samenstelling van de voedingsoplossing in het wortelmilieu te controleren. Aan de hand van de analyse blijkt of er eventueel een aanpassing noodzakelijk is. De werkwijze hiervan is beschreven in de hoofdstukken 19 en 24.

## 22.5. Bemesting bij gesloten teeltsystemen

### 22.5.1. Aanpassingen

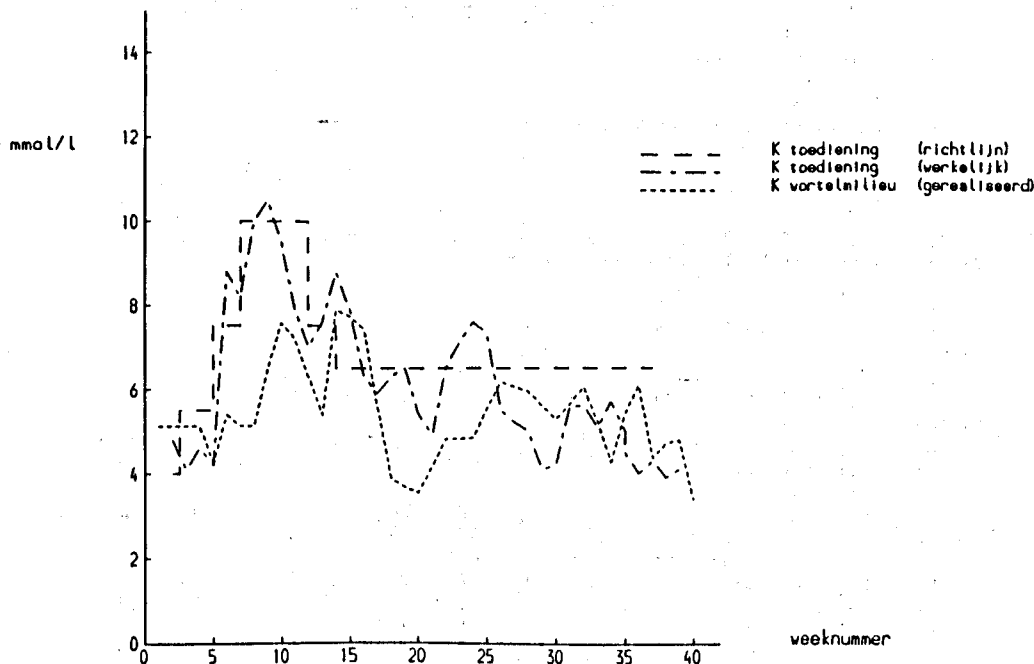
In het algemeen zullen de verhoudingen in de voedingsoplossing bij gesloten teeltsystemen sneller kunnen veranderen dan bij teeltsystemen met vrije drainage. Noodzakelijke aanpassingen zullen daarom ook sneller en met grotere stappen genomen moeten worden. Echter ook de nodige voorzichtigheid is geboden. Te grote aanpassingen leiden snel tot ongewenste schommelingen in de concentraties van bepaalde ionen. Aangezien bij een gesloten systeem alles wat toegediend wordt of door de plant wordt opgenomen, of ophoopt in het systeem, moet de toediening goed afgestemd worden op de behoefte van de planten. De opname is alleen in grote lijnen voorspelbaar. Aan de hand van regelmatige analyses moet de voedingsoplossing die toegediend wordt, worden bijgesteld. In de toekomst is het misschien mogelijk continu de ionenconcentraties rechtstreeks in het wortelmilieu te meten. Tot die tijd kan de opname van een bepaald element enigszins worden voorspeld door middel van groei modellen.

Voor tomaat is een dergelijk doseermodel beschikbaar. Hierbij worden aanpassingen afgestemd op de trosontwikkeling. Uit onderzoek is gebleken dat er een goede samenhang is tussen de K opname en plantbelasting. De plantbelasting is op zijn beurt direct gekoppeld aan de trosontwikkeling. In figuur 22.5. is het verloop van de plantbelasting, trosontwikkeling en K-opname weergegeven. Hierbij is duidelijk zichtbaar dat de toenemende plantbelasting tot de 10e tros gepaard gaat met een sterke stijging in de K-opname. In dezelfde periode neemt de opname aan Ca en Mg verhoudingsgewijs af. De praktische uitwerking van het doseermodel is beschreven in hoofdstuk 24.



Figuur 22.5. Verloop plantbelasting, trosontwikkeling en K-opname bij tomaat.

Figuur 22.6 geeft het resultaat van een tomatenteelt in de praktijk waar het verloop van de toediening en concentratie van kalium in het wortelmilieu is gevolgd. Hoewel het model niet geheel gevolgd is, blijkt dat door op het juiste moment extra K te doseren, de concentratie in het wortelmilieu op peil gehouden kan worden.



Figuur 22.6. Verloop van de K-toediening en de richtlijn voor de K-dosering, alsmede het verloop van de K-concentratie in het wortelmilieu op een praktijkbedrijf met tomaat in recirculatie.

## 22.5.2. Rekenprocedure

Bij de methode van aanpassen van de voedingsoplossing op de samenstelling van drainwater (beschreven in paragraaf 19.4) is het van belang bij de berekeningen van meststoffenrecepten de juiste procedure te volgen.

Deze is als volgt:

- 1) Aanpassing van de druppeloplossing op basis van een analyse uit het wortelmilieu.
- 2) Aanpassing op basis van het teeltstadium.
- 3) Aanpassing naar de gewenste druppel EC.
- 4) Eventueel verrekenen van de gietwaterkwaliteit, op basis van het aandeel vers water.
- 5) Verrekening op basis van het aandeel drainwater.

Hieronder volgt een uitgewerkt voorbeeld.

**Gewas: Tomaat**

**Systeem met tussenopslag.**

**Gietwater: leidingwater, schema A 3.2.1**

**Hergebruik percentage 40 %, druppel EC 3,0**

1) Gewenste druppeloplossing voor tomaat													
EC	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
2,3	1,25	8,75	4,25	2,0	13,75	3,75	1,25	15	10	5	30	0,75	0,5
2) Analyse uit de mat of het recirculerende water													
EC	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
3,0	<0,1	4,0	8,5	4,0	17,0	5,0	0,7	25	5	7	50	0,75	-
laag													
3) Aanpassingen op basis van de analyse													
EC	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
+1													
4) Aanpassing voor teeltstadium													
+2													
totaal: +3													
5) Voedingsoplossing na verrekening aanpassingen													
EC	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
2,3	1,25	10,35	3,7	1,75	13,75	3,75	1,25	15	10	5	30	0,75	0,5
6) Na verrekening druppel EC													
EC	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
3,0	1,6	13,9	4,9	2,3	18,3	5,0	1,7	15	10	5	30	0,75	0,5
7) Aanpassing waterkwaliteit (aandeel 60 %)													
EC	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo )*
60 % = (-,5 - ,25)													
-0,3 -0,15													
8) Voedingsoplossing na verrekening waterkwaliteit													
EC	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
3,0	1,6	13,9	4,6	2,25	18,3	5,0	1,7	15	10	5	30	0,75	0,5
9) Analyse opslag-tank													
EC	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo )**
3,5	<0,1	4,0	7,7	4,0	17	7,5	0,7	25	5	7	50	0,75	-
Aandeel (40 %)													
EC	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
1,4	0	1,6	3,1	1,6	6,8	3	0,28	10	2	3	20	0,3	0,3
10) Voedingsoplossing na verrekening samenstelling drainopslag													
EC	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
2,1	1,6	12,3	1,5	0,65	11,5	2,0	1,42	5	8	2	10	0,45	0,3
11) Balans kloppend maken en omrekenen naar standaard EC													
EC	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
2,3	2,0	15,2	1,85	0,80	15,3	2,65	1,9	5	8	2	10	0,45	0,3

)\* Hierbij is gerekend met 1,5 mmol per liter zuurinbreng.

)\*\* Het HCO<sub>3</sub>-gehalte is in dit voorbeeld verwaarloosbaar, maar er moet wel rekening mee worden gehouden.

## 23. BEMESTING KAMER- EN PERKPLANTEN

### 23.1. Inleiding

De opbouw van dit hoofdstuk is gebaseerd op het principe dat er een aanvoer en een afvoer bij de plant is van voedingsstoffen. Het geheel van aanvoer en afvoer van voedingsstoffen kan in hoeveelheden meststoffen of elementen worden aangegeven. Dit wordt een nutriëntenbalans genoemd.

De bemesting of de concentratie aan voedingsstoffen in de bodemoplossing is het resultaat van aanvoer en afvoer van voedingsstoffen.

De aanvoer van voedingsstoffen vindt plaats door:

- a. Voorraadbemesting: door meststof vooraf door het substraat te mengen.
- b. Bijbemesting: veelal door watergeven met meststof opgelost in water. De aanvoer met watergeven wordt ook nog beïnvloed door:
  - \* watergeefmanier:
    - bovenaf;
    - onderaf;
  - \* watergeeffrequentie.

De afvoer van voedingsstoffen vindt plaats door:

- a. Plant: er zijn verschillen in opname tussen soorten planten en tussen gewasstadia.
- b. Substraat: er zijn verschillen in adsorptie (vastleggen) van voedingsstoffen.
- c. Accumulatie (ophoping) in substraat door verdamping aan substraatoppervlak: de verdamping wordt beïnvloed door:
  - grootte substraatoppervlak;
  - bedekking substraatoppervlak;
  - soort substraat;
  - klimaat.

### 23.2. Nutriëntenbalans

Bij het bemesten worden voedingsstoffen aan het substraat toegevoegd. De vraag is of de plant al deze stoffen gebruikt. Wat de plant niet opneemt wordt mogelijk onnodig gegeven. Dit kost geld, maar kan ook het milieu onnodig verrijken als het substraat na gebruik door de consument wordt weggegooid.

Door het opstellen van een nutriëntenbalans kan inzicht worden verkregen in het gebruik door de plant, de efficiëntie van bemesten en de afvoer van niet gebruikte meststoffen. Bij een nutriëntenbalans wordt berekend hoeveel aan element(en) er bemest is, hoeveel het gewas heeft opgenomen en hoeveel in het substraat achtergebleven is.

Bij een proef met *Ficus benjamina* is voor N, P en K de balans opgemaakt (Proefstation Aalsmeer, proef W. Otten). In tabel 23.1. wordt dit in cijfers weergegeven.

Het blijkt dat aan het eind van de teelt nog 35-70 % van de toegevoegde meststof in het substraat zit.

De balans wordt opgemaakt door de som van de hoeveelheid die in het begin aanwezig is in het substraat en de toegevoegde hoeveelheid, te vergelijken met de som van de hoeveelheid in het substraat en in de plant aan het einde van de teelt.

Bij deze proef bleek voor geen van de elementen de balans kloppend te zijn; steeds is een deel niet teruggevonden. De oorzaak is vermoedelijk een overschatting van de toegevoegde hoeveelheid.

Tabel 23.1. Elementgehalten voor N, P en K bij Ficus met continu vloed.

element	teelt	substraat mmol/plant	toegevoegd	plant
N	begin	49,0		
	eind	86,6	108,0	40,6
P	begin	1,6		
	eind	10,0	13,7	2,4
K	begin	2,4		
	eind	28,7	54,8	17,5

Opm: substraat = totaal analyse (adsorptie, neerslag en oplossing)  
toegevoegd = concentratie \* gemeten verdamping  
plant = wortel + bovengrondse delen

### 23.3. Voorraadbemesting

Potgrond wordt afhankelijk van het soort plant en de latere bemesting bemest met 0,5 tot 1,5 kg potgrondmeststof per m<sup>3</sup> potgrond. Deze meststoffen zijn speciaal ontwikkeld voor gebruik als voorraadbemesting in potgrond. Voorheen was 1,5 kg gebruikelijk. De tendens is nu, door de verbeterde bemestings- en watergeeftechniek, om de voorraadbemesting te verlagen tot 0,75 kg. Voor de meeste planten is het gunstig om de voorraadbemesting laag te houden, zodat niet te zoute omstandigheden voor de wortels ontstaan. In het begin van de teelt is de voedingsopname door de kleine plant gering en de gevoeligheid voor 'zout' groter. Een tweede argument om de voorraadbemesting te beperken is de dan geringere hoeveelheid NH<sub>4</sub> in het substraat omdat de meststof NH<sub>4</sub>-N bevat. Veel NH<sub>4</sub> kan nadelig zijn voor de plant door directe invloed van de NH<sub>4</sub> en indirect door veranderde voedingsopname. De NH<sub>4</sub> wordt binnen enkele weken omgezet in NO<sub>3</sub> (nitrificatie) en/of door de plant opgenomen. In beide gevallen daalt de pH van het substraat. Zaaigrond wordt bemest met maximaal 0,5 kg potgrondmeststof per m<sup>3</sup>. Stekgrond wordt niet bemest, omdat de wortelontwikkeling van stekken nadelig wordt beïnvloed door 'zout'. Maar indien stekken in de pot worden beworteld en daarin blijven staan, wordt een voorraadbemesting van 0,25-0,50 kg potgrondmeststof per m<sup>3</sup> gegeven. Stekgrond wordt ook bekalkt. De hoeveelheid varieert naar gewas en potgrond. Gedetailleerde adviezen over voorraadbemesting en bekalking staan in brochure nr. 73: "Richtlijnen voor de productie van potgronden en substraten".



### 23.4. Voedingsoplossing

Voor het bemesten tijdens de teelt worden in water opgeloste meststoffen gebruikt. Dit kunnen mengmeststoffen of enkelvoudige meststoffen zijn. In mengmeststoffen komt N voor een (soms te groot) deel als  $\text{NH}_4$  en/of ureum voor (tot 60% van N). Mengmeststoffen bevatten geen Ca. In de Ca-behoefte van de plant wordt (gedeeltelijk) voorzien door koolzure kalk die vooraf in het substraat wordt gedaan en de Ca uit het gietwater. Bemesten met steeds één enkele meststof geeft een eenzijdige bemesting. Voor een volledige bemesting, met hoofd- en spoorelementen, wordt met een aantal meststoffen in water een voedingsoplossing gemaakt. Hierbij kan met de samenstelling van het gietwater rekening worden gehouden. Ook kan het gehalte per element worden gevariëerd. De samenstelling en de concentratie van de bemesting is van het gewas en gewasstadium afhankelijk, zoals in de Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw staat. Bij voorkeur moet met iedere watergift worden bemest. Het voedingsaanbod is dan regelmatig en de totale concentratie (EC) kan dan gunstig laag zijn. Om na te gaan of zeer frequent watergeven met een lagere concentratie betere resultaten geeft dan minder frequent en met een hogere concentratie, zijn proeven gedaan. Tabel 23.2. geeft de resultaten van een proef.

Tabel 23.2. Invloed EC voedingsoplossing en watergeeffrequenties op plantlengte en -gewicht en de EC in onderste 2/3 deel potkluit (EC in  $\text{mS.cm}^{-1}$  in 1:1,5 volume-extract) bij Ficus.

EC	1,3 - 1,7				1,7 - 2,4			
	zomer		winter		zomer		winter	
watergeeffreq. keer per dag	1	4	0,5	2	1	4	0,5	2
EC in onderste 2/3 deel potkluit	0,35	0,28	0,86	0,70	0,95	0,87	1,23	1,16
plantgewicht, g	83,6	85,9	63,4	61,7	100,4	96,6	59,0	55,6
plantlengte, cm	68,3	66,7	64,4	63,8	80,3	73,9	63,1	51,7

Een hogere watergeeffrequentie verlaagt de EC in het substraat iets, maar de invloed van de concentratie van de voedingsoplossing op de EC in het substraat is groter dan die van de watergeeffrequentie. In de zomer zijn de resultaten bij bemesting 1,7 - 2,4  $\text{mS.cm}^{-1}$  beter; in de winter beter bij 1,3 - 1,7  $\text{mS.cm}^{-1}$ . Bij een watergeeffrequentie van twee en vier keer per dag zijn de resultaten minder dan bij een frequentie van 0,5 en één keer per dag (verslag nr. 22, Proeftuin 'Noord Nederland').

Uit een vergelijkbare proef met Saintpaulia (verslag nr. 1508-8 Proeftuin Lent), komen vergelijkbare resultaten: bij de gebruikte watergeeffrequenties en concentraties van de voedingsoplossing kan voor gelijke of betere resultaten niet met hogere frequenties en lagere concentraties worden gewerkt in plaats van met lagere frequenties en hogere concentraties.

### 23.5. Bemesting met speciaal doel

Het is mogelijk de plantengroei te beïnvloeden door bemesting. Dit kan met een bepaald element. Zo kan met aluminium (en een lage pH) aan een normaal roze-bloeiende hortensia een blauwe bloemkleur worden gegeven. De groei beïnvloeden kan ook met alle elementen tegelijk worden gedaan. In dit geval wordt van een hoge EC of hoge totale concentratie gesproken.

Een hoge EC in het substraat kan een groeiremming geven die niet schadelijk is, maar zelfs wenselijk is. Op Proeftuin Noord Nederland is bij Pelargonium een proef gedaan om groeiremming te krijgen met EC's van 1,8 - 3,4 in de bemesting en EC's van 0,8 - 2,7 mS.cm<sup>-1</sup> in het substraat (1:1,5 volume-extract). Dit gaf groeiremming, maar nog niet voldoende. Om perkplanten compact te houden wordt bemest met een hoge. Daarbij wordt vaak ook nog spaarzaam met water gegoten om het resultaat te versterken.

In proeven wordt nagegaan of planten compact gehouden kunnen worden door bijvoorbeeld specifiek één element in de bemesting (sterk) te verlagen. Begonnen is dit met fosfor (P) te doen bij perkplanten als Pelargonium en Petunia. Een tekort aan P remt de groei van de plant en geeft een donkere bladkleur die de uiterlijke kwaliteit niet vermindert. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld N-gebrek, waarbij de bladeren snel een te lichte kleur vertonen, zodat N voor deze vorm van groeibeïnvloeding niet toepasbaar is. Sterke verlaging van de P-bemesting om groeiremming te krijgen is op Proeftuin Noord Nederland bij potchrysaant wel ten koste gegaan van de kwaliteit (Verslag nr. 31).

### 23.6. Watergeven

Bij het watergeven zijn twee principieel verschillende manieren te onderscheiden: van onderaf en bovenaf. Bij beide principes kan het watergeefstelsel bovendien nog open of gesloten zijn.

Van onderaf kan gebeuren door bevoeiing op matten, zand en dergelijke en door eb/vloed. Van bovenaf wordt gedaan met een regenleiding of met druppelbevoeiing direct op het substraat. Bij watergeven van onderaf ontstaat een opwaartse waterbeweging. Water verdampt vanaf het potgrondoppervlak en er vindt een ophoping plaats van zouten in de top laag. Bij watergeven van bovenaf met druppelbevoeiing en/of regenleiding treedt naast de opwaartse beweging door verdamping ook een neerwaartse waterbeweging op: zouten worden (weer) naar beneden verplaatst.

In de volgende paragrafen worden een aantal factoren behandeld die invloed hebben op de verzouting bovenin het substraat.

#### 23.6.1. Watergeefmanier

Hoe en wat de verschillen zijn tussen bovenaf en onderaf watergeven in verband met de verzouting in de lagen wordt beschreven en geïllustreerd in tabel 23.3.

Bij kleine verschillen in potkluihoogte komen dus zeer grote verschillen voor in de concentratie van zouten. Bij watergeven onderaf (eb/vloed) zijn de verschillen groter dan bij watergeven bovenaf (druppelbevoeiing op de pot). Bij tweewaardige ionen (Ca, Mg en SO<sub>4</sub>) zijn de verschillen in concentratie tussen de lagen groter dan bij de eenwaardige ionen (K, Na, NO<sub>3</sub> en Cl).

Tabel 23.3. Chemische samenstelling van 10 cm hoge potkluit bij Poinsettia (EC voedingsoplossing 1,8 mS.cm<sup>-1</sup>). Concentraties in 1:1,5 volume extract. EC in mS.cm<sup>-1</sup>. Elementen in mmol per liter extract. e = eb/vloed watergeefstelsel; d = druppelbevloeiing

Hoogte potkluit in cm	pH		EC		K		Na		Ca	
	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d
8-10	5,1	4,9	6,5	1,9	23,2	5,4	12,6	1,4	7,3	4,3
6-8	6,1	5,6	1,8	1,0	8,1	3,8	2,5	1,1	1,3	1,4
4-6	7,0	5,7	1,4	1,0	6,0	4,0	1,4	0,9	1,8	1,4
2-4	6,7	5,9	1,4	1,0	5,9	4,5	1,0	0,7	1,8	1,3
0-2	5,9	6,3	2,0	1,3	8,9	5,7	1,1	0,7	3,1	1,5

Hoogte potkluit in cm	Mg		NO <sub>3</sub>		Cl		SO <sub>4</sub>		P	
	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d
8-10	9,7	1,9	38,9	11,6	12,2	1,2	7,4	1,5	5,55	2,43
6-8	1,0	0,6	11,4	7,0	2,2	0,9	1,0	0,4	0,14	0,76
4-6	0,7	0,6	10,1	6,9	1,0	0,8	0,8	0,4	0,09	0,70
2-4	0,7	0,5	10,2	7,0	0,9	0,8	0,7	0,4	0,12	0,75
0-2	1,0	0,6	12,8	9,2	1,6	0,9	1,1	0,5	0,68	0,74

### 23.6.2. Watergeeffrequentie

Naas de wijze van watergeven zijn er nog meer factoren die invloed hebben op de 'zouttoestand' in de potgrondlagen. Bijvoorbeeld de watergeeffrequentie. In een proef op het proefstation te Aalsmeer zijn verschillen in eb/vloedfrequentie aangelegd waarbij de totale vloeduur per week gelijk is gehouden (Intern Verslag nr. 68). Tabel 23.4. geeft de resultaten voor EC in de substraatlagen en het gewas.

Tabel 23.4. EC in de potgrondlagen bij de watergeeffrequenties aan het einde van de proef en gewasresultaten bij Codiaeum (EC in mS.cm<sup>-1</sup> 1:1,5 volume-extract).

Potgrondlaag	EC	
	lage frequentie	hoge frequentie
boven	4,48	5,38
midden	0,82	2,08
onder	0,62	1,22
planthoogte cm	49,6	56,7
plantgewicht g	120	160
bladopp. m <sup>2</sup> /pl	0,25	0,32

Bij één keer per week gedurende 120 min watergeven (lage frequentie) ten opzichte van 21 keer per week gedurende 6 min (hoge

frequentie) met een gelijke EC in de voedingsoplossing is de EC in alle lagen lager. Een lage frequentie en lange vloedduur lijkt de verzouting tegen te gaan, niet alleen in de bovenste laag maar nog meer in de andere lagen. De gewasresultaten zijn bij de hoge watergeeffrequentie beter dan bij de lage. Mogelijk is dit het gevolg van een betere watervoorziening bij hoge watergeeffrequentie want één keer per week watergeven is wel een érg lage frequentie. Bij meer proeven en meerdere gewassen zijn vaak betere gewasresultaten bereikt bij frequent (één keer per dag in vergelijking met drie keer per week) tot zeer frequent watergeven (drie keer per dag in vergelijking met één keer per dag, PBN-rapport nr. 45 en 84, IB-nota 182).

### 23.6.3. Verdamping substraatoppervlak

Naast watergeefmanier en watergeeffrequentie zijn er mogelijk nog meer factoren die de verzouting kunnen beïnvloeden. Deze mogelijke factoren zijn: de vloedhoogte verhogen (cq de pothoogte verlagen) en de verdamping van het potoppervlak tegengaan door afdekken. Op het proefstation te Aalsmeer is een proef bij *Codiaeum* gedaan met het afdekken met kunststofkorrels (Rapport nr. 45). Tabel 23.5. geeft het effect op de EC aan het eind van de proef.

Tabel 23.5. EC in de potgrondlagen bij niet en wel afdekken van het potgrondoppervlak en de gewasresultaten bij *Codiaeum* EC in mS/cm (1:1,5 volume-extract). -1

Potgrondlaag	EC	
	niet afdekken	wel afdekken
boven EC mS/cm	2,4	1,9
midden	1,1	1,2
onder	0,8	0,9
planthoogte cm	53	52
plantgewicht g	124	117
bladopp. m <sup>2</sup> /pl	0,24	0,22

Het afdekken heeft de verzouting van de bovenlaag wel tegengegaan ten opzichte van niet afdekken. In de andere lagen lijkt het enigszins andersom; hier zijn de EC's iets hoger bij wel afdekken. De gewasgroei is bij niet afdekken iets beter dan bij wel afdekken.

Uit bovenstaande proeven is gebleken dat, door allerlei factoren, de bovenlaag (veel) zouter is dan de andere lagen. Voor het chemisch potgrondonderzoek wordt daarom geadviseerd het potgrondmonster alleen uit het onderste 2/3 van de pot te nemen. Toch blijkt er tussen de middelste en onderste laag ook nog een verschil in zouttoestand te zijn. In het verdere onderzoek zal dit meer aandacht krijgen. Om het effect van de vloedhoogte op de zoutophoping in het onderste 2/3 deel van de potkluit na te gaan, is weer bij *Codiaeum* een proef gedaan op het Proefstation Aalsmeer door het variëren van de vloedhoogte. De resultaten staan in tabel 23.6.

Tabel 23.6. EC in onderste 2/3 deel van de potkluit bij verschillende vloedhoogten en plantgewicht bij *Codiaeum*. EC in mS.cm (1:1,5 volume-extract). De substraathoogte is 9 cm.

vloedhoogte	3 cm	6 cm
EC	0,40	0,42
plantgewicht g	93,9	90,5

De vloedhoogte blijkt maar een zeer gering effect op de EC in het onderste 2/3 deel van het substraat te hebben. Het plantgewicht is bij 6 cm vloedhoogte minder.

### 23.7. Soort plant

In de Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw zijn aan de hand van de voedingsbehoefte de meest geteelde planten ingedeeld in acht klassen. Bij de eerste vier klassen loopt de behoefte van laag naar hoog op. De vijfde klasse bestaat uit gewassen met een verhoogde K-behoefte, de Bromeliaceae. De klassen 6, 7 en 8 zijn van gewassen met een verlaagde K-behoefte, respectievelijk van Azalea, Begonia en Poinsettia. Onafhankelijk van de klassen van voedingsbehoefte zijn er klassen voor pH en zoutgevoeligheid. Voor alle klassen zijn voor het vegetatieve- en het generatieve-/afkweekstadium afzonderlijke adviezen gegeven.

De indruk bestaat dat in een vegetatief stadium van een plant er een grotere behoefte aan N is en een lagere behoefte aan K, terwijl diezelfde plant in een generatief stadium een lagere N- en een hogere K-behoefte heeft.

Voor bloeiende planten wordt onderscheid gemaakt tussen de vegetatieve fase en de generatieve en/of afkweekfase van het gewas. Bij bladplanten wordt een vegetatieve en een afkweekfase onderscheiden. Het gewas wordt dan door andere bemesting en klimaat klaargemaakt voor de afzet. De bemesting voor de generatieve en de afkweekfase is gelijk. De aangepaste bemesting voor de afkweekfase wordt geadviseerd gedurende twee tot vier weken vóór de afzet.

Toch zijn deze adviezen voor veel gewassen gelijk. Voor nog meer teeltstadium-afhankelijke en/of gewasspecifieke bemesting staan adviezen per gewas in een aparte paragraaf in de Bemestingsadviesbasis.

### 23.8. Soort substraat

Voor de samenstelling van een substraat kunnen veel materialen als toeslagstoffen/componenten worden gebruikt. Gebruikt worden onder andere boomschors en klei. Boomschors vervangt in het substraat de duurdere veensoorten. Klei wordt toegepast om bepaalde gewassen langzamer, steviger te laten groeien.

Boomschors moet voor gebruik gecomposteerd zijn. Is het te weinig gecomposteerd, dan wordt stikstof van de bemesting gebruikt om verder te composteren en kan er stikstoftekort voor de plant ontstaan. Er kan ook een te snelle compostering zijn geweest met behulp van veel stikstof. Deze stikstof kan tijdens de teelt weer

zoutschade en stikstofovermaat voor de plant veroorzaken. Boomschors bevat soms veel Mn, wat bij lage pH tot Mn-vergiftiging kan leiden. Veel potplanten zijn daar gevoelig voor. De gevoeligheid verschilt ook nog sterk per ras. Klei adsorbeert vooral fosfaat (P) en kalium (K). De P- en K-gehalten in substraat met klei zijn altijd lager dan in een vergelijkbaar substraat zonder klei. Bij de beoordeling van de juiste dosering van de potgrondmeststof aan het substraat zijn voor een substraat met meer dan 10 volume % klei normen aangelegd. Dit zijn normen voor de zogenaamde zware potgrondmengsels. Bij kleitoevoeging kan met de getallen in tabel 23.7. de geschatte verlaging van de EC, N, SO<sub>4</sub>, K en P rekening worden gehouden (Brochure nr. 73: Richtlijnen voor de produktie van potgronden en substraten).

Tabel 23.7. Geschatte procentuele verlaging van de EC en een aantal voedingsstoffen bij toevoeging van 15 en 30 volume % klei.

klei vol. %	EC %	N	SO <sub>4</sub>	K	P
15	30	35	30	60	60
30	50	60	50	70	80

### 23.9. Klimaat

Verschillen in (kas)klimaat veroorzaken verschillen in verdamping en ophoping van zouten aan/in het substraatoppervlak. Verder kunnen verschillen in klimaat cq verdamping de chemische samenstelling van het gewas beïnvloeden. Een mogelijk effect hiervan zou een betere/mindere kwaliteit (bijvoorbeeld mindere houdbaarheid of mindere transportbestendigheid) kunnen zijn.

In een proef bij *Ficus benjamina* zijn in de zomer op het Proefstation Aalsmeer vier verschillende klimaten aangelegd door middel van verschillende luchtvochtigheden. De luchtvochtigheden zijn bereikt door water te vernevelen. Bij behandeling 1 is het klimaat het droogst en bij 4 het vochtigst.

Om na te gaan of de concentratie van de bemesting van invloed kan zijn op de chemische samenstelling van het gewas in samenhang met het klimaat, zijn twee concentraties gebruikt: 1,4 en 2,4 mS.cm<sup>-1</sup>. De watergift is bij alle behandelingen één keer per dag geweest. De effecten van de behandelingen op de chemische samenstelling van de potgrond kunnen als volgt worden samengevat: de verschillende klimaten gaven geen verschillen in de EC's en elementgehalten. De planthoogte is bij beide EC's het laagst bij het droogste klimaat (1). Het versgewicht is het hoogst bij het vochtigste klimaat (4) en bij de lage bemesting (EC 1,4 mS.cm<sup>-1</sup>). Het droge stof-percentages is tegengesteld aan het versgewicht: het hoogst bij EC 2,4 mS.cm<sup>-1</sup> bemesting en bij het droogste klimaat.

De invloed van de verschillende klimaten en de bemestingen op de chemische samenstelling van het gewas wordt in tabel 23.8. gegeven.

Tabel 23.8. Chemische samenstelling van volgroeid blad bij *Ficus benjamina* bij verschillende klimaten en concentraties (EC in mS.cm<sup>-1</sup>) van een bemesting.

EC	klimaat	N-tot. mmol.kg <sup>-1</sup>	P <sub>1</sub> mmol.kg <sup>-1</sup>	K droge stof	Mg	Ca	K-sap mmol.l <sup>-1</sup>
1,4		1912	87	746	124	589	166
2,4		1715	83	741	107	504	184
	1	1811	81	792	107	563	187
	2	1810	94	745	122	543	177
	3	1811	84	720	118	540	168
	4	1823	82	716	114	540	169

Er is verschil in chemische samenstelling door de bemesting bij N-totaal, Mg en Ca en K-sap. De gehalten voor N-totaal, Mg en Ca zijn bij 1,4 mS.cm<sup>-1</sup> hoger en voor K-sap lager.

Door klimaat is er verschil bij P, K en K-sap; het gehalte voor P is bij klimaat 2 hoger, K en K-sap zijn bij het droogste klimaat (1) hoger dan bij meer vochtige klimaten (3 en 4).

Er is bij *Ficus* in deze proef geen afname van de Ca-opname geweest bij toenemend vochtig klimaat, zoals bij andere gewassen wel bekend is uit literatuur en praktijk.

## 24. BEMESTINGSADVIES VOOR TEELTEN IN STEENWOL VIA DE COMPUTER

In dit hoofdstuk wordt het bemestingsadvies voor teelten in steenwol beschreven aan de hand van het bemestingsadvies voor tomaat in gesloten teeltsystemen. Voor andere teeltwijzen of gewassen verloopt de advisering op analoge wijze. Deze adviezen staan vermeld in de "Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw" uitgegeven door het Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw.

### 24.1. Bemestingsadvies

Voor het opstellen van bemestingsadviezen voor teelten in steenwol moeten de volgende gegevens beschikbaar zijn: de analysecijfers, de standaardvoedingsoplossing voor het betreffende gewas en de kwaliteitskenmerken van het gietwater dat wordt gebruikt.

Het principe van het regelen van het bemestingsadvies voor teelten in steenwol berust op waardering van analysecijfers omgerekend naar een bepaalde EC-waarde (EC(c)). Deze EC-waarde wordt per gewas vastgesteld.

Verder zijn per gewas voor alle elementen streefcijfers en grenzen vastgesteld bij EC(c). Bij afwijkingen van de analysecijfers buiten de vastgestelde grenzen vindt aanpassing plaats van de toegediende voedingsoplossing op basis van daarvoor vastgestelde normen.

De aanpassingen worden verwerkt in de standaardvoedingsoplossing. Waardering en advisering van de EC, Na en Cl vindt onafhankelijk van de andere analysecijfers plaats.

Tabel 24.1. Standaardvoedingsoplossing voor tomaat in gesloten systemen EC(c) = 2,7.

NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
1,0	6,5	2,75	1,0	10,75	1,5	1,25	15	10	4	20	0,75	0,5

Tabel 24.2. Streefcijfers tomatenteelt op basis van EC(c).

NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	pH	Fe	Mn	Zn	B	Cu
<0,5	7,0	7,0	3,5	17,0	5,0	0,70	5,5	25,0	5,0	7,0	50,0	1,0

### 24.2. Analysecijfers

Het advies wordt gebaseerd op de analysecijfers verkregen uit het onderzoek van de voedingsoplossing uit het wortelmilieu. De gehalten aan kationen en anionen worden uitgedrukt in mmol per liter, de gehalten aan spoorelementen in umol per liter en de EC in mS.cm bij 25°C. Bij de advisering worden de volgende bepalingen betrokken:

- Kationen: K, Na, Ca, Mg.
- Anionen : NO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, P.
- Spoorelementen: Fe, Mn, Zn, B, Cu.
- EC.
- pH, NH<sub>4</sub> en HCO<sub>3</sub>.



### 24.3. Waardering analysecijfers

Bij de waardering van de analysecijfers wordt uitgegaan van een beoordeling per gewas. De beoordeling vindt plaats op basis van de vastgestelde EC(c)-waarde.

De EC-waarde die bij analyse wordt gevonden, wordt gecorrigeerd op Na of Cl. Dit wordt gedaan door de hoogste waarde van deze twee te nemen en met 0,1 te vermenigvuldigen. Deze waarde wordt in mindering gebracht op de EC-waarde die bij de analyse wordt gevonden. Deze gereduceerde EC-waarde wordt EC(v) genoemd.

De waardering op basis van EC(c) wordt verkregen door de analysecijfers te vermenigvuldigen met de factor EC(c)/EC(v). Van deze vermenigvuldiging worden Na, Cl, HCO<sub>3</sub> en Mn uitgesloten. Na, Cl en HCO<sub>3</sub> worden niet beïnvloed door het niveau van de EC. HCO<sub>3</sub> hangt wel sterk samen met het pH-niveau. Met Mn is dit ook vrij sterk het geval, omdat bij hoge pH mangaanoxidatie kan optreden.

Bij de waardering van de analysecijfers worden alleen duidelijk afwijkende waarden gesignaleerd. Bij bepaalde exceptionele waarden wordt geen advies gegeven binnen het gehanteerde adviessysteem (AVW).

De waardering van de pH is afhankelijk van het NH<sub>4</sub>- en HCO<sub>3</sub>-gehalte dat bij de analyse wordt gevonden. Grenswaarden zie tabel 24.3.

Tabel 24.3. Waardering gecorrigeerd op EC(c).

Element		NH <sub>4</sub>	K	Na*	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	Cl*	SO <sub>4</sub>	P
laag	<		5,0		5,0	2,5	13,0		1,5	0,50
hoog	>	0,5	8,0	8,0	8,0	4,5	21,0	8,0	6,5	1,50
-----										
Buiten AVW	<		3,0		3,0	1,0	7,0		1,5	0,1
Buiten AVW	>	1,0	14,0	10,0	14,0	6,0	25,0	10,0	7,5	3,0

Element		HCO <sub>3</sub> *	EC	pH	Fe	Mn*	Zn	B	Cu
laag	<		2,0*	5,0**	19,0	3,0	5,0	35,0	0,5
hoog	>	1,0	4,0*	6,5	35,0	10,0	10,0	65,0	1,5
-----									
Buiten AVW	<		1,5*	6,0***	10,0	0,5	1,5	10,0	
Buiten AVW	>	2,0	5,0	7,5	75,0	20,0	50,0	115,0	6,0

\* Geen correctie EC(c)    \*\* HCO<sub>3</sub> < 0,5    \*\*\* HCO<sub>3</sub> > 0,5

### 24.4. Voedingsoplossing

Voor elk gewas is een standaardvoedingsoplossing beschikbaar. Per bedrijf dient echter ook een schanummer bekend te zijn. Een schanummer is gebaseerd op de waterkwaliteit. In principe bestaan er twee series schanummers, de A- en B-serie. De A-serie wordt gebruikt voor watersoorten die vrijwel uitsluitend Ca, Mg en HCO<sub>3</sub> bevatten. Een schanummer uit de A-serie is opgebouwd uit drie codes: de eerste code voor de hoeveelheid HCO<sub>3</sub>, de tweede code voor de hoeveelheid Ca en de derde code voor de hoeveelheid Mg. De hoeveelheden zijn voor eenwaardige ionen uitgedrukt in 1/2 mmolen

en voor tweewaardige ionen in 1/4 mmolen. De waarde van de eerste code moet gelijk zijn aan de som van de tweede en derde code. De codenummers van de B-serie bestaan uit zes cijfers en worden gebruikt voor water dat naast HCO<sub>3</sub>, Ca en Mg ook SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> of K bevat. De uitdrukking van de hoeveelheden in codecijfers is dezelfde als bij de A-serie. De anionen- en kationensom van de correcties moeten weer gelijk zijn (waarde van de eerste + vierde + vijfde moet gelijk zijn aan die van de tweede + derde + zesde).

#### 24.5. Aanpassing voedingsoplossing

De voedingsoplossing wordt aangepast als de gecorrigeerde analysecijfers te veel afwijken van de streefwaarde. Aanpassingen vinden plaats op basis van de grenzen vermeld in de tabellen 24.4. en 24.5. De grootte van de aanpassingen staan in tabel 24.6. De aanpassing voor de hoofdelementen vindt plaats in mmol per liter en voor de spoorelementen in procenten van de toegediende hoeveelheid. De aanpassingen worden gecorrigeerd op de standaardvoedingsoplossing (tabel 24.1). De aanpassing van het element P in het traject waar extra wordt gedoseerd, is afhankelijk van de pH.

Tabel 24.4. Grenzen voor aanpassingen hoofdelementen bij EC(c).

	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P
1	< 4,0	< 4,0		<10,5		
2	4,0- 4,9	4,0- 4,9	<2,5	10,5-12,9	<3,5	< 0,50
3	5,0-8,0	5,0- 8,0	2,5-4,5	13,0-21,0	3,5-6,5	0,50-1,50
4	8,1-11,0	8,1-11,0	>4,5	21,1-23,5	>6,5	> 1,50
5	>11,0	>11,0		>23,5		

Tabel 24.5. Grenzen voor aanpassingen spoorelementen bij EC(c).

	Fe	Mn*	Zn	B	Cu
1	<15		<3,0	<15,0	<0,30
2	15-18	<3,0	3,0-4,9	15,0-34,0	0,30-0,49
3	19-35	3,0-10,0	5,0-10,0	35,0-65,0	0,50-1,50
4	36-50	11,0-15,0	11,0-15,0	66,0-90,0	1,51-2,50
5	>50	>15,0	>15,0	>90,0	>2,50

\* geen correctie op Ec(c)

Tabel 24.6. Aanpassingen.

	Hoofdelementen in mmol.l. <sup>-1</sup>						Spoorelementen in %					
	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	
1+	4,0	2,0		4,0			1+	50		50	50	50
2+	2,0	1,0	0,75	2,0	0,75	0,25**	2+	25	25	25	25	25
3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
4-	2,0	1,0	0,5	2,0	1,25	0,25	4-	25	25	25	25	25
5-	4,0	2,0		4,0			5-	50	50	50	50	50

\*\* Als pH <6,5 0,5

Als K noch Ca aanpassing behoeven op basis van de hiervoor omschreven normen, wordt voor bepaalde gewassen alsnog de K/Ca-verhouding gecontroleerd. De correctie die aangebracht wordt en de K/Ca-waarde waarbij dit gebeurt zijn vermeld in tabel 24.7.

Tabel 24.7. Extra aanpassing ionen.

<u>Factor K/Ca &gt; 1.5</u>	
analysecijfer	
K	Ca
5,0-8,0	5,0-8,0
aanpassing	
- 1,0	K
+ 0,5	Ca

Na correctie is het mogelijk dat de kationensom ongelijk is aan de anionensom. Dit wordt gecorrigeerd door de ionensom terug te brengen op het oorspronkelijke niveau door middel van evenredige vereffening. Van deze vereffening worden  $\text{NH}_4$  en  $\text{H}_2\text{PO}_4$  uitgesloten.  $\text{NH}_4$  omdat dit gebruikt wordt voor het regelen van de pH en  $\text{H}_2\text{PO}_4$  omdat dit bij hoge concentratie in te grote hoeveelheden opgenomen kan worden. Bij een eventuele aanpassing van deze ionen wordt ook de aanpassing buiten de vereffening gehouden en wordt deze relatief verrekend over de andere ionen. Bij aanpassing van de druppel-EC wordt dit alleen verrekend over de hoofdelementen.

Op basis van het schanummer voor waterkwaliteit worden de aanwezige elementen in mindering gebracht. Uiteindelijk worden alle elementen weer terug gerekend naar de standaard EC. Aanpassingen moeten doorgaans niet langer dan twee weken worden gehandhaafd. Uitgebreide informatie is te vinden in de brochure no. 83, Chemische begrippen voor bemesting bij planteteelt zonder aarde.

#### 24.6. EC-advisering

Een te hoge of te lage EC wordt alleen gesignaleerd op basis van de waarden vermeld in tabel 24.3.

#### 24.7. Na- en Cl-advisering

Indien Na of Cl de waarden overschrijden vermeld bij de norm hoog, dan wordt geadviseerd door te spoelen.

#### 24.8. Waardering en aanpassing pH

De waardering van de pH vindt plaats volgens waarden vermeld in tabel 24.3. Maatregelen die getroffen worden bij te lage of te hoge pH zijn als volgt.

Bij te lage of te hoge waarden zal eerst worden geadviseerd om de pH van het druppelwater te verhogen respectievelijk te verlagen. Dat mag tot waarden binnen 5,0 en 6,2. Een maatregel om de pH in het wortelmilieu te verhogen is de  $\text{NH}_4$  uit de oplossing weglaten en in extreme gevallen kan  $\text{KHCO}_3$  worden gedoseerd. Dit mag echter niet in combinatie met de voedingsoplossing. Een extra maatregel om de pH te verlagen is het toedienen van meer ammoniumnitraat. Combinatie van pH met  $\text{NH}_4$  en  $\text{HCO}_3$  die voorkomen staan in tabel 24.8.

Tabel 24.8. Voorkomende combinaties van pH met  $\text{NH}_4$  en  $\text{HCO}_3$

$\text{NH}_4$	$\text{HCO}_3$	pH				
		<5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7,5
<0,5	<0,5	1	-	-	-	6
	0,5-1,0	*	*	-	6	7
	>1,0	*	*	6	7	8
0,5-1,0	<0,5	1	-	-	-	6
	0,5-1,0	*	*	-	-	6
	>1,0	*	*	-	6	7
1,0-1,5	<0,5	1	1	-	-	2
	0,5-1,0	*	*	-	-	6
	>1,0	*	*	-	2	6
1,5-2,0	<0,5	5	5	3	3	4
	0,5-1,0	*	*	3	3	4
	>1,0	*	*	3	4	4

- - Geen aanpassingen nodig

\* - Onwaarschijnlijke combinatie

1-8 - Verwijzing naar opmerking 1-8 hieronder beschreven

1. Zo mogelijk de pH van het druppelwater verhogen, echter niet boven 6,2. De ammoniumnitraat uit de voedingsoplossing weglaten (indien aanwezig). Eventueel afzonderlijk (zonder voedingsoplossing) kalibicarbonaat doseren ( $\text{EC } 1,0 \text{ mS.cm}^{-1}$ ).
2. Zo mogelijk de pH van het druppelwater verlagen, echter niet beneden 5,0.
3. Het hoge  $\text{NH}_4$  cijfer zal samenhangen met de vrij korte tijd tussen het verzadigen van de matten en het nemen van het monster. De pH zal doordoor de komende tijd gaan dalen. Het is niet nodig extra maatregelen te treffen.
4. Het hoge  $\text{NH}_4$  cijfer zal samenhangen met de vrij korte tijd tussen het verzadigen van de matten en het nemen van het monster. Het is niet aan te raden de hoeveelheid ammoniumnitraat te verhogen.  
Wel is het gezien de hoge pH raadzaam de pH van het druppelwater te verlagen, echter niet beneden 5,0.
5. Het hoge  $\text{NH}_4$  cijfer zal samenhangen met de vrij korte tijd tussen het verzadigen van de matten en het nemen van het monster. De pH zal daardoor de komende tijd verder gaan dalen. Laat voorlopig alle ammoniumnitraat uit de voedingsoplossing weg.



Tabel 24.11. Omschrijving tijdstip teeltaanpassing

---

Tijdstipcode

---

1. Natmaken nieuwe matten (substraat).
  2. Startschema tot bloei 1e tros.
  3. Geen aanpassingen (standaardschema).
  4. Vanaf bloei 1e bloem 3e tros.
  5. Vanaf bloei 1e bloem 5e tros.
  6. Vanaf bloei 1e bloem 10e tros.
  7. Vanaf bloei 1e bloem 12e tros geen aanpassingen (standaardschema).
- 

Verder gelden algemene opmerkingen over aanpassingen. De volgende maatregelen kunnen bij verschillende gewassen worden toegepast.

1. Het voldruppelen van de matten.  
Hierbij wordt  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , K, Ca, Mg en B in de voedingsoplossing aangepast en in overeenstemming gebracht met de streefcijfers.
2. Bij de start van de teelt.  
Gedurende een aantal weken wordt extra Ca, minder K en in sommige gevallen extra Mg gegeven.
3. Bij vruchtgewassen bij zware vruchtdracht, en bij snijbloemen bij het opkomen van de snede.  
Gedurende een aantal weken extra K en  $\text{NO}_3$  geven.
4. Bij teelten in stromend water wordt 35  $\mu\text{mol}$  Fe per liter gedoseerd. Het streefcijfer op basis van EC(c) wordt dan 35  $\mu\text{mol}$  Fe per liter.  
De waardering laag, hoog wordt respectievelijk 25 en 45 mol per liter. De grenzen voor aanpassing zijn:
  1. < 18
  2. 19 - 24
  3. 25 - 45
  4. 46 - 60
  5. > 60De grens voor beperkt volume steenwol is 3 liter steenwol per m<sup>2</sup> kasoppervlakte.
5. Advisering silicium.  
Sommige gewassen reageren gunstig op Si-toediening. De standaard dosering is bijvoorbeeld voor komkommer 0,75 mmol per liter, uitgaande van de meststof kalimetasilicaat. De hoeveelheid Si in het gietwater wordt in rekening gebracht, met aftrek van 0,2 mmol per liter.  
De streefwaarde voor het Si gehalte in het wortelmilieu is 0,6 mmol per liter. De grenswaarden voor de waardering zijn voor laag en hoog respectievelijk 0,4 en 0,8 mmol per liter.  
De volgende aanpassingen worden geadviseerd.

Grenzen voor aanpassing:	Aanpassing:
--------------------------	-------------

1. < 0,3	+ 0,5
----------	-------

2. 0,3 - 0,4	+ 0,25
--------------	--------

3. 0,4 - 0,8	0
--------------	---

4. 0,8 - 0,9	- 0,25
--------------	--------

5. > 0,9	- 0,5
----------	-------

6. Bij gebruik van vaste kalksalpeter, bij de aanpassing voor het natmaken van het substraat zoveel  $\text{NH}_4$  weglaten als mogelijk is in het meststoffenrecept.

Gerichte informatie over deze aanpassingen staat in de brochures uit de serie Voedingsoplossingen glastuinbouw.

## 25. SILICIUM

### 25.1. Inleiding

Silicium (si) is een van de meest voorkomende elementen op aarde. Ongeveer 20% van de aardkorst bestaat uit Si. Veel gesteenten en de daaruit ontstane verweringsprodukten zoals zand en klei bestaan uit Si-verbindingen, zoals bijvoorbeeld kwarts ( $\text{SiO}_2$ ) of kaliveldspaat ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ).

Siliciumverbindingen zijn in de bodem zeer slecht oplosbaar. Via verwerking van met name kleimineralen komt er een geringe hoeveelheid in de bodemoplossing terecht.

In de biosfeer speelt Si een beperkte rol. Het behoort niet tot de essentiële elementen. Toch zijn er plantesoorten die niet buiten dit element kunnen en bij andere heeft Si een positief effect. Rijst is een belangrijk landbouwkundig gewas waarvoor Si essentieel is. Ook bij de tweezaadlobbigen is bij de komkommerachtigen en bij vertegenwoordigers van de rozenfamilie vastgesteld dat Si effect heeft.

In dit hoofdstuk wordt na een aantal algemene paragrafen over de chemie en de functie in de plant, ingegaan op de rol van Si bij komkommer en roos aan de hand van onderzoeksresultaten.

### 25.2. Chemie van silicium

De siliciumchemie is tamelijk uitgebreid. Gezien de plaats van het element in het Periodiek Systeem (naast koolstof) lijkt de chemie enigszins op die van koolstof. De overeenkomstige verbindingen vertonen echter grote verschillen in eigenschappen. Denk maar eens aan het verschil tussen  $\text{CO}_2$  en  $\text{SiO}_2$  (koolzuurgas en kwartzand). Het komt er op neer dat vrijwel alle Si-verbindingen zeer slecht oplosbaar zijn.

De meest stabiele verbinding is siliciumdioxide  $\text{SiO}_2$ , ook wel kwarts genoemd. Zand bestaat voor een groot gedeelte uit kwartsdeeltjes. In puur zand is weinig Si voor de plant beschikbaar, omdat de oplosbaarheid van kwarts uiterst gering is. Kleimineralen bestaan uit silicaten, zoals bijvoorbeeld kaliveldspaat ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ). Door inwerking van  $\text{CO}_2$  uit plantewortels wordt dit uiteindelijk omgezet in kiezelzuur ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) en aluminiumhydroxide ( $\text{Al(OH)}_3$ ) en kaliumionen.

In water opgelost is Si vrijwel uitsluitend als kiezelzuur of een daarvan afgeleide verbinding aanwezig. Het gedrag van kiezelzuur is tamelijk ingewikkeld. Het is in ieder geval sterk afhankelijk van de pH. Het is een uiterst zwak zuur en wordt daarom ook wel geschreven als  $\text{Si(OH)}_4$ . Bij pH-waarden die voor de groei van planten optimaal zijn (globaal genomen tussen 5 en 6) is praktisch alle kiezelzuur in de vorm van  $\text{Si(OH)}_4$  aanwezig en dus niet geïoniseerd. Verder gaan kiezelzuurmoleculen gemakkelijk een binding aan met elkaar, waarbij dan korte ketens gevormd waarbij van enkele (2-10)  $\text{SiO}_2$  moleculen. Deze verbindingen slaan gemakkelijk neer. Dit is afhankelijk van de kiezelzuurconcentratie, de pH en de



aanwezigheid van andere ionen (Ca of Mg). Dit neergeslagen of uitgevlokte silicium wordt ook wel 'amorf silica' genoemd. Amorf silica kan voorgesteld worden door de algemene formule  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

Bij pH-waarden rond 5 - 6 is de maximale oplosbaarheid van kiezelzuur circa 2 mmol per liter. Bij extreem hoge pH-waarden neemt de oplosbaarheid sterk toe. Bij pH<sub>2</sub>-waarden boven 9 à 10 komen dan ook silicaat ionen voor, zoals  $\text{SiO}^-$  of  $\text{HSiO}^-$ .

Kaliwaterglas is een oplossing van kiezelzuur en kaliloog. Dit mengsel heeft een zeer hoge pH (<10). Voegt men dit toe aan een voedingsoplossing, dan heeft dit een sterke pH-stijging tot gevolg. Verlaagt men vervolgens de pH door toevoeging van salpeterzuur dan vlokt gemakkelijk een deel van de silica uit, omdat kaliwaterglas voor een belangrijk gedeelte uit grotere moleculen bestaat.

Polysilicaten zijn industrieel vervaardigde lange ketens silica. Het zijn in feite bolvormige deeltjes. Polysilicaten zijn betrekkelijk stabiel, hoewel de stabiliteit ook sterk pH afhankelijk is. Bij pH waarden rond 6 bereiken ze de laagste stabiliteit en kunnen dan uitvlokken. Hoe kleiner de polysilicaat deeltjes, hoe gemakkelijker het neerslag ontstaat. Overigens zijn de polysilicaten zo stabiel, dat er bij toediening in een voedingsoplossing weinig Si voor de planten ter beschikking komt.

Kalimetasilicaat is net als kaliwaterglas een mengsel van KOH en  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  met een verhouding van 2 mol K op 1 mol Si. Bij deze verhouding is alle silica als monomeer aanwezig. Bij verdunning is een voedingsoplossing en aanzuren tot een pH tussen 5 en 6, treedt in tegenstelling met kaliwaterglas géén uitvloking op omdat alleen monomeer kiezelzuur ontstaat. Het nadeel van kalimetasilicaat en kaliwaterglas als meststof is dat ze vanwege uitvloking niet in combinatie met de andere meststoffen in de A- en B-bak kunnen worden toegediend. Polysilicaten daarentegen kunnen wel in een geconcentreerde mestoplossing worden toegediend.

### 25.3. Functie in de plant

Hoewel en in welke vorm planten Si opnemen is onduidelijk. In de literatuur wordt meestal vermeld dat opname plaatsvindt in de vorm van het ongeladen kiezelzuur. Hieraan is echter weinig onderzoek gedaan. Het ligt wel voor de hand aangezien dit de enige vorm is die, althans bij normale pH-waarden, in water oplosbaar is.

Uit onderzoek blijkt dat 90 % van het door planten opgenomen Si zich in bovengrondse plantedelen bevindt. Het overgrote deel daarvan komt in het blad voor en bij de grassen ook in de bloeiwijze. De stengel bevat ongeveer 10 % van het totaal. In de plant wordt Si voornamelijk gevonden in de vorm van zogenaamde phytolieten. Deze phytolieten zijn kristallen van een voor elke plant karakteristieke vorm. Ze bestaan uit uitgekristalliseerd silicaat en bevinden zich in de celwanden en de ruimten tussen de cellen (intercellulaire holten). Vooral de wanden van de epidermiscellen (de buitenste cellaag van de bladeren) bevatten veel Si. Deze phytolieten zijn in staat water te binden of weer af te geven en kunnen zo fungeren als waterbuffer. Speciaal

uitsteeksels aan planten zoals haren en stekels (brandnetel, komkommer) en ook de bladranden bevatten veel van deze phytolieten. Vooral bij grasachtigen wordt duidelijk wat het gevolg is als de celwanden verstevigd worden met Si. Het blad is dan zo hard en scherp dat men gemakkelijk de handen eraan kan open halen. Schaafstro (paardestaartfamilie), dat in Nederland in het wild voorkomt bevat zoveel Si, dat het vroeger gebruikt werd om er hout mee te schuren.

De rol van Si in de fysiologie van de plant is nog niet geheel duidelijk. Wel zijn er een aantal effecten bekend geworden uit proeven waarbij planten geteeld zijn met en zonder toevoeging van Si. het bleek dat met Si minder aantasting voorkwam van schimmelziekten (meeldauw, roest). Warschijnlijk verhoogt Si de stevigheid van de cellen van de opperhuid, zodat schimmelsporen minder kans hebben in het planteweefsel door te dringen. Soms werd ook gevonden dat insecten minder trek hadden in het blad van planten geteeld met extra Si. Bij rijst was er verder een duidelijk effect op de stevigheid van de stengel en treedt legering minder op. Bij komkommer is aangetoond dat de fotosynthese verhoogd werd door Si.

#### 25.4. Toepassing in tuinbouw

##### 25.4.1. Onderzoek bij komkommer

Uit publikaties van Japanse onderzoeken begin jaren '80 bleek een positief effect van Si op de groei en produktie bij komkommers in watercultuur. Naar aanleiding van deze publikatie is eerst een inventarisatie gedaan naar de Si-gehalten in komkommersgewassen geteeld in grond en substraat. Bij de gewassen die in de grond geteeld werden was het gehalte circa 400 à 500 mmol.kg<sup>-1</sup> droge stof bij substraatteelten slechts 10 - 40 mmol.kg<sup>-1</sup> droge stof. Naar aanleiding hiervan werd onderzoek gedaan naar de effecten van Si-dosering bij komkommers geteeld in substraat. Bij dit onderzoek zijn een aantal aspecten bekeken.

##### *Opneembaarheid*

Vergelijkingen zijn uitgevoerd met diverse Si-vormen. In tabel 25.1. zijn Si-gehalten weergegeven van komkommerblad afkomstig van planten die geteeld zijn met verschillende Si-vormen. het blijkt dat de polysilicaten of Silica-solen slecht opneembaar zijn vergeleken met andere vormen. Wel neemt de opneembaarheid toe naarmate de deeltjesgrootte afneemt. Ook het Si dat uit rijstkaft vrijkomt blijkt goed opneembaar te zijn. Dit geldt ook voor het Si dat in bronwater aanwezig is. Uit vergelijkingsproeven van Si-houdend bronwater met regenwater aangevuld met een gelijke Si-concentratie als metasilicaat gaf overeenkomstige Si-gehalten in het gewas. Bij de toepassing van (bron)-water dient daarom de in het water aanwezige Si verrekend te worden met de toe te dienen concentratie.

Tabel 25.1 Effect Si-vorm op de opneembaarheid bij komkommer.

Si-gehalte blad (mmol/kg droge stof)	
<u>Proef 1</u>	
Controle (géén Si)	70
Kalimetasilicaat	368
lithiumsilicaat	308
Solica-sol 20 nm	68
15 nm	177
<u>Proef 2</u>	
Controle (géén Si)	60
Kaliwaterglas	420
Natriummetasilicaat	392
Silica-sol 20 nm	86
<u>Proef 3</u>	
Controle (géén Si)	8
Silica-sol 20 nm	16
Silica-sol 15 nm	27
Silica-sol 10 nm	63
Kalimetasilicaat	135

*Stabiliteit*

Niet alle Si-verbindingen blijken even stabiel. Vooral bij toepassing van kaliwaterglas blijkt dat zich tijdens de teelt verstoppingsproblemen voordoen van het watergeefstelsel. Dit blijkt uit tabel 25.2., waar de variatiecoëfficiënt van de druppelbevloeiing is weergegeven, in een proef met verschillende Si-vormen.

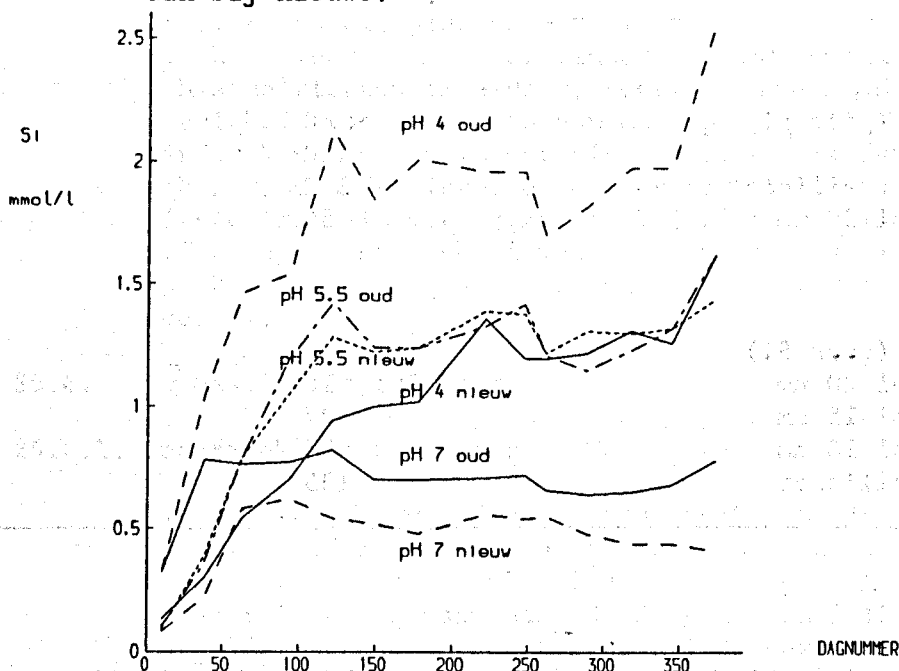
Tabel 25.2. Resultaten van waterafgifte metingen, de variatiecoëfficiënt en het aantal reinigingen in een proef met verschillen Si-vormen.

Si-vorm	Waterafgifte liter per uur	variatie coëfficiënt	aantal reinigingen
Controle	1,6	9,3	4
Silica sol 1 mmol.l <sup>-1</sup>	1,5	8,4	4
Silica sol 3 mmol.l <sup>-1</sup>	1,5	14,0	4
Kaliwaterglas 1 mmol.l <sup>-1</sup>	1,2	17,3	11
Kalimetasilicaat 1 mmol.l <sup>-1</sup>	1,5	6,6	5
Lithiumsilicaat 1 mmol.l <sup>-1</sup>	1,5	8,0	5

Ondanks de frequentie reiniging is er bij kaliwaterglas sprake van een lagere afgifte en een hoge v.c. De overige si-vormen voldoen beter.

*Vrijkomen uit het substraat*

Uit substraatmaterialen kan soms veel Si vrijkomen. Dit is bijvoorbeeld het geval in mengsels met rijstkaf. In proeven werd gevonden dat de concentratie van het vocht in het wortelmilieu bij rijstkaf of mengsels hiervan met veen gemiddeld 0,7 mmol per liter bedroeg. Bij steenwol komt in de loop van de tijd ook Si vrij uit de vaste delen. Dit blijkt sterk afhankelijk te zijn van de pH en de ouderdom van de mat (figuur 25.1). Naarmate de pH lager is komt meer Si in oplossing. Dit is sterker het geval bij oude, gebruikte matten dan bij nieuwe.



Figuur 25.1. Verloop Si-gehalte in nieuwe en gebruikte steenwolmatten bij drie pH-niveaus.

*Effecten op groei en produktie*

Uit diverse proeven is gebleken dat dosering van Si bij komkommers produktieverhogend kan werken (tabel 25.3).

Tabel 25.3. Samenvatting van proefresultaten met Si-toevoeging aan de voedingsoplossing bij komkommer in steenwol.

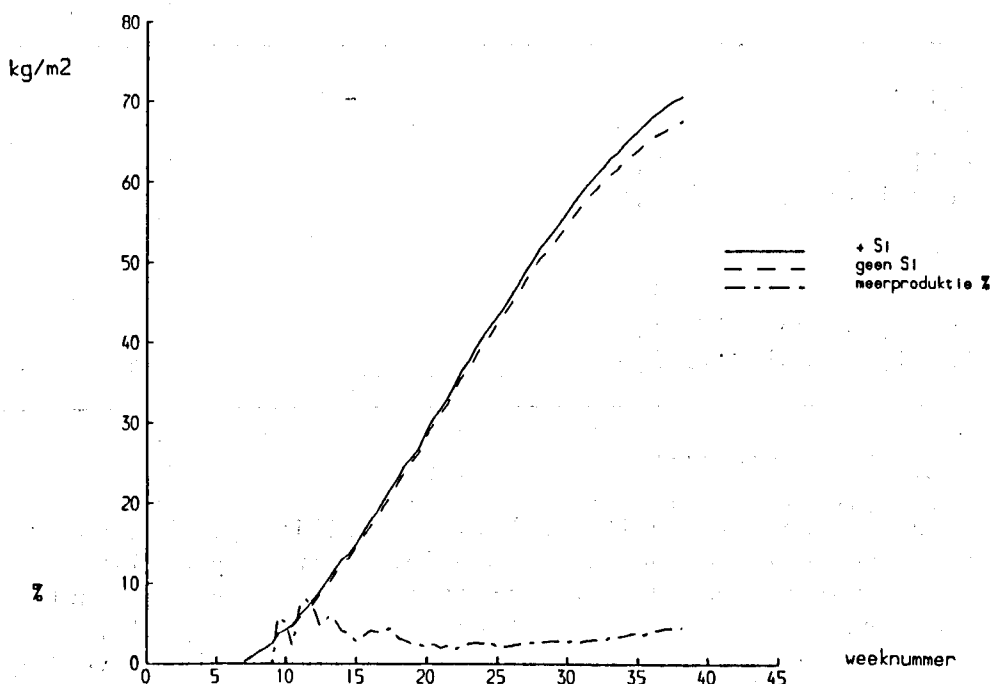
Proefjaar	Produktie kg.m <sup>-2</sup>			Si-vorm	Opmerkingen
	geen si	wel Si	P		
1984	31,0	32,4	n.s.	polisilicaat	lage gehalten
1985	28,9	29,4	n.s.	kaliwaterglas	verstoppingen
1986	33,4	39,4	0,05	kaliwaterglas	verstoppingen
1988	43,4	36,1	0,05	kaliwaterglas	recirculatie
1989	31,8	36,8	0,05	kalimetasilicaat	recirculatie
1990	58,8	62,2	0,10	kalimetasilicaat	praktijkproef
1991	67,8	70,9	0,10	kalimetasilicaat	praktijkproef
1991	8,2	10,3	0,05	kalimetasilicaat	herfststeelt

Met uitzondering van de eerste jaren zijn voortdurend betrouwbare produktieverschillen naar voren gekomen ten gunste van Si-dosering. In de eerste jaren is niet met de juiste Si-bron gewerkt, ofwel vanwege slechte opneembaarheid (polysilicaat 1984) of omdat ernstige verstoppingsproblemen zijn opgetreden (kaliwaterglas). Ook bij proeven op praktijkbedrijven was het produktie-effect duidelijk aanwezig (1990/1991).

Bij proeven op het PTG werd zowel effect op het gemiddeld vruchtgewicht als op het aantal vruchten gevonden. Bij de praktijkproeven bleek echter zeer duidelijk dat niet het aantal vruchten maar vooral het vruchtgewicht verschilde (zie tabel 25.4.). Gezien de consequente wijze van oogsten in de praktijk lijkt het waarschijnlijk dat vooral de uitgroeiduur positief wordt beïnvloed door Si.

Tabel 25.4. Effect op produktie en gemiddeld vruchtgewicht komkommer bij een tweetal proeven.

	geen Si	wel Si
<u>Praktijk 1992</u>		
Produktie kg.m <sup>-2</sup>	67,8	70,9
Aantal vruchten.m <sup>-2</sup>	130	130
Gemiddeld vruchtgewicht, g	520	544
<u>PTG 1991</u>		
Produktie kg.m <sup>-2</sup>	8,4	10,9
Aantal vruchten	17,8	21,1
Gemiddeld vruchtgewicht, g	459	484



Figuur 25.2. Cumulatief produktieverloop bij een praktijkproef met Si dosering met komkommer.

Figuur 25.2. geeft een voorbeeld van het oogstverloop van een van de praktijkproeven. Daaruit blijkt dat de produktie-effecten al vrij snel na de start van de teelt zichtbaar worden. Ook een proef met een betrekkelijke korte herfstteelt bevestigt dat ook over korte groeiperiode Si positief werkt (1991).

*Effecten op planteziekten*

In de literatuur wordt regelmatig melding gemaakt van het effect dat Si de weerstand tegen allerlei schimmelziekten verhoogt. Daarbij blijkt het vooral te gaan om schimmels die via de opperhuis van de plant infecteren. In het onderzoek bij komkommer is hiernaar gekeken. De waarnemingen hebben zich beperkt tot het tellen van meeldauwkolonies of aan het geven van een waarderingscijfer voor de mate van aantasting.

Ook Botrytisaantastingen zijn op deze wijze gewaardeerd. In tabel 25.5 is een overzicht gegeven van een aantal van deze waarnemingen. Si blijkt een volledige weerstand tegen schimmels te geven. Wel is duidelijk dat Si de aantasting beperkt. Gegevens van een herfstteelt met verhoogde dosering over een korte periode geeft aanwijzingen dat extra Si de weerstand tegen meeldauw verder verhoogt. Ook werd soms effect op botrytisaantasting gevonden. Overigens werden in alle proeven de gebruikelijke maatregelen ter voorkoming en bestrijding van meeldauw gevolgd, zodat het moeilijk is de waarnemingen te interpreteren.

Tabel 25.5. Effect van Si op het optreden van meeldauw en Botrytis bij een tweetal proeven. Meeldauw is beoordeeld in een schaal van 0-3, Botrytis is het % aangetaste planten.

Behandeling	Meeldauw	Botrytis %	Si gehalte jong blad mmol. kg
<u>Proef 1989</u>			
Controle	1,0	16	96
Polysilicaat	0,9	12	248
Kalimetasilicaat	0,5	8	822
<u>Proef 1991</u>			
Controle	2,0	-	26
Continu 0,75 mmol Si/l	1,5	-	216
Continu 1,5 mmol Si/l	0,9	-	378

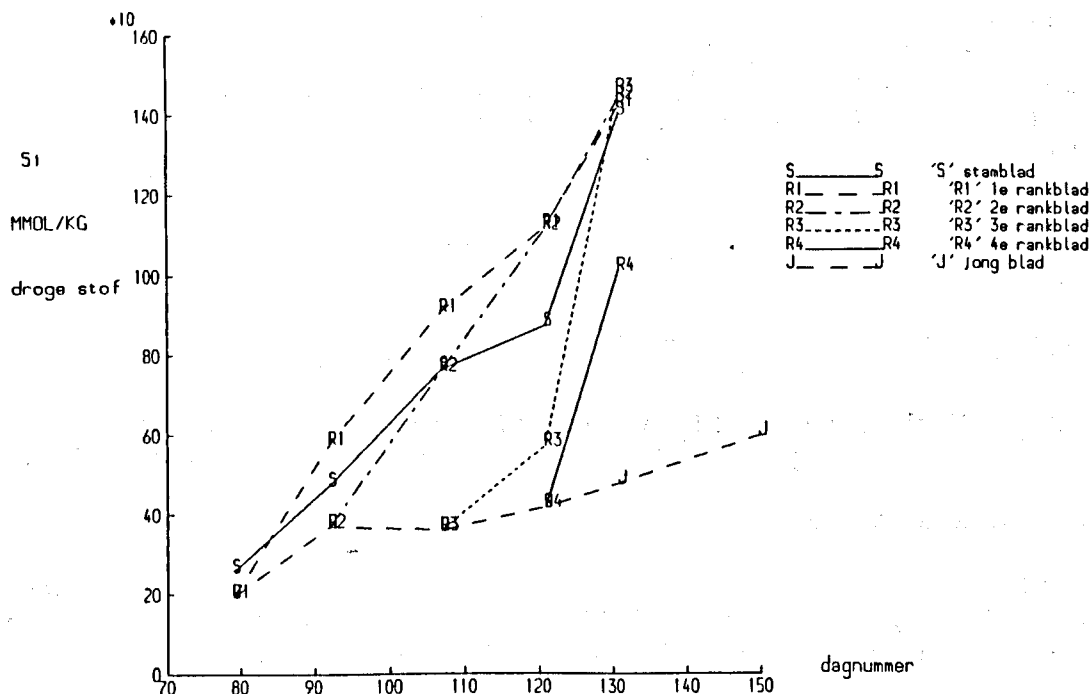
*Effecten op vruchtkwaliteit*

Verhoging van het Si-gehalte in het wortelmilieu bij komkommer geeft een verschijnsel op de vruchthuid dat in de praktijk 'dauwlaag' wordt genoemd. Het betreft een wasachtige substantie die op de opperhuid ligt en de vrucht een dof uiterlijk geeft. Vingerafdrukken en andere aantastingen van de 'dauwlaag' verlagen de uitwendige kwaliteit. Het blijkt dat bij verlaging van een dosering van 0,75 mmol per liter de dauwlaag nauwelijks optreedt. In de adviesbasis wordt daarom deze concentratie gehanteerd.

Diverse houdbaarheidsproeven hebben aangetoond dat Si geen effect heeft op overige kwaliteitskenmerken van komkommervruchten.

*Verloop van Si gehalten in de tijd*

Zoals hiervoor beschreven wordt Si uitsluitend via het houtvaten-systeem getransporteerd. Dit houdt in dat jonge bladeren relatief lage Si-gehalten hebbe, en in oude bladeren SI zich sterk ophoopt. Dit is duidelijk zichtbaar in figuur 25.3., waar het verloop is weergegeven van het gehalte in jong blad telkens bemonsterd van hetzelfde ontwikkelingsstadium en telkens bemonsterd aan dezelfde hoogte van de plant. Er treedt sterke ophoping op naarmate bladeren ouder worden. Echter ook in jong blad zijn de gehalten later in het seizoen hoger. Dit is te verklaren uit sterke verdamping die is opgetreden.

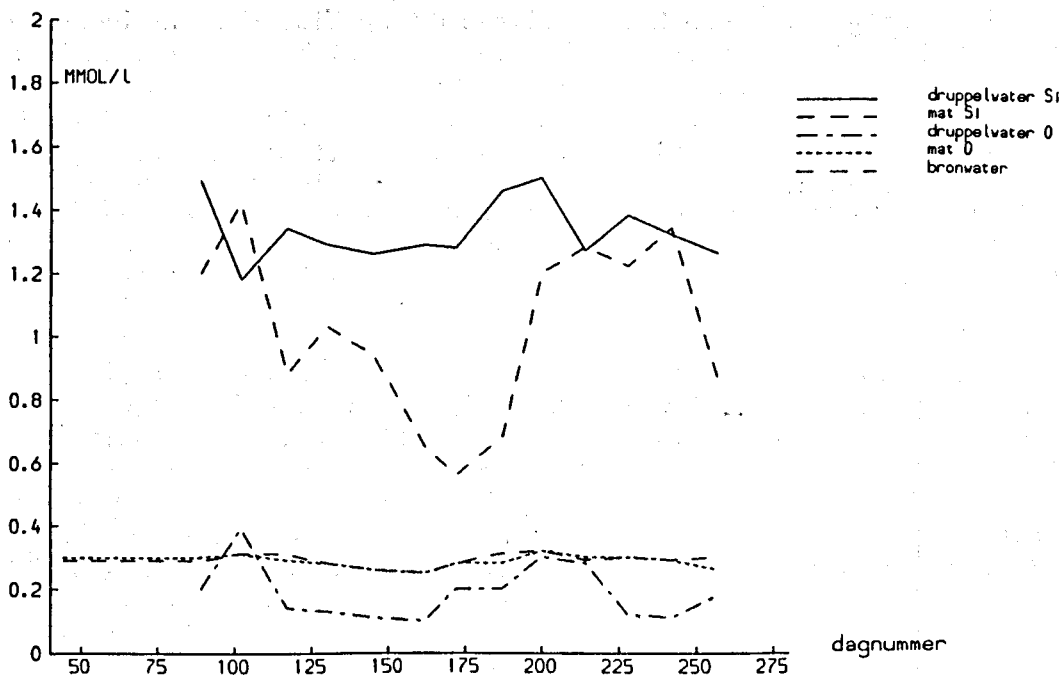


Figuur 25.3. Verloop van het Si-gehalte in het blad bij komkommer.

*Si in het wortelmilieu*

Bij de proeven met Si-dosering bij komkommer werd in het wortelmilieu een lagere Si-concentratie aangetroffen dan gedoseerd. Dit kan duiden op sterke opname, een uitputtingseffect, of op gedeeltelijk neerslaan van Si-verbindingen. Dit laatste is minder waarschijnlijk omdat uit een proef zonder planten een Si uit de steenwolmat verdween. Bovendien bleek uit een mineralenbalans onderzoek dat vrijwel alle toegediende Si in de plant teruggevonden werd. Een andere aanwijzing voor het optreden van uitputtingsverschijnselen is, dat in perioden van sterke groei, de concentraties in het wortelmilieu flink dalen. Figuur 25.4. is hiervan een illustratie. Op een praktijkbedrijf is op twee achtereenvolgende jaren het verloop van de

analysecijfers gevolgd. Het eerste jaar<sub>1</sub> is met  $1,0 \text{ mmol.l}^{-1}$  gedoseerd, het tweede jaar met  $0,75 \text{ mmol.l}^{-1}$ . In beide jaren blijkt er in het voorjaar een sterke daling (bij gelijkblijvende dosering) in de concentratie in de mat op te treden. Gemiddeld wordt bij een dosering van  $0,75 \text{ mmol.l}^{-1}$  een concentratie in de mat van  $0,6$  te worden gevonden. Vooral nog wordt dit als streefwaarde gehanteerd.



Figuur 25.4. Verloop van de Si-concentraties in de mat en in het druppelwater bij wel en geen Si doseren op een praktijkbedrijf.

#### 25.4.2. Onderzoek bij roos

Bij het gewas roos is vastgesteld dat er redelijke hoeveelheden worden opgenomen. In tabel 25.6. is een overzicht gegeven van de gehalten in het blad bij een inventarisatieonderzoek.

Tabel 25.6 Resultaten van gewasanalyses van jong en oud blad bij roos.

Herkomst	Si ( $\text{mmol. kg}^{-1}$ )	
	jong blad	oud blad
Grond	50	130
Steenwol + regenwater	7	10
Steenwol + leidingwater	36	77
Steenwol + Si toedinging	-	165
Watercultuur geen Si	7	23
Watercultuur + si	59	122

Hoewel de gehalten duidelijk minder hoog zijn dan bij komkommer neemt het gewas wel Si op. Vervolgens is bekeken of de dosering van



Si effect heeft bij roos. Hiertoe is gedurende een jaar een proef op een praktijkbedrijf uitgevoerd, met de vergelijking 0 en 0,75 mmol per liter dosering van Si als kalimetasilicaat. Tabel 25.7. geeft een samenvatting van de resultaten.

Tabel 25.7 Resultaten van de proef met Si dosering bij roos

Behandeling	Produktie		Concentratie		Gehalte	
	Takkeper m	Takgewicht	Druppelwater	Mat	Jong blad	Oud blad
0	144	39,8	0,02	0,06	32	69
+ Si	159	27,9	0,7	1,6	108	220

Doseren van Si heeft dus een positief effect op de produktie, hoewel het takgewicht lager is. Naast een produktie effect werd gevonden dat bij rozen die Si toegediend kregen minder meeldauw optrad. Opmerkelijk is overigens dat de concentraties in de mat sterker oplopen (ook bij de controlebehandeling) dan bij het gewas komkommer. Omdat ook de gehalten in het gewas lager zijn, lijkt dit veroorzaakt te worden door een lagere opname snelheid.

#### 25.4.3. Overige gewassen

##### Sla

Bij de teelt van sla in watercultuur kan gemakkelijk Mn-overmaat optreden. Uit onderzoek bleek dat toevoeging van Si aan de recirculerende oplossing het probleem sterk kon terugdringen (tabel 25.8.).

Tabel 25.8. Effect van si op het optreden van Mn-overmaat bij sla en op de gehalten aan Si en Mn in de plant.

Behandeling	% kroppen zonder overmaatsymptomen	Gemiddeld waarderingscijfer)*	Mn gehalte	Si
+Mn	49	0,8	1,59	8,9
-Mn	44	0,3	1,09	-
+Mn + Si	97	0,0	1,15	16,7

)\* index 0-3

Uit de gegevens blijkt een duidelijk effect op het voorkomen van Mn-overmaat. Opmerkelijk is verder dat de Mn-gehalten slechts beperkt beïnvloed zijn en dat ook de Si-opname zeer gering is. In de literatuur zijn wel meer gegevens gevonden waaruit blijkt dat Si de gevoeligheid voor MN opname vermindert. Dit zou dan te maken hebben met een andere verdeling van Mn of verminderde neerslagvorming (precipitatie) door complexvorming. Overigens werd in dit onderzoek bij wel of geen Si een min of meer gelijke verdeling van de Mn over de plant gevonden.

### *Boon*

Onderzoek met boon leverde geen positieve effecten van Si-dosering op. Wel nam het gehalte aan Si in de plant sterk toe met de toediening van dit element. Bij 0, 0,75 en 1,75 mmol toegediend waren de gehalten in het blad respectievelijk 19, 218 en 400 mmol per kg.

### *Aardbei*

Op beperkte schaal is bij aardbei bekeken welke effecten Si-dosering heft. Produktie-effecten werden niet gevonden. Wel trad bij de Si-behandelingen meer vruchten met 'albino'verschijnselen op. Onduidelijk is of dit met Si samenhangt. De gehalten in de vrucht aan dit element zijn zeer laag te noemen. Bij een herhaling van het experiment trad het verschijnsel niet op. Bij dosering van Si lopen de gehalten in het gewas vrij hoog op, tot ruim 400 mmol per kg. In deze experimenten werd ook een duidelijk effect op meeldauw gevonden.

### *Overige gewassen*

Van diverse gewassen werden gewasmonsters verzameld van teelten in de grond en in substraat, teneinde na te gaan of de S-opname iets vorstelt. In tabel 25.9. is een overzicht gegeven.

Tabel 25.9 Overzicht van Si-gehalten bij diverse gewassen.

gewas	grond	substraat
Gerbera	10	5
Anjer	17	-
Augurk	400	
Meloen	378	
Aster	280	30
Anemoon	44	45

Hieruit blijkt dat, naast de aan komkommer verwante meloen en augurk, ook Aster potentieel Si-behoefstig is.

## 26. ADVIESBASIS VOOR WATERKWALITEIT

In dit hoofdstuk zijn gegevens opgenomen over waardering van analyseresultaten van wateronderzoek voor tuinbouw onder glas. Bij de interpretatie is rekening gehouden met het gebruik van water als gietwater voor teelten in kasgrond en voor teelten in substraten. Ook is voor zover nodig een interpretatie gegeven voor gebruik in recirculatiesystemen.

### 26.1. Elektrisch geleidingsvermogen, natrium en chloor

Het elektrisch geleidingsvermogen (EC) van gietwater is een maat voor het totale gehalte aan ionen. Het geeft geen informatie over de aard van de ionen die in het water aanwezig zijn. De belangrijkste ionen die in het grond- en oppervlaktewater in Nederland worden aangetroffen, zijn natrium (Na), chloor (Cl), calcium (Ca), magnesium (Mg), bicarbonaat ( $\text{HCO}_3$ ) en sulfaat ( $\text{SO}_4$ ). Indien de ionensamenstelling niet te eenzijdig is, kan voor de waardering van gietwater voor de glastuinbouw de volgende indeling worden gehanteerd.

Tabel 26.1. Indeling voor de waardering van gietwater voor de glastuinbouw.

Kwaliteitsklasse	EC <sup>-1</sup> mS.cm <sup>-1</sup> (25°C)	Na <sup>-1</sup> mmol.l <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup> mmol.l <sup>-1</sup>
1	<0,5	<1,5	<1,5
2	0,5-1,0	1,5-3,0	1,5-3,0
3	1,0-1,5	3,0-4,5	3,0-4,5

Toelichting op de gegeven kwaliteitsklassen:

Klasse 1. Water van deze kwaliteit is geschikt voor alle doeleinden.

Klasse 2. Niet geschikt voor teelten in een beperkt wortelvolume, waarbij niet of onvoldoende kan worden doorgespoeld tijdens de teelt.

Klasse 3. Niet geschikt voor zoutgevoelige gewassen in het algemeen en voor minder zoutgevoelige gewassen geteeld in een beperkt wortelvolume.

Water met hogere waarden voor EC, Na en Cl dan genoemd in klasse 3 is in feite ongeschikt om als gietwater in de glastuinbouw te gebruiken. Bij hoge waarden kunnen nog wel tuinbouwgewassen geteeld worden, maar groei en opbrengst nemen af met toenemend zoutgehalte. De gegeven klasse-indeling is slechts globaal. Afhankelijk van gewas en teeltomstandigheden is een nadere classificatie nodig. Hiervoor wordt verwezen naar de serie Voedingsoplossingen Glastuinbouw, no. 11. Zeer speciale eisen worden gesteld aan gietwater dat gebruikt wordt voor gesloten teeltsystemen. De gehalten aan Na en Cl in het gietwater mogen dan niet hoger zijn dan de opname door het gewas (Sonneveld, 1989, Bloemisterij 14, no. 5, 50-51).

## 26.2. Stikstof, fosfaat en kali

Onder normale omstandigheden worden in grond- en oppervlaktewater slechts beperkte hoeveelheden stikstof, fosfaat en kali gevonden. Gewoonlijk niet meer dan enkele tienden mmol per liter. Hogere gehalten duiden veelal op sterke verontreiniging van het water met bijvoorbeeld drainwater van land- of tuinbouwgronden, industrieel- of huishoudelijk afvalwater of lozing van gier door veeteeltbedrijven.

Binnen bepaalde grenzen is de aanwezigheid van bovengenoemde stoffen in het water niet schadelijk, omdat ze als plantevoeding dienen. Het verdient wel aanbeveling altijd aard en oorzaak van de verontreiniging op te sporen. Stikstof kan in water zowel in nitraatvorm als in ammoniumvorm worden gevonden. Ammoniumstikstof kan de ontijzering van water storen.

## 26.3. Calcium en magnesium

Calcium en magnesium zijn voedingselementen voor de plant. Indien ze echter in grotere hoeveelheden in het gietwater voorkomen dan ze door de plant worden opgenomen, blijven ze in de grond achter en verhogen onnodig de ionenconcentratie van het bodemvocht. Naast dit effect kunnen calcium en magnesium hinderlijk zijn door vorming van neerslag met bicarbonaat. Calcium kan ook neerslag vormen met sulfaat. Zie hierover de beschrijving bij bicarbonaat en sulfaat.

Bij de meeste gewassen treden geen specifieke ioneffecten op, tenzij zeer hoge calcium- of magnesiumgehalten worden bereikt.

In het algemeen kan worden gesteld dat 0,5 tot 1,0 mmol per liter magnesium en 1,0 tot 2,0 mmol per liter calcium voor de plantenvoeding nodig is. Boven deze waarden wordt het gehalte aan ionen van het gietwater onnodig verhoogd en zal dus opbrengstreductie veroorzaken als de grenzen voor de EC worden overschreden. Genoemde grenzen gelden slechts, indien het gewas niet op andere wijze van calcium of magnesium wordt voorzien. Als via bemesting of door de grond zelf calcium of magnesium aan de plant wordt geleverd, zullen de hoeveelheden toegediend via het gietwater minder moeten zijn.

## 26.4. Sulfaat

Vrijwel alle grond- en oppervlaktewater bevat enig sulfaat; soms worden zelfs hoge gehalten gevonden. Sulfaat is in bepaalde concentraties noodzakelijk voor de plantengroei. Voor de meeste gewassen is een hoeveelheid sulfaat van 0,5-1,5 mmol per liter voldoende voor de voeding van het gewas. Bij een dergelijk gehalte moet dus meestal geen sulfaat meer met de bemesting worden toegediend.

Hogere concentraties zijn niet specifiek schadelijk voor de meeste gewassen, maar omdat ze het zoutgehalte van het gietwater verhogen zijn ze toch nadelig voor de plantengroei indien de grenzen voor de EC daardoor worden overschreden.

Bij hoge sulfaatgehalten kan bij watergeven over het gewas heen neerslag van calciumsulfaat worden afgezet. Deze neerslag is vaak moeilijk te verwijderen, omdat neergeslagen gips vrijwel niet meer oplost.

### 26.5. Bicarbonaat

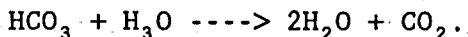
Bicarbonaat wordt in vrijwel alle grond- en oppervlaktewater in Nederland aangetroffen. De gevonden hoeveelheden in de bodemoplossing zijn gewoonlijk slechts gering. Dit komt doordat in de bodemoplossing vaak hoge gehalten aan calcium en magnesium aanwezig zijn. Het bicarbonaat wordt met deze ionen neergeslagen als calcium- en magnesiumcarbonaten.

Bicarbonaat in water kan verschillende nadelen hebben. In de eerste plaats kan het neerslaan met calcium en magnesium. Als het water zelf niet voldoende calcium en magnesium bevat, zal dit aan de bodemoplossing worden onttrokken, waardoor deze te arm aan deze elementen wordt. Een tweede aspect is dat bicarbonaathoudend water een stijging van de pH van de grond veroorzaakt. Een derde effect is vervuiling van de gewassen als over het gewas heen wordt beregend. Voor wat betreft het eerste effect moet gelden dat het bicarbonaat equivalent niet in grotere hoeveelheden mag voorkomen in het gietwater dan calcium en magnesium tezamen, dus:

$$\text{aantal mmol HCO}_3 \leq 2 \text{ maal het aantal mmol (Ca + Mg)}$$

Op gronden waar gegoten wordt met water dat niet aan bovengenoemde eis voldoet, ontstaat op den duur een dichte structuur en een zeer hoge pH. Vervuiling van de planten en verhoging van de pH worden van belang als het water enkele mmol per liter  $\text{HCO}_3$  bevat.

In beperkte wortelvolumen kan de pH-verhoging echter al eerder hinderlijk worden; vooral als het substraat weinig buffer heeft. Om aan de pH-verhoging te ontkomen kan zuur worden gedoseerd. De volgende reactie verloopt dan:



Het zuur moet dus in equivalente hoeveelheid met het bicarbonaat worden gedoseerd. Voor de tuinbouw is het gebruik van salpeterzuur en fosforzuur het meest geëigend.

Door het doseren van zuur wordt ook het vervuilen van het gewas grotendeels voorkomen, omdat geen carbonaten meer gevormd kunnen worden. Als het water veel sulfaat bevat, kunnen nog wel vlekken ontstaan door neerslag van calciumsulfaat.

Water waarin bicarbonaat is geneutraliseerd met zuur blijft vrij lang agressief en mag dus alleen in contact komen met corrosie bestendige materialen. De agressiviteit ontstaat door het gevormde koolzuur dat slechts langzaam ontwijkt. Als gevolg daarvan is het evenwicht

$$K = \frac{(\text{H}_3\text{O}) \cdot (\text{HCO}_3)}{(\text{CO}_2)}$$

gestoord. Een nabehandeling van het water kan de agressiviteit opheffen.

## 26.6. pH

Vaak ligt de pH van water in Nederland tussen 6,5 en 8,5. In oppervlaktewater van veenkoloniale gebieden en in grondwater worden wel lagere waarden gevonden.

De pH van water moet altijd worden geïnterpreteerd in samenhang met de capaciteit van de aanwezige buffer. Verbindingen die in water als buffer voorkomen zijn fosfaat, humuszuren en bicarbonaat. In natuurlijk water zijn de twee eerstgenoemde van weinig belang. Bicarbonaat is echter een belangrijke buffer voor pH-waarden tussen 5,5 en 7,5.

Bij toevoeging van zuur aan bicarbonaathoudend water verloopt de volgende reactie:



De  $\text{H}_3\text{O}$  ionen worden grotendeels op deze wijze geneutraliseerd en de veranderingen in pH zijn slechts gering zolang nog  $\text{HCO}_3$  aanwezig is.

Hoge pH-waarden komen voor in water waarin algen groeien. Dit wordt veroorzaakt door onttrekken van  $\text{CO}_2$  aan het water. Het  $\text{CO}_2$ -gehalte van het water is dan niet meer in evenwicht met het gehalte in de lucht. In water dat niet in evenwicht is met het  $\text{CO}_2$ -gehalte in de lucht doen zich gemakkelijk pH-veranderingen voor bij schudden. Bij onderverzadiging of oververzadiging treedt dan respectievelijk daling of stijging van de pH op.

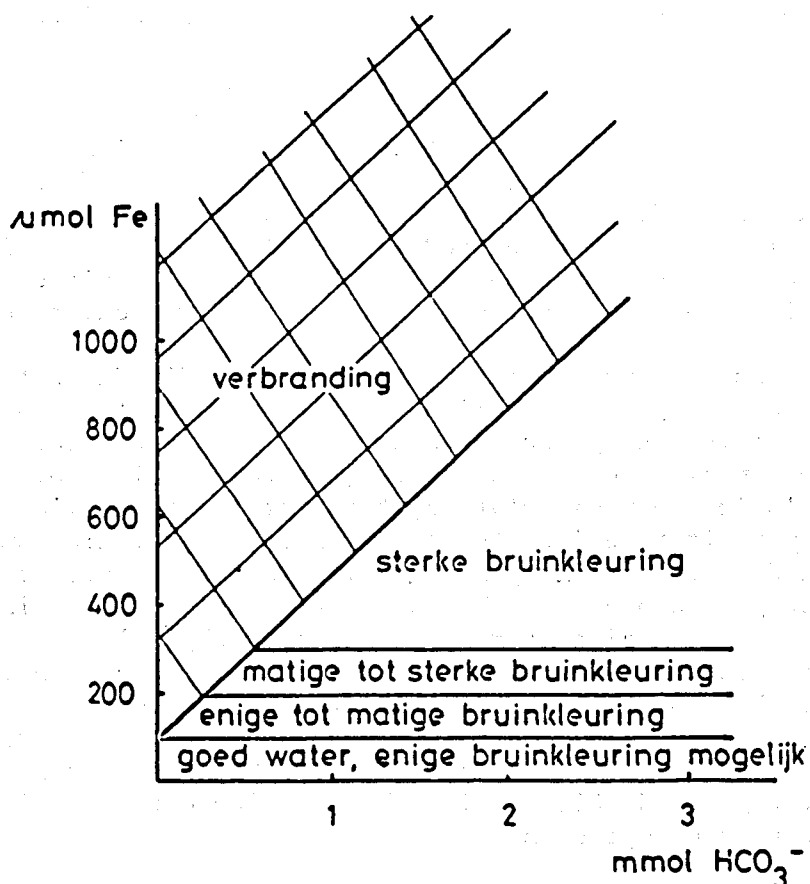
## 26.7. IJzer

IJzer is weinig toxisch voor de plant, maar kan wel vervuiling veroorzaken. IJzer dat in gietwater aanwezig is, vlokt bij toetreding van zuurstof gemakkelijk uit. Hierdoor kan het zeer hinderlijk zijn door vervuiling van materialen, gewas en kasopstanden. Verder kan door het uitvlokken van ijzer de pH van het gietwater zodanig laag worden dat bladverbranding optreedt.

De grenzen voor het toelaatbare ijzergehalte variëren. Deze hangen af van de omstandigheden en van de snelheid van uitvlokken van het ijzer. In veel gevallen kan worden volstaan met de interpretatie aan de hand van figuur 26.1. Dit houdt in dat met een ijzergehalte tot 100  $\mu\text{mol}$  per liter redelijk kan worden gewerkt in de glastuinbouw. Hierbij dienen echter de volgende punten te worden betrokken. Indien vervuiling van gewas, opstanden en sproei-apparatuur geen rol spelen, zoals bijvoorbeeld in gevallen waar met laagsproeiende regenleidingen wordt gewerkt, worden hogere ijzergehalten dan 100  $\mu\text{mol}$  per liter veelal niet als hinderlijk ervaren.

Bij gebruik van druppelbevloeiing treedt zeer gemakkelijk vervuiling van het druppelsysteem op door uitvlokking van ijzer. In feite moet het ijzergehalte dan nul zijn. Als het water rijk is aan organische stof, is een gehalte tot 10 à 20  $\mu\text{mol}$  wel toelaatbaar. Het aanwezige ijzer is dan geadsorbeerd aan het organische materiaal en vlokt vrijwel niet uit. Dezelfde eisen moeten ook worden gesteld aan water dat wordt gebruikt voor stekken onder waternevel. Gietwater dat wordt gebruikt voor beregening over gewassen met hoge eisen ten aanzien van bladvervuiling, zoals potplanten en bladhoudende sierheesters, moet ook aan nauwere eisen voldoen. Veelal mag het ijzergehalte dan niet boven 25 à 50  $\mu\text{mol}$  zijn. In de praktijk

is wel de ervaring opgedaan dat water dat enkele mmol ammonium per liter bevatte, bladverbranding bij gewassen kon veroorzaken bij ijzergehalten lager dan 100  $\mu\text{mol}$  per liter.



Figuur 26.1. Schema voor beoordeling van ijzergehalten in gietwater voor tuinbouwgebruik.

## 26.8. Micro-elementen

Bepaalde elementen kunnen in gietwater bij zeer lage concentratie reeds schadelijk zijn voor de plantengroei. De schade wordt dan veroorzaakt door opname van een te grote - voor de plant toxische - hoeveelheid van dit element. In het volgende worden enkele elementen besproken, waarmee problemen voorkomen.

### 26.8.1. Borium

In het algemeen wordt gesteld dat boriumvergiftiging kan optreden bij een gehalte van 100  $\mu\text{mol}$  per liter borium in het wortelmilieu. Als met enige accumulatie rekening wordt gehouden, moet dan liefst niet meer dan 50  $\mu\text{mol}$  per liter in het gietwater aanwezig zijn. Voor watercultures met recirculatie van de voedingsoplossing moet het gehalte in het toegevoerde water liefst niet hoger zijn dan 25  $\mu\text{mol}$  per liter.

#### 26.8.2. Fluor

Bij teelten in kasgrond zal bij de voorkomende concentraties aan fluor in het gietwater in Nederland niet spoedig vergiftiging optreden. Indien echter geteeld wordt in een beperkt wortelvolumen, dan moet voor bol- en knolgewassen het gehalte beneden 25  $\mu\text{mol}$  per liter blijven en voor andere gewassen beneden 50  $\mu\text{mol}$  per liter.

#### 26.8.3. Zink

Zink komt vooral voor in water dat met verzinkte materialen in aanraking is geweest. Regenwater van verzinkte kasdekken of water dat in verzinkte buizen wordt getransporteerd, kan veel zink bevatten. Bij te hoge gehalten kan schade optreden door bladverbranding als over het gewas heen wordt berekend, maar ook door opname via de wortel. In het laatste geval is vooral het optreden van chlorose kenmerkend.

Voor de voeding van de gewassen is zink niet meer nodig dan 2 tot 4  $\mu\text{mol}$  per liter. Hogere gehalten zullen in water- en substraatcultures gemakkelijk aanleiding geven tot accumulatie. Bij voorkeur moeten de gehalten aan zink voor deze teeltwijzen beneden 10  $\mu\text{mol}$  per liter zijn en als in een recirculatiesysteem wordt geteeld liefst beneden 5  $\mu\text{mol}$  per liter. Bij de teelt in kasgronden zal niet snel schade optreden door een wat hoog zinkgehalte van gietwater, omdat zink sterk wordt geadsorbeerd aan het adsorptiecomplex. Op de lange duur kan het gebruik van gietwater met een hoog zinkgehalte aanleiding geven tot een te grote ophoping van zink in de grond. Voor de teelt in kasgrond moet daarom liefst niet meer dan 25  $\mu\text{mol}$  zink per liter aanwezig zijn. Schade aan gewassen door verbranding bij berekening over het gewas heen ontstaat pas bij veel hogere gehalten dan hier genoemd. Bij gehalten beneden 100  $\mu\text{mol}$  zal niet spoedig bladverbranding optreden.

#### 26.8.4. Mangaan

Een te hoog mangaangehalte komt vrijwel uitsluitend voor in grondwater. Meestal is dit minder bezwaarlijk dan een hoog zinkgehalte van gietwater, omdat mangaan gemakkelijk wordt geoxydeerd en dan neerslaat als mangaanoxyde. Bij lage pH verloopt de oxydatie echter niet of moeilijk.

Voor water- en substraatcultures moet het mangaangehalte liefst niet boven 10  $\mu\text{mol}$  per liter zijn. Voor berekening van teelten in de kasgrond zullen hogere gehalten niet snel schade veroorzaken als de pH van de grond voldoende hoog is. Als nadeel moet echter worden genoemd dat dan veel mangaanoxyden in de grond worden opgehoopt.

#### 26.8.5. Koper

Voor de voeding van de gewassen is niet meer koper nodig dan 0,5-1,0  $\mu\text{mol}$  per liter. Bij gehalten van 2 à 3  $\mu\text{mol}$  per liter in het gietwater zal meestal geen vergiftiging in het gewas optreden; zeker niet als in kasgronden wordt geteeld. Koper wordt in de grond namelijk sterk geadsorbeerd aan de klei- en humusdelen. Hoge gehalten dienen echter te worden vermeden om onnodige ophoping in grond en gewas te voorkomen.



#### 26.8.6. Bromide

Bromide is voor de meeste gewassen niet giftig. Voor anjer is dit wel het geval. Toch worden strenge eisen gesteld aan de bromidegehalten van consumptiegewassen. Vooral bladgewassen kunnen een hoog bromidegehalte hebben. Bromidegehalten dienen liefst zo laag mogelijk te zijn. Voor doorspoelen van kasgronden wordt wel gewerkt met water tot 100  $\mu\text{mol}$  per liter. Voor het gieten van de gewassen is dit echter veel te hoog. Het gehalte moet dan in ieder geval beneden 40  $\mu\text{mol}$  per liter zijn. Met substraatteelten is geen ervaring opgedaan met bromidehoudend water. Een laag gehalte is bij dergelijke teelten zeker vereist.

## 27. ORGANISCHE STOFFEN IN HET WORTELMILIEU EN NUTRIENTOPNAME

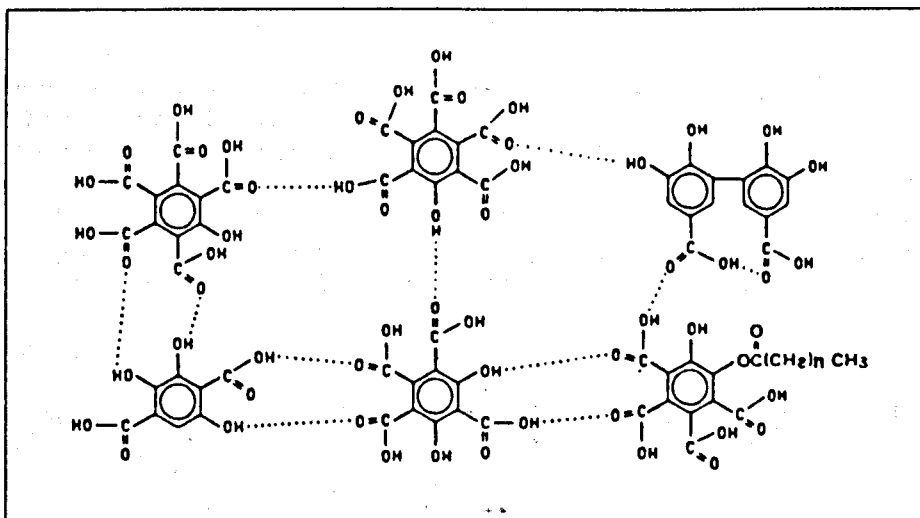
Macro- en micro-elementen kunnen als geladen deeltjes (ionen) in de bodemoplossing aanwezig zijn en als zodanig getransporteerd en opgenomen worden. In het bodemvocht is echter een groot aantal organische stoffen aanwezig die complexen met de ionen kunnen vormen. Dit betekent dat zowel de transporteigenschappen naar het worteloppervlak als de opname-eigenschappen veranderen. De organische stoffen kunnen afkomstig zijn van de grond (de humus), maar ook kunnen ze afgescheiden zijn door de wortel zelf. Hieronder zal iets verteld worden over de chemische opbouw van deze stoffen, hoe ze uit de bodemoplossing worden afgescheiden en hoe ze worden bepaald. Ook over de wijze waarop de complexvorming tot stand komt. Tenslotte een beschouwing over wat deze complexvorming kan betekenen voor de opname door de plant.

### 27.1. Humus

Veel gronden bevatten naast minerale delen een organisch gedeelte, dat men humus noemt. Ook worden substraten gebruikt die een hoog percentage veen als grondstof bevatten en waarin het humuspercentage dus ook erg hoog is. Organisch materiaal is aan een proces van ontleding onderhevig waarbij het oorspronkelijk aanwezig materiaal chemisch verandert. De omstandigheden waaronder dit gebeurt kunnen echter sterk verschillen. Men denke maar aan de oppervlaktelaag in een bos en de vorming van laagveen gedurende vele jaren. Ook tijdens de teelt verandert de humus verder.

#### 27.1.1. Chemie van humus

Men kan onderscheid maken tussen de vaste humus en humusachtige stoffen die in het bodemvocht aanwezig zijn. De laatste stoffen zijn kleiner moleculair. Figuur 27.1. geeft een indruk van de moleculaire opbouw van de humus of in dit geval een onderdeel daar-



Figuur 27.1. Gedeelte structuur fulvozuur (M. Schnitzer in R.G. Burns et al; Humic substances (REDA), 1986.

van de fulvozuren. Het skelet bestaat uit aromatische (benzeen) ringen met daaraan vast een aantal gesubstitueerde 'functionele' groepen. In de figuur zijn fenolische hydroxy-groepen en carbonzurgroepen aanwezig. Tussen O- en H-atomen aan de verschillende groepen is er een interactie die men 'waterstofbrug' noemt en die zich uit in een aantrekkingskracht.

Tabel 27.1. geeft een globale verdeling van de manier waarop de koolstof in het 'huminezuurgedeelte' van de humus voorkomt.

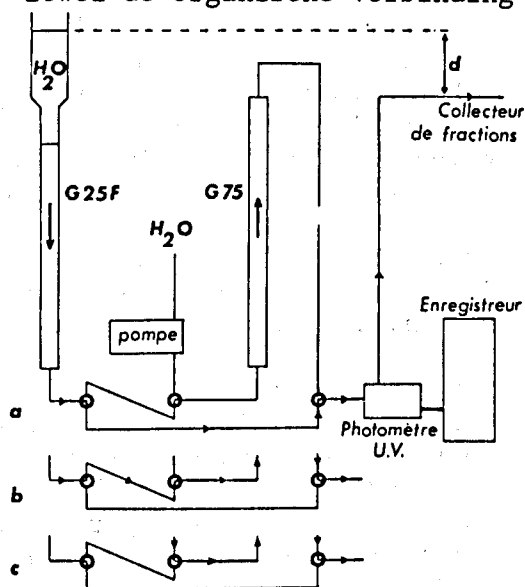
Tabel 27.1. Voorkomen van de koolstof in de huminezuren.

Chemische vorm	Percentage in die vorm
alifatisch	1 - 4
eiwit C	5 - 6
koolhydraat C	8 - 11
aromatische C	14 - 16
fenolische C	17 - 21
carbonzuur C	20 - 23
C in: C=O	25 - 28

Verschillen berusten onder andere op verschillen in molecuulgrootte en zuursterkte. Zo zijn de fulvozuren kleiner molecuulair en bevatten meer sterker zure groepen dan huminezuren. Voor het ionentransport en de ionenopname zullen nog kleinere brokstukken belangrijker zijn. Gedeeltelijk zullen ze wat betreft chemische structuur gelijksoortig zijn, maar ze kunnen ook verschillen.

### 27.1.2. Onderzoekmethoden van humus

Een deel van de onderzoeksmethoden van humus kunnen ook toegepast worden op de complexen van kleinere humusbrokstukken uit de bodemoplossing met ionen van voedingselementen. In dat geval kan men zowel de organische verbinding als het voedingselement detecteren.



Figuur 27.2. Opstelling voor scheiding op Sephadex G 25 en G 75 (J.R. Bailly, Plant & Soil, 49-62).

De toegepaste scheidingsmethoden hebben onder andere te maken met scheiding op molecuulgrootte. Dit is bijvoorbeeld te bereiken met moleculaire zeven (bijvoorbeeld Sephadex gelen) en met ultrafilters. De moleculaire zeven bestaan uit een materiaal met gaten erin; de kleinere moleculen passen daarin en worden vertraagd. De grotere moleculen passeren ongehinderd en snel. Het materiaal is verkrijgbaar met een groot aantal maten van de gaten, waardoor verschillende gebieden van molecuulgrootte gescheiden kunnen worden. Bij ultrafilters kunnen juist de kleinere moleculen het filter passeren. Door een aantal kolommen in serie te schakelen (figuur 27.2.) kan een snelle scheiding in één keer verkregen worden. Scheiding op lading is een andere mogelijkheid. Dit kan gebeuren op ionenwisselaars en via elektroforese.

### 27.1.3. Detectie van humusachtige stoffen

Als een scheiding aangebracht is, kunnen de humuscomponenten met verschillende (meestal fysische) methoden gedetecteerd worden. Zo gebeurt dat in figuur 27.2. met ultraviolet spectroscopie. De metingen in het ultraviolette of het zichtbare gebied kunnen bij verschillende golflengten plaatshebben. Zo gebeurt dat wel bij 254 nm. Soms worden ook verhoudingen van de 'logarithme van de lichtabsorptie' bij twee golflengten gebruikt.

Het infraroodspectrum geeft voor bepaalde groepen specifieke pieken bij bepaalde golflengten. Dat is het geval voor C=C, C=O, C-H, O-H banden, enzovoort. Ook de aromatische ringen en de substituenten daaraan zijn zo te herkennen.

Voor het onderzoek op eventuele complexen rond de wortel is de bodemoplossing nodig. Deze kan onder andere door persen en centrifugeren worden verkregen. Het is belangrijk om steeds met een vergelijkbaar vochtgehalte te beginnen.

### 27.1.4. Complexen van 'humus'stoffen en nutriënten

Micro-elementen kunnen zich aan organische stoffen in het wortelmilieu binden. De vraag is aan welke groepen ze gaan vastzitten, hoe de variatie aan molecuulgrootte in het wortelmilieu is en op welke manier de verschillende elementen zich gedragen.

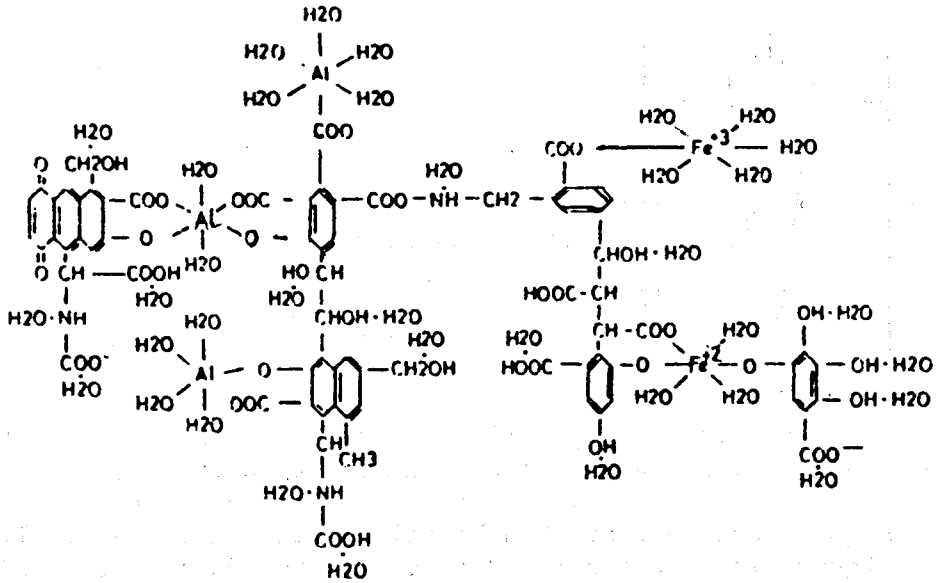
Over organische stoffen van het humustype is de laatste jaren voor het waterig milieu nogal wat gepubliceerd waar men steun aan kan hebben bij de interpretatie voor de wortelomgeving. In de literatuur voor de grond zijn vooral koper en ijzer (sterke complexvormers) belicht. Voor het waterig milieu werden modellen gemaakt aan de hand waarvan de beschikbaarheid ingeschat kan worden.

Een voorbeeld van binding is weergegeven in figuur 27.3. voor  $Al^{3+}$  en  $Fe^{2+}$  en  $Fe^{3+}$ . De carbonzuurgroepen en fenolgroepen spelen een grote rol bij de binding.

Via gelfiltratie over molecuulzeven is informatie beschikbaar gekomen over de molecuulgrootte van de bindende groepen. Zo werd voor koper in veen een sterke binding gevonden aan een fractie met een molecuulgewicht groter dan 10000. Van het koper was 50-90% complex gebonden. Onderzoek met mariene humus en de molecuulzeven G10, G50 en G100 gaf het resultaat uit figuur 27.4. Relatief veel van de metalen (onderzocht werden Al, Fe, Cu, Co en Ni) waren in dit onderzoek gebonden aan een fractie met een molecuulgewicht

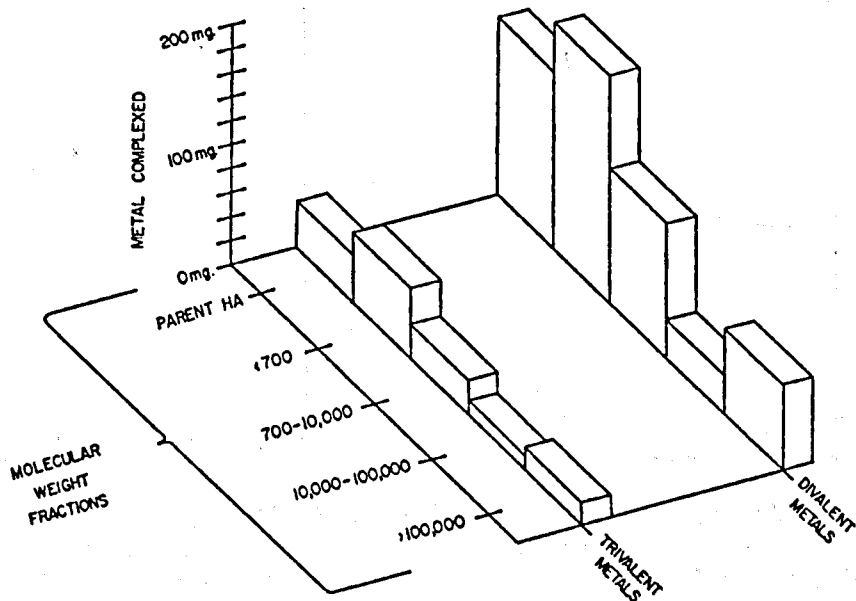
kleiner dan 700.

Ook over de lading van complexen is in de literatuur informatie te vinden. Bij dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van verschillende typen ionenwisselaars en bijvoorbeeld van C-18 kolommen die apolair aromaten binden.



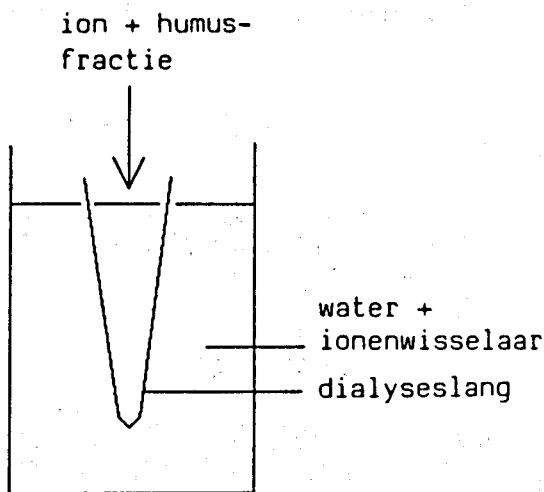
Figuur 27.3. Hypothetische structuur voor de binding van 3-waardig Al en 2- en 3-waardig Fe aan 'humus' (De Coninck, 1980).

De interpretatie wordt gecompliceerder, omdat ook met hydroxygroepen en chloride complexen gevormd worden, bijvoorbeeld van het type  $Fe(OH)_2^+$ . Voor het milieuverontreinigende element cadmium werd naast het Cd-ion ook een neutraal complex in grond gevonden, dat gedeeltelijk organisch zou zijn.



Figuur 27.4. Vergelijking van het metaalbindend vermogen van een aantal mariene humusfracties (M.A. Rashid; Soil Science 111: 298-306).

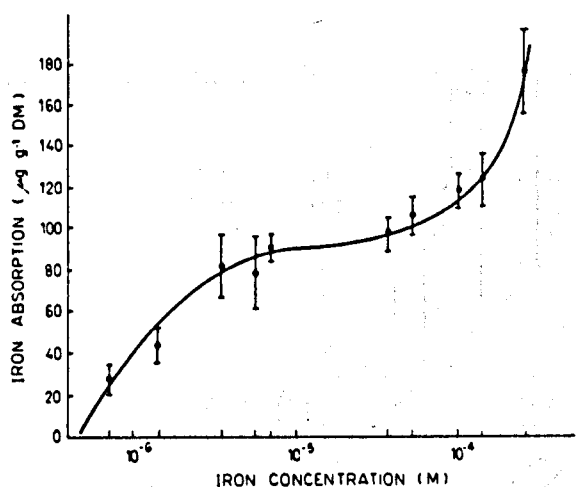
Als de reactie van het metaalion met de humusfractie voorgesteld wordt als:  $a M + b L \rightleftharpoons M_a L_b$ , waarin M = metaal en L = ligand (humusfractie), dan is de bindingsconstante:  $K = \frac{(M_a L_b)}{(M)^a (L)^b}$



Figuur 27.5. Principe meetopstelling voor de bepaling van de bindingsconstante van een nutriënt en een humusfractie.

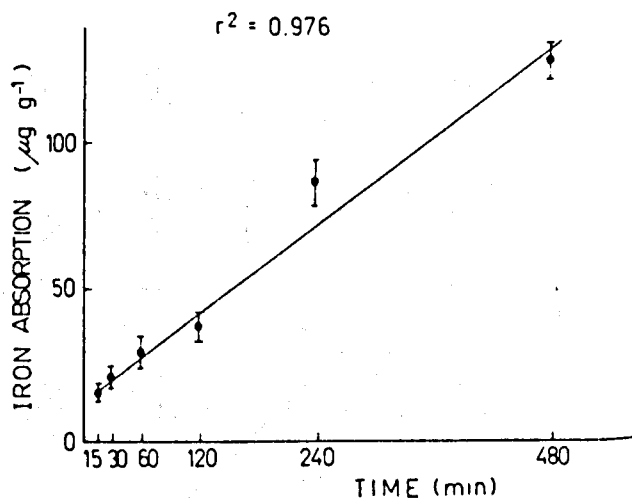
De bindingsconstante kan bepaald worden in een opstelling als in figuur 27.5. De ion + humusfractie bevindt zich in een dialysezakje waar de ionen wel doorheen kunnen, maar de organische moleculen niet. Aan de buitenkant is een ionenwisselaar aanwezig in een eventueel gebufferde oplossing. Als de bindingsconstante voor de ionenwisselaar bekend is, kan na evenwichtinstelling uit de concentraties de bindingsconstante voor de fractie berekend worden.

### 27.2. Opname van de complex gebonden nutriënten



Figuur 27.6a. IJzeropname door afgesneden gerstewortels uit Fe-humaat oplossingen van verschillende concentraties (180 min. bij 25°C).

J.C. Lobartini & G.A. Orioli, Plant & Soil 106: 153-157.



Figuur 27.6b. Opname van ijzer door afgesneden gerstewortels uit een Fe-humaat oplossing (10 micromol per liter aan Fe) als een functie van de tijd (20°C).

Planten kunnen grotere moleculen zoals humusbrokstukken opnemen. Ook kan het humusmolecuul als transportmiddel dienst doen en het ion aan de wortel afgeven. In proeven blijkt dat Fe-humaat een goede meststof is. Het complex wordt aan het worteloppervlak afgebroken waarna het Fe-ion in driewaardige vorm of na reductie in tweewaardige vorm apart in de plant opgenomen wordt. De kinetiek van de Fe-opname blijkt uit de figuren 27.6a. en 27.6b.

### 27.3. Wortellexudaten

De plantewortels scheiden een groot aantal stoffen in het medium uit, zoals suikers en aminozuren. Uit Duits onderzoek is gebleken dat planten zogenaamde phytosiderophoren uitscheiden die de opname en mobilisatie van spoorelementen als ijzer en mangaan stimuleren. De structuur van dit soort stoffen heeft men ook op kunnen helderen. Ook micro-organismen kunnen complexvormers maken, zogenaamde hydroxamaat siderophoren.

### 27.4. Conclusies

- In het wortelmilieu komt een groot aantal humusachtige stoffen voor. Over de identiteit van deze stoffen is langzamerhand het één en ander bekend (onder andere komen er aromatische verbindingen met hydroxygroepen en carbonzuurgroepen in voor).
- Deze stoffen kunnen complexeren met spoorelementen als Fe en de opname van nutriënten stimuleren.
- Er is een groot aantal technieken beschikbaar voor onderzoek van de complexen 'humus'-nutriënt.
- Ook de wortel zelf scheidt stoffen af die de opname van micro-elementen kunnen bevorderen.
- De kennis van deze complexen kan bijdragen tot de kwaliteitsbeoordeling van potgronden en de rol die organische toevoegingen zouden kunnen spelen bij 'teelten zonder aarde'.

## 28. VERDAMPING EN WATERVOORZIENING

### 28.1. Watergeven en verdamping

Verdamping is een belangrijk levensproces bij planten. Het is noodzakelijk voor koeling van planten en voor transport van water en voedingszouten. De gewasverdamping is naast andere factoren bepalend voor een goed kasklimaat en hiermee voor een optimale gewasgroei/productie. Voor een ongestoorde en goede gewasverdamping en gewasgroei moet een plant op het juiste moment over voldoende water kunnen beschikken. Een optimale watergift vormt dan ook een essentieel onderdeel van een teelt.

De grootte van de watergift wordt voor het belangrijkste deel bepaald door de mate van verdamping door een gewas, de hoeveelheid water die een gewas opneemt voor de groei en de hoeveelheid water nodig om door te spoelen.

De hoeveelheid water nodig voor doorspoelen (uitgedrukt in procenten van de totale watergift) staat, afhankelijk van de kwaliteit van het water, min of meer vast (30-40 %).

De waterhoeveelheid nodig voor groei van de plant is relatief klein (circa 10 % van de verdampingshoeveelheid). De belangrijkste variatie in watergift wordt dan ook bepaald door verschillen in gewasverdamping.

#### 28.1.1. Verdamping

De belangrijkste factoren die de mate van verdamping van onder glas geteelde gewassen bepalen zijn de hoeveelheid licht(straling) die door een gewas wordt onderschept en de al of niet door stoken in de kas gebrachte energie.

De hoeveelheid licht bepaalt, naast andere factoren als stoken, CO<sub>2</sub>-concentratie, kasluchttemperatuur en vochtgehalte van de kaslucht, het dampspanningsdeficit tussen blad en kaslucht.

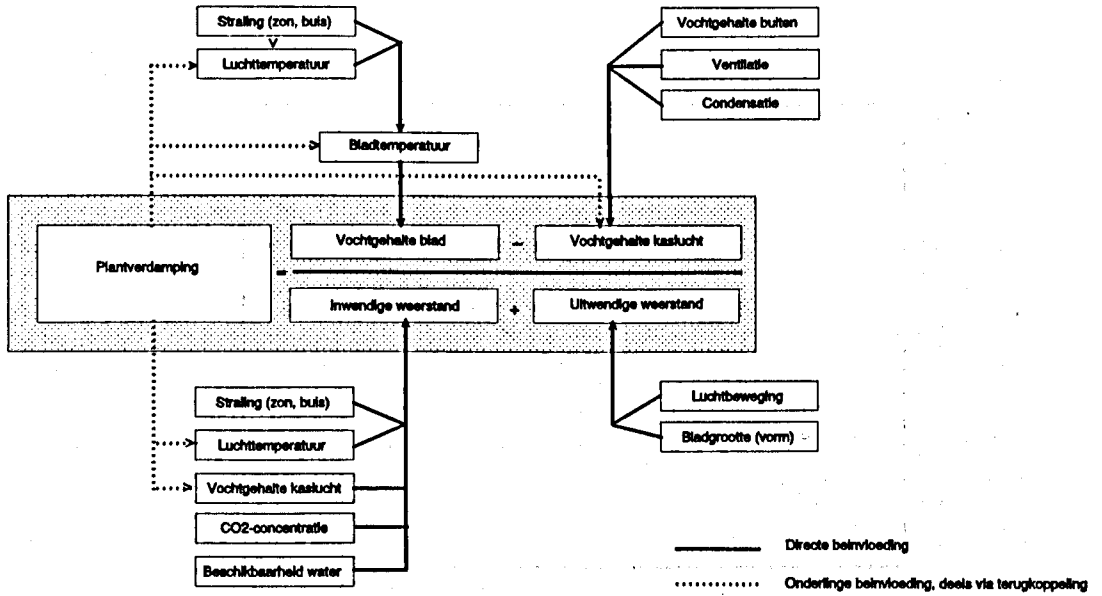
Ook andere factoren, zoals vochtgehalte van het groeimedium en de zoutconcentratie van het vocht in het groeimedium, zijn van invloed op de verdamping van een plant.

Het dampspanningsdeficit (de verdampende kracht) is samen met de inwendige plantweerstand (huidmondjesopening) bepalend voor de mate van gewasverdamping bij een gegeven plantgrootte.

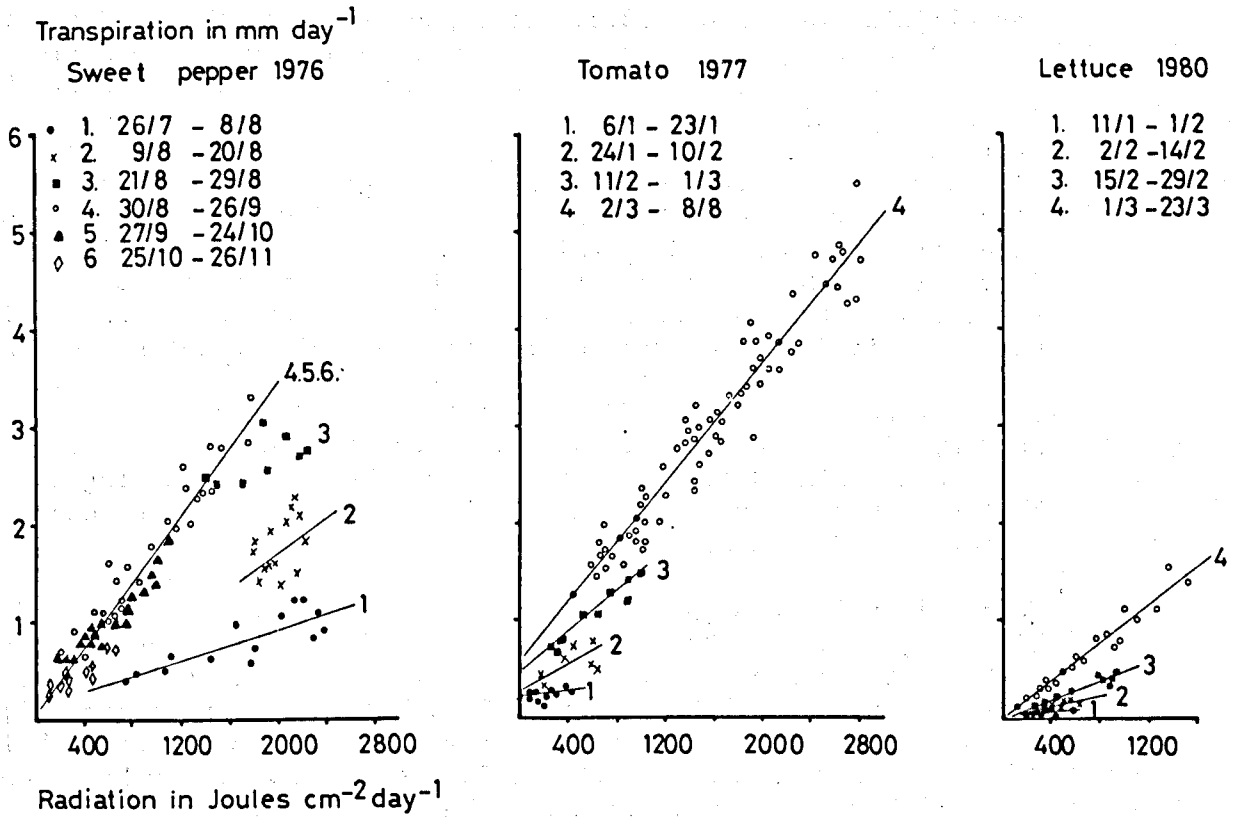
Genoemde factoren beïnvloeden elkaar ook onderling inclusief de plantweerstand. Deze onderlinge beïnvloeding maakt het niet eenvoudig om bij verandering van een van de factoren een uitspraak te doen over de invloed hiervan op de gewasverdamping. In figuur 28.1. is schematisch weergegeven hoe de verdamping wordt bepaald door het dampspanningsdeficit tussen blad en kaslucht enerzijds en de inwendige plantweerstand anderzijds. Tevens is in de figuur aangegeven hoe de verschillende factoren elkaar onderling beïnvloeden.

Tengevolge van de grote invloed van de globale straling, in het bijzonder tijdens perioden dat er weinig of niet wordt gestookt, bestaat er een nauw verband tussen de dagsom (figuur 28.2.) of 10-minutensom (figuur 28.3.) van de globale straling en de gewasverdamping.

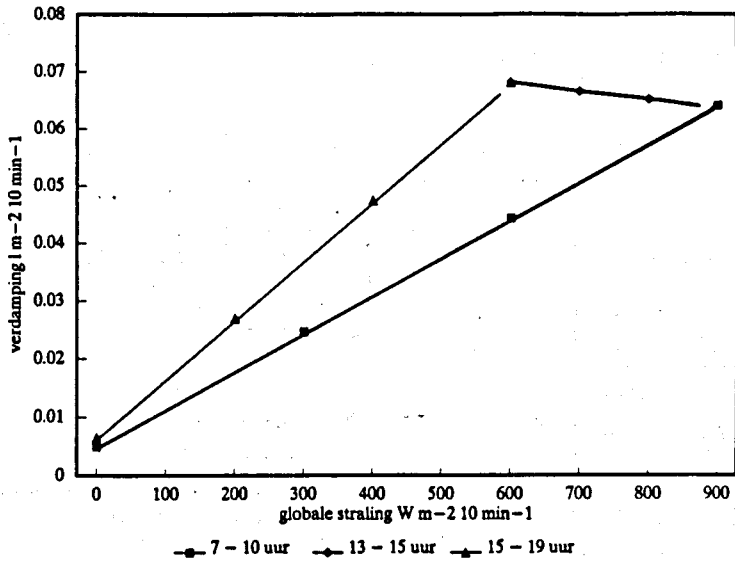




Figuur 28.1. Schematisch overzicht plantverdamping.



Figuur 28.2. Verband tussen de globale straling (R) en de transpiratie (T).



Figuur 28.3. Verband tussen globale straling en verdamping tomaat.

### 28.1.2. Verdamping over lange en korte perioden

Vergelijking van figuur 28.3. met figuur 28.2. laat zien dat het verband tussen globale straling en verdamping over korte perioden een ander beeld geeft dan over perioden van 24 uur. In figuur 28.3. is duidelijk zichtbaar dat er twee verschillende verbanden kunnen bestaan tussen de globale straling en verdamping. 's Morgens (in dit voorbeeld met veel zon) is bij een gegeven hoeveelheid globale straling de verdamping kleiner dan bij eenzelfde hoeveelheid globale straling in de middag (zie 10 uur ten op zichte van 15 uur). De verklaring hiervoor is dat in een kas op een zonnige dag, bij een gelijke stralingsintensiteit, de temperatuur 's morgens om 10 uur lager is dan 's middags om 15 uur. Bovendien wordt bij een hogere middagtemperatuur ten opzichte van de morgen meer geventileerd. Zowel de hogere middagtemperatuur als de grotere ventilatie zorgen, bij een gelijke globale straling, 's middags voor een groter dampspanningsdeficit dan 's morgens. De gewasverdamping zal hierdoor in de middag bij een gelijke straling op zonnige dagen groter zijn dan in de ochtend.

Verschillen in verdamping tussen ochtend en middag op zonnige dagen bij gelijke buitenstralingsintensiteit worden niet alleen veroorzaakt door temperatuurverschillen en ventilatieverschillen maar ook door standplaatsverschillen in de kas. Uit diverse metingen blijkt dat op dagen met (veel) zon, in een kas met een noord/zuidrichting, de hoeveelheid binnen gemeten straling oost en west van kasgoten vrij sterk uiteen kan lopen door schaduwgevende kasdelen. Meting van de straling op zich binnen een kas biedt echter geen goede bruikbare oplossing. Door het optreden van hinderlijke verschuivende schaduwen is het meten van straling binnen de kas namelijk praktisch niet goed uitvoerbaar met een normale meter. Gedurende de ochtend uren is op zonnige dagen de verdamping van de rij planten aan de oostkant van een goot totaal 25 tot 50 % groter dan van de rij planten aan de westkant van een goot, terwijl dit

gedurende de middaguren andersom ligt en planten west van een goot 25 tot 50 % meer verdampen dan planten aan de oostkant van een goot. Bovendien beschaduwen in het bijzonder hoogopgaande plantrijen elkaar onderling ook in meer of mindere mate.

Een punt is ook dat gewasverdamping vooral in het bovenste deel van een plant plaatsvindt (de bovenste 45 cm van bijvoorbeeld een paprikaplant verdampt 45-55 % van de totale plantverdamping). In de meeste gevallen bevindt zich het groeiende bovenste deel van een plant ook in het volle licht. Bij komkommerplanten waarbij zij-scheuten naar beneden groeien is de gewasverdamping dan ook lager dan bij planten waarbij jonge groeiende delen zich bovenin in het volle licht bevinden. Afhankelijk van de standplaats en de wijze van telen valt er dus meer of minder licht op een plant. Dit veroorzaakt tevens verschillen in bladtemperatuur en daarmee in dampspanningsdeficit, met als gevolg verschillen in gewasverdamping.

De bij zonnig weer geconstateerde verschillen in verdamping tussen oost en west van een goot maken het er niet eenvoudig op om een algemeen bruikbaar verdampingsberekening te maken voor een gehele kas of kasafdeling. Een praktische oplossing voor dit probleem is om de grootte van de watergift steeds af te stemmen op de planten die het meeste verdampen. Een vergelijkbaar probleem doet zich voor bij het gebruik van apparatuur voor het meten en/of regelen van de watergift.

Het kiezen van een representatieve plaats voor zo'n meetopstelling geeft in de praktijk vaak problemen. Bij teelten in de grond doen genoemde problemen zich veel minder voor, omdat hierbij veelal van totale dagsommen van de straling wordt uitgegaan en er tussen de dagsom van de globale straling en de gewasverdamping per daglichtperiode (en ook per 24 uur) een duidelijk rechtlijnig verband bestaat (zie figuur 28.2.).

### 28.1.3. Luchtvochtigheid en verdamping

Bij luchtvochtigheid wordt in de tuinbouw veelal gedacht aan relatieve luchtvochtigheid (RV). Over RV bestaan nogal wat misverstanden. RV is een percentage van de maximale hoeveelheid waterdamp die in een (kas)lucht aanwezig kan zijn, bij de heersende temperatuur. Zonder aanvullende gegevens zegt de RV-waarde heel weinig over de gewasverdamping en worden verkeerde conclusies getrokken ten aanzien van gewasreacties. Zo is het een misverstand dat gewassen bij een RV van 100% niet kunnen verdampen.

Toch heeft luchtvochtigheid, maar dan (uitgedrukt) als absolute luchtvochtigheid wel degelijk invloed op de gewasverdamping. We moeten echter niet alleen rekening houden met de absolute luchtvochtigheid van de kaslucht, maar tevens met de (verzadigde) luchtvochtigheid in de bladholten achter de huidmondjes. Juist het verschil in luchtvochtigheid tussen bladholten en kaslucht is de drijvende kracht voor de verdamping van een plant. Dit verschil wordt vochtdeficit genoemd. Het vochtdeficit tussen blad en kaslucht mag niet worden verward met het vochtdeficit van de kaslucht zelf. Bij het laatste gaat het om het verschil in vocht tussen de heersende absolute luchtvochtigheid en de verzadigde absolute luchtvochtigheid van de (kas)lucht. Luchtvochtigheid en vochtdeficit wordt meestal uitgedrukt in grammen waterdamp per m<sup>3</sup> droge lucht.

Beter is om de term dampspanning en dampspanningsdeficit te gebruiken als maat voor de verdampende kracht. Zoals uit figuur 28.1. blijkt wordt de verzadigde luchtvochtigheid of dampspanning mede bepaald door de bladtemperatuur. Omdat de bladtemperatuur bij zonnige omstandigheden 1 á 4 °C hoger kan zijn dan de kasluchttemperatuur is het dampspanningsdeficit tussen blad en kaslucht aanzienlijk groter dan het dampspanningsdeficit van de kaslucht zelf. Alleen onder die omstandigheden waarbij de bladtemperatuur gelijk is aan de kasluchttemperatuur bestaat er geen verschil in waarde tussen de twee genoemde dampspanningsdeficits. Dit verklaart ook waarom bij een RV van 100% (dampspanningsdeficit van de kaslucht=0) en een bladtemperatuur van enkele graden boven de kasluchttemperatuur (bij veel zon) er toch een grote gewasverdamping plaats vindt. Ook bij  $T_{blad} = T_{kas}$  is het dampspanningsdeficit blad-lucht de drijvende kracht voor verdamping.

Het geheel is echter nog een stuk gecompliceerder. Bijvoorbeeld: door het (plotseling) verlagen van de luchttemperatuur daalt het dampspanningsdeficit tussen blad en kaslucht. De verdamping neemt daardoor af zodat de plant minder zal koelen waardoor de bladtemperatuur zal stijgen. De verzadigde dampspanning in het blad zal hierdoor toenemen, wat weer leidt tot een toename van het dampspanningsdeficit tussen blad en kaslucht. Dit bevordert weer de gewasverdamping. Er ontstaat een nieuw evenwicht. Het uiteindelijke resultaat hiervan is dat de afname van de gewastranspiratie kleiner is dan alleen op grond van de temperatuurverlaging was te verwachten. Men noemt dit ingewikkelde verschijnsel het terugkoppelings-effect. Er bestaan bij de gewasverdamping nog meerdere terugkoppelings-effecten onder andere met  $CO_2$ .

#### 28.1.4. Dampspanningsdeficit

Reeds meerdere malen is het begrip dampspanningsdeficit gebruikt. In principe is dit de beste factor om de mate van gewasverdamping te berekenen. Een probleem hierbij is echter dat voor een juiste berekening van het dampspanningsdeficit tussen blad en kaslucht, de bladtemperatuur gemeten of berekend moet worden. Metingen van de bladtemperatuur zijn op praktijkschaal niet gemakkelijk uit te voeren. Daar komt bovendien de vraag bij van welk deel van de plant de bladtemperatuur moet worden gemeten.

#### 28.1.5. Invloed $CO_2$ -gehalte op de gewasverdamping

De hoogte van het  $CO_2$ -gehalte in een kas is een belangrijke factor voor de mate van opening van huidmondjes. De huidmondjesopening is weer van invloed op de gewasverdamping. Naarmate het  $CO_2$ -gehalte stijgt zullen huidmondjes zich in meer of mindere mate sluiten, waardoor de gewasverdamping zal dalen. Bij een verhoging van het  $CO_2$ -gehalte van 350 naar 700-800 dpm kan de sluiting van huidmondjes bij tomaat, komkommer en paprika wel 40% bedragen en bij aubergine zelfs nog meer.

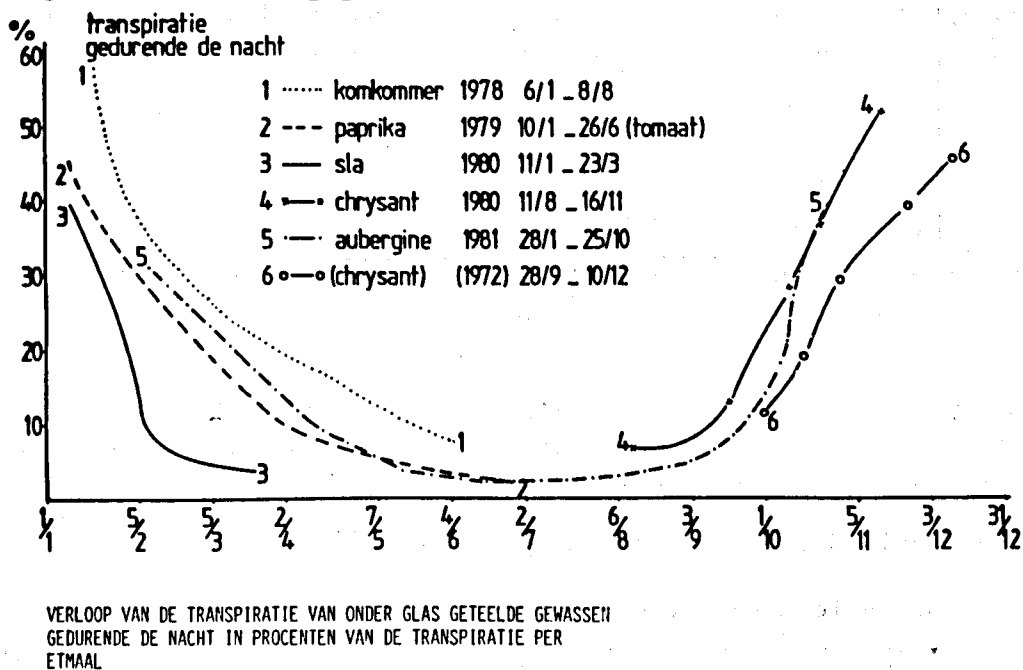
Wat de gevolgen voor de verdamping zijn als de huidmondjes gedeeltelijk sluiten hangt af van de omstandigheden, maar in het algemeen zijn de gevolgen betrekkelijk gering. Dat is als volgt te verklaren. Door huidmondjessluiting bij een hoog  $CO_2$ -gehalte daalt de luchtvochtigheid ten gevolge van afname van de gewasverdamping en stijgt de bladtemperatuur eveneens tengevolge van afname van de ge-

wasverdamping. Door de verminderde gewasverdamping komt er minder waterdamp in de kaslucht en samen met de verhoogde bladtemperatuur stimuleert dit de verdampende kracht en zal een plant weer meer gaan verdampen. Het totale effect van CO<sub>2</sub>-verhoging van 300 naar 700-800 dpm is daardoor slechts 10% minder verdamping, terwijl de huidmondjes toch voor 40% meer gesloten zijn. Deze ingewikkelde invloeden worden eveneens terugkoppelingen genoemd.

De sterkte van de terugkoppeling hangt van verschillende factoren af. Het is dan ook niet goed mogelijk te zeggen hoeveel procent de verdamping verandert bij een bepaalde verandering van de opening van de huidmondjes onder invloed van veranderingen van CO<sub>2</sub>-gehalte. De hiervoor genoemde percentages geven dan ook de orde van grootte aan.

### 28.1.6. Invloed plantgrootte op de verdamping

Naast klimaatfactoren is de plantgrootte (de mate van lichtonderschepping door een gewas) van grote invloed op de verdamping door een gewas. Een plant verdampt bij een gegeven hoeveelheid straling maximaal in een toestand waarbij een maximale bodembedekking en/of stralingsinterceptie wordt bereikt. In figuur 28.4. is voor tomaat en chrysant het lineaire verband tussen (actuele) plantlengte en de plantfactor weergegeven.

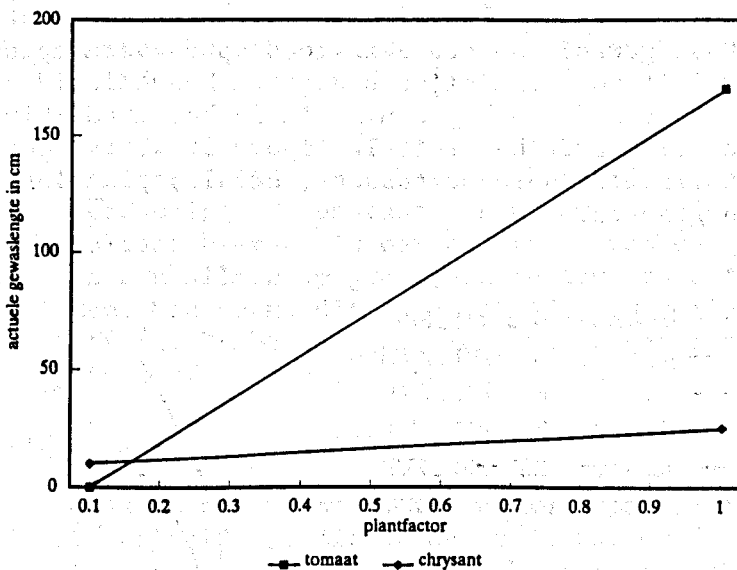


Figuur 28.4. Verloop van de verdamping van onder glas geteelde gewassen gedurende de nacht in procenten van de verdamping per etmaal. Hierbij wordt er van uitgegaan dat de koppen (toppen) van de planten zich steeds boven in het volle licht bevinden en niet naar beneden hangen (groeien) zoals bij de ouderwetse manier van tomaten en de huidige manier van komkommers telen. In werkelijkheid verloopt het verband tussen actuele plantlengte en plantfactor niet lineair maar volgens een kromme lijn. Om praktische redenen wordt er echter van een lineair verband uit gegaan. Bovendien is niet alleen de plantlengte van belang voor de mate van lichtinterceptie maar wordt dit mede bepaald door de plantafstand en de grootte van het blad. Hiertoe zou de LAI (leaf area index) bekend moeten zijn.

De LAI is in de praktijk echter (nog) niet goed te meten.

### 28.1.7 Verdamping gedurende de nacht

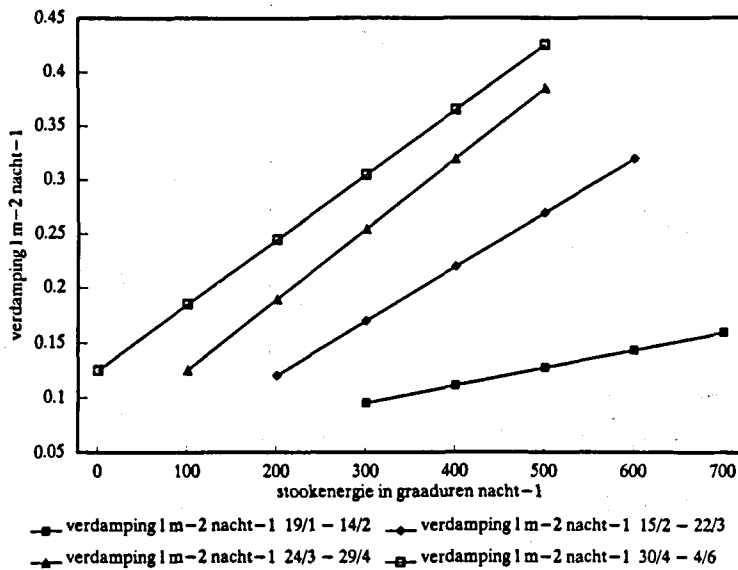
Uit waarnemingen bij tomaat, komkommer en chrysant blijkt dat de verdamping gedurende de nacht zowel absoluut als relatief groot kan zijn. In de zomermaanden met niet of weinig stoken vindt 5-8% van de totale gewasverdamping tijdens de (korte) nacht plaats. Gedurende perioden met lange nachten en veel stoken kan dit percentage oplopen tot gemiddeld meer dan 50% van de totale etmaal verdamping. Een overzicht van het procentuele aandeel tijdens de nacht van de totale etmaalverdamping is weergegeven in figuur 28.5. Vooral de energie die gedurende de nacht met stoken in de kas is gebracht, draagt bij in de verdamping van het gewas tijdens de nacht.



Figuur 28.5. Verband tussen de plantlengte en de verhouding tussen de transpiratie van een onvolgroeide en een volgroeide plant (factor = actuele lengte/lengte volgroeide plant).

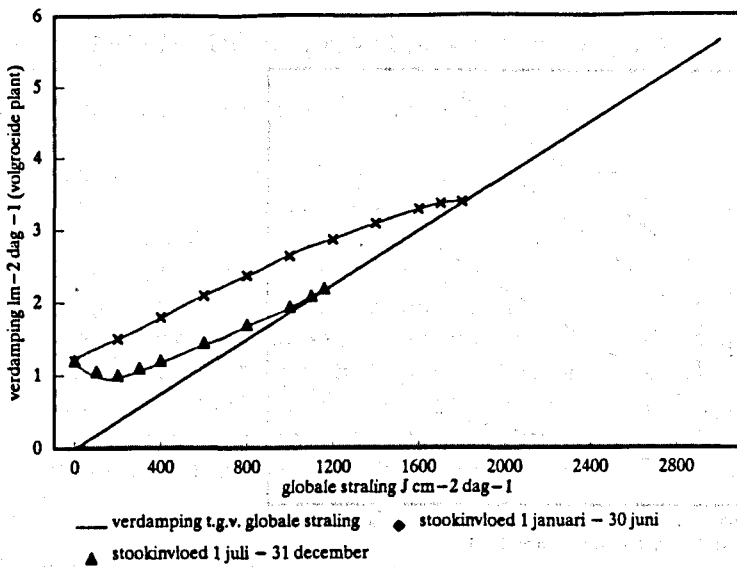
### 28.1.8 Invloed van stoken op de gewasverdamping

De invloed van stoken op de gewasverdamping kan bijzonder groot zijn. In de winterperiode is de invloed van de stookenergie zelfs vaak groter dan de invloed van de globale straling. Met name bij komkommer en chrysant met een in verhouding hoog stookniveau wordt (ook 's nachts) een grote verdamping gemeten. Voor volgroeide komkommerplanten (200-240 cm lang) werd 's nachts in de winter- en voorjaarsmaanden een betrouwbaar lineair verband gevonden tussen de met stoken in de kas gebrachte hoeveelheid energie en de gewasverdamping (figuur 28.6.). Als maat voor de hoeveelheid in de kas gebrachte energie worden graaduren gebruikt. Een graaduur komt overeen met een verschil in temperatuur van 1°C tussen verwarmingsbuis en luchttemperatuur in de kas gedurende een uur.



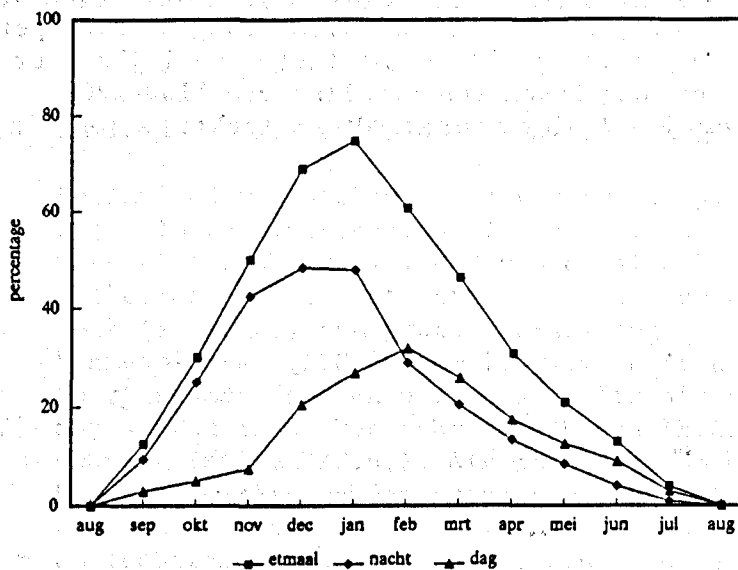
Figuur 28.6. Verband tussen de verdamping van komkommerplanten gedurende de nacht en de stookenergie.

Over langere perioden gezien bestaat er een verband tussen straling en verdamping per dag enerzijds en de tijd van het jaar anderzijds (zie figuur 28.7.). Gemiddeld zal naarmate de straling in de loop van een seizoen af- of toeneemt ook de hoeveelheid per dag in de kas gebrachte stookenergie kleiner of groter worden. In de periode januari tot en met juni zal de energie die met stoken in de kas wordt gebracht, gemiddeld gelijdelijk aan afnemen tot vrijwel nul in eind juni. Op dat moment zal er geen of nauwelijks meer verdamping ten gevolge van stoken plaatsvinden. De verdamping ten gevolge van stoken neemt, naarmate het warmer wordt, absoluut af. Echter, door de grote toename van verdamping gedurende de daglichtperiode neemt het deel van de verdamping door stoken relatief zeer sterk af. De verdamping door stoken neemt overdag eerder af dan tijdens de nacht omdat er boven  $1800 \text{ J.cm}^{-2} \cdot \text{dag}$  in de periode juni-september 's nachts gemiddeld niet of nauwelijks meer wordt gestookt en er overdag boven een straling van  $1100-1200 \text{ J.cm}^{-2} \cdot \text{dag}$  gemiddeld niet meer wordt gestookt.



Figuur 28.7. Schematisch verband tussen globale straling, verdamping van tomaat en de invloed van stoken.

In de periode eind september-december wordt er bij een vergelijkbare hoeveelheid globale straling zowel overdag als 's nachts minder gestookt dan gedurende de voorjaarsperiode door de gemiddeld hogere buitentemperaturen. Gemiddeld<sub>2</sub> wordt<sub>1</sub> er in de najaarsperiode bij een straling lager dan 1200 J.cm<sup>2</sup>.dag<sup>-1</sup>, naarmate er minder straling is geweest, geleidelijk aan meer gestookt. De gewasverdamping ten gevolge van stoken is in die periode ten opzichte van de globale straling dan ook evenredig kleiner. De verklaring hiervoor is de in verhouding tot de globale straling hogere (buiten)temperatuur in het najaar in vergelijking met het voorjaar. In figuur 28.8. is een overzicht gegeven van het aandeel van stoken op de verdamping van een tomatengewas.



Figuur 28.8. Invloed andere factoren dan licht (stoken) op de verdamping van tomaat in procenten van de totale verdamping.



## 28.2. Watergift

Bij het bepalen van de grootte van de watergift moet behalve met de transpiratie, rekening worden gehouden met een aantal bijkomende factoren. Dit geldt vooral voor teelten in de grond.

Zo heeft de grond (soort, grondwaterstand, structuur en doorlatendheid) invloed op de watergift. Dit komt vooral tot uiting in de capillaire aanvoer (opdrachtigheid) en de verliezen van water naar het grondwater. Op zandgronden die niet diep zijn ontwaterd, wordt vaak minder water gegeven dan op kleigronden. De capillaire aanvoer is daar groot. Op zware kleigronden kunnen vooral bij plaatselijk watergeven grote en diepe scheuren ontstaan. Op deze gronden moet de watergift veelal aanzienlijk groter zijn dan de verdamping, omdat een gedeelte van het water via de scheuren direct naar de ondergrond verdwijnt en niet ter beschikking komt van de plant.

Uit onderzoek op een groot aantal bedrijven bleek, dat naarmate de grondwaterstand lager was (85 cm en meer beneden maaiveld) er in de maanden mei, juni en juli meer water werd gegeven dan bij bedrijven met een ondiepe ontwatering (70 cm of minder beneden maaiveld). In de laatste groep kwamen overwegend zandgronden voor. In de groep met een ontwateringsdiepte van 85 cm of meer kwamen overwegend kleigronden voor.

De hoeveelheden en de kwaliteit van de wortels kunnen door diverse omstandigheden nogal verschillen (structuur van de grond, ziekten, wateroverlast en het gebruikte gietsysteem). Indien er weinig en/of minder actieve wortels voorkomen, moet men met de nodige voorzichtigheid water geven. Meer keren een kleine gift is dan beter dan een éénmalige grote gift.

De zoutconcentraties van het gietwater kunnen soms hoog zijn en er kunnen zouten accumuleren in het wortelmedium, waardoor het nodig is om meer water te geven dan strikt nodig is om de verliezen aan water door verdamping aan te vullen. Doorspoelen tijdens de teelt is dan noodzakelijk om te voorkomen dat de zoutconcentratie in het wortelmedium te hoog oploopt. In het algemeen blijkt men in de praktijk, ook bij lage zoutconcentraties in het gietwater, circa 20-30% extra water door te spoelen.

Uit milieu-oogpunt moet zo min mogelijk worden doorgespoeld. Het is dus zaak water van een zo goed mogelijke kwaliteit te gebruiken. Het bepalen van de juiste watergift lijkt bij substraatteelten gemakkelijker dan bij teelten in kasgrond. Een zekere hoeveelheid water doorspoelen (30-40%) tijdens de teelt is bij substraatteelten in de praktijk gebruikelijk. In de nabije toekomst zal hergebruik van water verplicht worden en kan er in principe ruim worden doorgespoeld.

### 28.2.1. Berekening van de grootte van de waterbehoefte

De verdamping kan vrij goed worden berekend. Op basis van de berekende verdamping is het mogelijk om, indien er met een aantal bijkomende factoren rekening wordt gehouden, een schema op te stellen om de grootte van de watergift voor langere perioden (één of meerdere dagen) op te baseren. Zo'n schema is echter niet meer dan een leidraad en de kennis en ervaring van de tuinder kunnen hierbij niet worden gemist.

Tabel 28.1.1 geeft een overzicht van de buitenstraling in  $J.cm^{-2}.dag^{-1}$  per maand (berekend over een gemiddelde van tien jaar), de berekende verdamping van tomaat ten gevolge van straling en stoken in  $l.m^{-2}.dag^{-1}$  eveneens per maand.

Tabel 28.1. Verband tussen gemiddelde globale straling ( $J.cm^{-2}.dag^{-1}$ ) per maand en verdamping (mm per dag) van tomaat bij een volgroeide plant.

periode *	straling	verdamping t.g.v. straling **	verdamping t.g.v. stoken ***	totale verdamping
januari	228	0,41	1,20	1,61
februari	455	0,81	1,10	1,91
maart	844	1,50	0,98	2,48
april	1377	2,45	0,75	3,20
mei	1810	3,22	0,28	3,50
juni	1956	3,48	0,10	3,58
juli	1787	3,18	0,05	3,23
augustus	1548	2,76	0,05	2,81
september	1070	1,90	0,05	1,95
oktober	626	1,11	0,30	1,41
november	285	0,51	0,57	1,08
december	180	0,32	0,70	1,02

\* gemiddelde over een periode van 10 jaar

\*\* volgroeide plant (verdamping = straling \* 0,00178)

\*\*\* volgroeide plant (verdamping = graaduren \* 0,00022)

Voor teelten op substraat, waarbij voor korte perioden water wordt gegeven, is het goed mogelijk om de watergift te automatiseren. Automatisering is mogelijk met behulp van meer of minder geavanceerde startbakken (zie hoofdstuk 29) of een watergeefrekenmodel.

### 28.2.2. Watergeefrekenmodel

Een watergeefrekenmodel is een systeem van automatisch watergeven via berekening van de verdamping inclusief een bepaalde hoeveelheid drainwater en meting van de gerealiseerde werkelijke hoeveelheid drainwater. Dit systeem werd in 1986 voor het eerst in de praktijk geïntroduceerd. In augustus 1992 maakten 150-200 bedrijven met succes gebruik van een dergelijk systeem.

Essentieel bij een watergeefmodel is de meting van de werkelijke hoeveelheid drainwater. Afwijkingen van de werkelijk gemeten hoeveelheid drainwater ten opzichte van de berekende/ingestelde hoeveelheid drain worden via het watergeefrekenmodel bij een volgende druppelbeurt gecorrigeerd. Correctie vindt in de praktijk plaats door de pauzetijd, bij een gelijkblijvende gift, te verkleinen of te vergroten. Doordat steeds terugkoppeling van de gemeten hoeveelheid drainwater plaatsvindt, is het niet direct noodzakelijk om de verdamping zeer nauwkeurig te berekenen.

Het door het PTG ontwikkelde transpiratiemodel is een 'vereenvoudigd' model, waarbij factoren worden gebruikt die ook in de praktijk gemakkelijk te meten zijn (globale straling, kasluchttemperatuur, buistemperatuur en de plantlengte). Eén en ander is weergegeven in figuur 28.9.

Figuur 28.9. 'Vereenvoudigd' transpiratiemodel PTG voor tomaat.\*

---

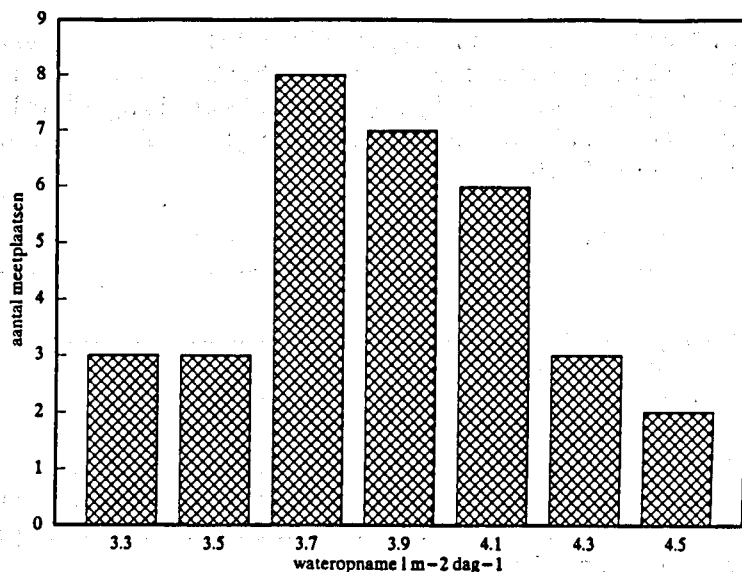
Tr	= (a x R <sub>bu</sub> + b x Gr <sub>min</sub> ) x c
Rt	= Transpiratie in l.m <sup>-2</sup> .dag <sup>-1</sup> (mm.dag <sup>-1</sup> )
R <sub>bu</sub>	= Globale straling buiten
a	= 1,78 x 10 <sup>-5</sup> (tomaat)
Gr <sub>min</sub>	= Graad-minuut (een graad-minuut is het verschil tussen buistemperatuur en kasluchttemperatuur van een graad gedurende een minuut)
b	= 0,22 x 10 <sup>-4</sup> (tomaat)
c	= Plantgrootte factor = actuele lengte/lengte van een volgroeide plant

---

\* Voor andere gewassen kunnen a, b en c iets andere waarden hebben.

De berekening van de gewasverdamping via de formule in figuur 28.9. is zeker niet de meest nauwkeurige. Er bestaan andere meer algemeen en nauwkeurige berekeningen van de verdamping. Berekeningen waarbij tevens rekening wordt gehouden met het dampspanningsdeficit tussen blad en kaslucht, de bladweerstand en (meer) met de lichtonderschepping (LAI) door het gewas. Voor deze manier van berekenen zijn echter een aantal gegevens noodzakelijk (zoals bladtemperatuur, bladweerstand en LAI) die in de praktijk niet zo eenvoudig zijn te meten of te berekenen. Bovendien moet er voor een kas of kasafdeling met een bepaald gemiddelde worden gewerkt en zijn de verschillen in verdamping ten opzichte van het gemiddelde vaak vrij groot. Daarnaast spelen factoren als doorspoelen, verschillen in druppelafgifte en onderlinge verdampingsverschillen per plant een grote rol. Dit geldt trouwens ook voor het vereenvoudigd model. Bij het regelen van de juiste watergift is het terugkoppelen van de gemeten hoeveelheid drainwater een essentieel onderdeel van het PTG-watergeefmodel. Het is dan ook niet direct noodzakelijk om voor het regelen van een juiste watergift te werken met een bijzonder nauwkeurige berekening van de gewasverdamping. Verschillen tussen de berekende gewasverdamping of waterbehoefte en de werkelijke gewasverdamping of waterbehoefte worden via terugkoppeling door meting van de werkelijke hoeveelheid drainwater gecorrigeerd bij de volgende gietbeurt(en).

Indien andere nauwkeurige en praktisch bruikbare transpiratiemodellen ter beschikking komen, kunnen deze zonder meer in het watergeefrekenmodel worden opgenomen. Blijft echter de vraag of het noodzakelijk en mogelijk is om voor het watergeven met een zeer nauwkeurig transpiratiemodel te werken. Ook bij een nauwkeurige berekening van de transpiratie blijft het probleem van eventuele grote transpiratieverschillen binnen een kas (zie figuur 28.10.).



Figuur 28.10. Frequentieverdeling wateropname tomaat (verdamping plus opname voor groei) van 32 meetplaatsen in een kas op 25 juni 1985.

Het watergeefrekenmodel gaat van het volgende uit:

$$\text{Gift} = \text{transpiratiedeel} + \text{drainagedeel} + \text{correctie.}$$

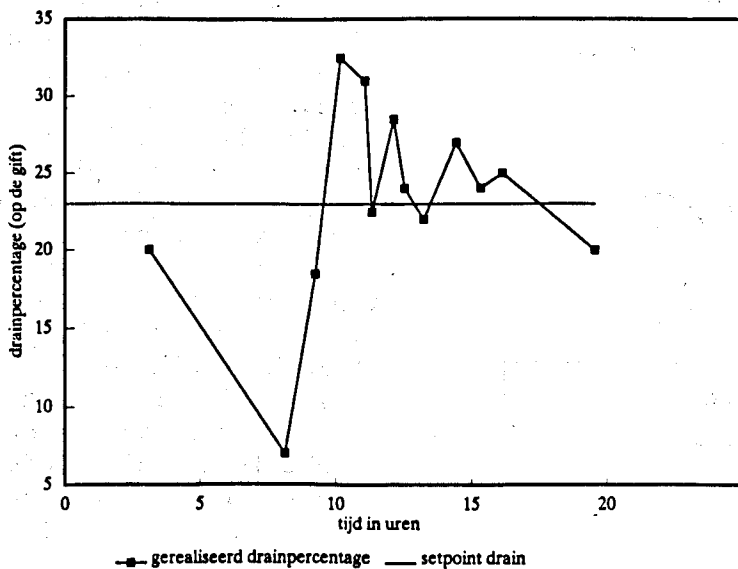
- Gift = een bepaalde ingestelde vaste gift per druppelbeurt. Het is aan te bevelen de ingestelde vaste gift in de loop van een teelt zodanig bij te stellen dat steeds gemiddeld een bepaalde druppelfrequentie wordt bereikt.
- Transpiratiedeel = een variabele berekende hoeveelheid transpiratie.
- Drainagedeel = een variabele berekende hoeveelheid drainwater.
- Correctie drain = een berekende hoeveelheid water voor correctie bij afwijkingen van de gerealiseerde hoeveelheid drainwater ten opzichte van de berekende hoeveelheid drainwater.
- Startwaarde = drainagedeel plus drainagecorrectie (maximaal een bepaalde hoeveelheid van de gift, bijvoorbeeld 40%).

Berekening van het transpiratiedeel, drainagedeel en de correctie vindt plaats via een computerprogramma. Dit programma start telkens met het berekende drainagedeel plus correctie. Per minuut wordt de berekende transpiratie hierbij opgeteld net zolang tot de totale som gelijk is aan de ingestelde gift. Bij de eerste keer starten van het programma is de correctie uiteraard nog nul en wordt alleen het berekende drainagedeel in rekening gebracht. Afhankelijk van de gerealiseerde drain is de correctie positief of negatief. Een tekort aan drain (positieve correctie) heeft tot gevolg dat bij een niet veranderde transpiratie-intensiteit de tijd tussen twee druppelbeurten kleiner wordt. (Het berekende transpiratiedeel wordt kleiner ten gevolge van de toegenomen correctie.) Een teveel aan drain geeft het omgekeerde effect (negatieve correctie). Drainmeting vindt plaats nadat een bepaalde hoeveelheid transpiratie is geregistreerd.

De gerealiseerde hoeveelheid drainwater (in procenten van de gift of van de transpiratie) is een goed bruikbare maat voor het juist functioneren van het watergeefmodel. Figuur 28.11. geeft een voor-

beeld van het verloop van het momentane drainpercentage, berekend op de gift voor een paprikagewas. Gemiddeld voor de gehele dag lagen setpointdrain en gerealiseerde drain zeer dicht bij elkaar. Uit het verloop van het drainpercentage kan de conclusie worden getrokken dat het hierboven beschreven watergeefrekenmodel tot praktisch goed bruikbare resultaten leidt.

Het watergeefrekenmodel werkt het meest succesvol bij relatief veel watergeefbeurten. De snelheid van correctie is dan het snelst. Op dagen met weinig verdamping en in verhouding grote watergiftten zal het watergeefrekenmodel niet optimaal functioneren.



Figuur 28.11. Verloop drainpercentage paprika.

Het besproken watergeefrekenmodel heeft wat de transpiratie betreft betrekking op een tomatengewas. De relatie globale straling met de transpiratie en de relatie stookenergie met de transpiratie zijn waarschijnlijk niet voor alle gewassen gelijk. Tot nu toe is echter nog onvoldoende bekend om van alle bekende onder glas geteelde gewassen de relatie van globale straling of stookenergie met de transpiratie te geven. Het watergeefrekenmodel is in principe voor elk gewas bruikbaar mits de juiste parameters bekend zijn.

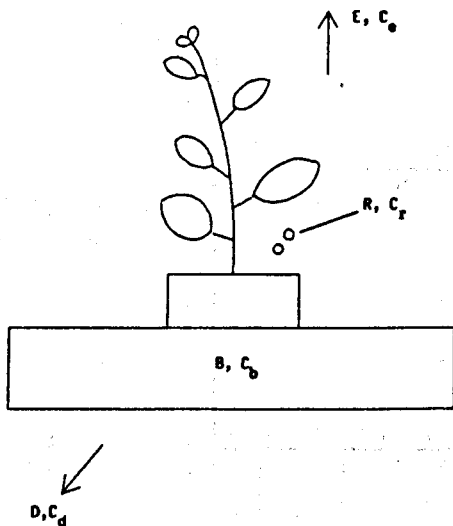
29. WATERHUISHOUDING BIJ TEELT OP SUBSTRAAT

Bij teelt op substraat zijn enkele systemen van watervoorziening te onderscheiden.

- Drainagesysteem met vrije drainage.
- Drainagesysteem met hergebruik van drainwater.
- Alternatieve systemen.

29.1. Drainagesysteem met vrije drainage

Het drainagesysteem met vrije drainage is momenteel het meest gangbare systeem. Het meest gebruikte substraat is steenwol. De hierna



volgende bespreking is daarom toegespitst op dit substraat. Bij dit systeem is de steenwol in plasticfolie ingeluid of in kunststof goten geplaatst. Bij elke plant bevindt zich voor de toevoer van de voedingsoplossing een druppelaar. Het systeem is erop gebaseerd dat, om overal voldoende water te krijgen, een zekere hoeveelheid voedingsoplossing wordt overgedoosd. Hiertoe worden openingen gemaakt in het plasticfolie of aan het eind van de goten, waardoor het overtollige drainage kan weglopen.

Figuur 29.1 geeft een schema van de waterhuishouding van het drainagesysteem.

Figuur 29.1 Schema waterhuishouding en concentraties in de waterstromen.

Deze figuren geeft de waterstromen met bijbehorende concentratie weer. Dat het een en ander met elkaar samenhangt, blijkt uit de formules 1 en 2.

Indien  $B$  en  $C_b$  constant worden gehouden geldt:

$$(1) R = E + D$$

$$(2) R \times C_r = (E \times C_e) + (D \times C_d)$$

Hierin is:

$B$  en  $C_b$  = de waterberging in de mat en de concentratie aan voedingszouten in de mat;

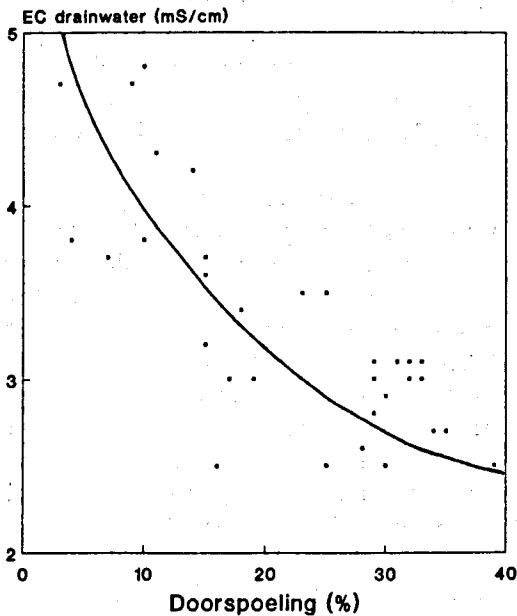
$R$  en  $C_r$  = de watergift en de concentratie in het druppelwater;

$E$  en  $C_e$  = de wateropname door het gewas en de concentratie in de opnamestroom;

$D$  en  $C_d$  = de drainafvoer en de concentratie in het drainwater.

De concentratie aan voedingszouten in het drainwater is, bij een normaal drainpercentage, nauw gecorreleerd met de concentratie in de mat. De wateropname (zie figuur 28.10.) en de concentratie aan voedingszouten in de opnamestroom blijkt sterk afhankelijk te zijn van de instraling (zie figuur 22.2.).

- In de praktijk hebben bovenstaande formules de volgende betekenis:
- De watergift moet worden aangepast aan opnamesnelheid (zie hoofdstuk 28).
  - De hoeveelheid drainwater uitgedrukt als percentage van de gift (zie paragraaf 29.4.) moet stabiel zijn. Wanneer deze varieert zal ook de EC in de mat verlopen.
  - Op zonnige dagen moet de EC in het druppelwater worden verlaagd en wanneer daarin een bepaalde minimum EC-waarde moet worden gehandhaafd, moet het drainpercentage worden verhoogd om het oplopen van de EC in het wortelmilieu te voorkomen.
  - Ongelijkheid in afgifte van de druppelaars komt tot uiting in ongelijkheid in de EC van de matten en het drainwater (zie figuur 29.2.).



Figuur 29.2. Verband tussen de EC in het drainwater en het doerspoelpercentage. Op een bedrijf met tomatenteelt werd bij 32 groepjes van 2 planten de watergift, de hoeveelheid drainwater en de EC in het drainwater bepaald. De EC in het drainwater werd gemeten op 10 mei 1985 en het drainpercentage heeft betrekking op de periode van 2 tot 10 mei 1985. EC druppelwater was circa 2,0 mS.cm<sup>-1</sup>.

## 29.2. Waterberging bij de plant

Bij een rijenteelt op steenwol bevindt zich doorgaans ongeveer 10 liter steenwol per m (100 m per ha). Bij een regelmatige watergift is het vochtgehalte in de mat circa 75%. De watervoorraad bij de plant is dan circa 7,5 liter per m. Het gewas beschikt dan in geval van een calamiteit over een voldoende reserve om onregelmatigheden in de watervoorziening op te vangen, mits de vochthoudendheid van de matten voldoende gelijkmatig is. Een kleinere vochtvoorraad bij de plant of het geheel ontbreken ervan stelt aanzienlijk hogere eisen aan het technisch functioneren van de watertoevoer.

### 29.2.1. Vochtigheid steenwolmat

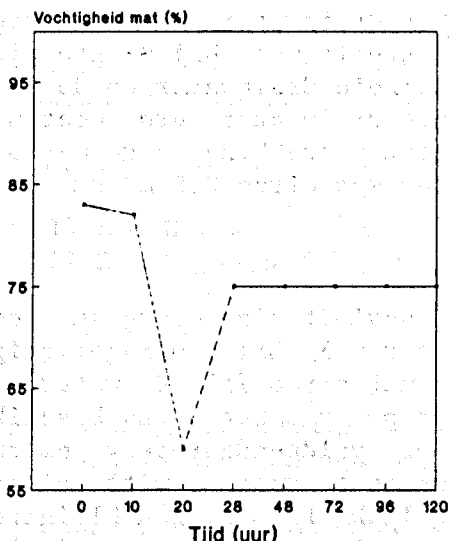
De vochtigheid van de steenwolmat heeft twee aspecten:

- De watervoorziening van de planten.
- De luchtvoorziening bij de wortels.

Bij de teelt in steenwol kan de plant ook bij lage vochtgehalten over voldoende water beschikken, omdat bij een laag vochtgehalte de vochtspanning nog laag is. Niet de vochtspanning maar het oplopen van de EC bij indroging van de mat is dan limiterend voor de mate van indroging van de mat. Bij een te droge mat ontstaat dan zoutschade door het oplopen van de EC.

Bij de teelt in steenwol is de water- en luchthuishouding zodanig dat onder normale omstandigheden in de mat geen problemen ten aanzien van het functioneren van de wortels optreden, althans in het voorjaar en in de zomer. Naar de mening van de praktijk zou de mat in het najaar nogal eens te nat zijn, waardoor problemen met de luchtvoorziening kunnen ontstaan. De groei loopt dan terug, het wortelstelsel verzwakt en de plant wordt gevoelig voor ziekten.

De vochtigheid en daarmee de luchtvoorziening bij teelt in steenwol is moeilijk te sturen. Een beperkte mogelijkheid voor het verlagen van de vochtigheid van de steenwolmat is het tijdelijk geen water geven, bijvoorbeeld 's nachts of op een donkere dag. Daarna moet alleen de gewasverdamping worden aangevuld. Bedacht moet worden dat wanneer men de vochtigheid in de steenwolmat eenmaal heeft verlaagd en nadien niet meer doorspoelt, ongelijkheid in vochtigheid van de steenwolmatten kan ontstaan. Deze ongelijkheid wordt veroorzaakt door de verschillen in afgifte van de druppelaars en opname door het gewas. Gaat men daarna weer ruimer druppelen dan zal de vochtigheid van de mat weer toenemen (zie figuur 29.3.).



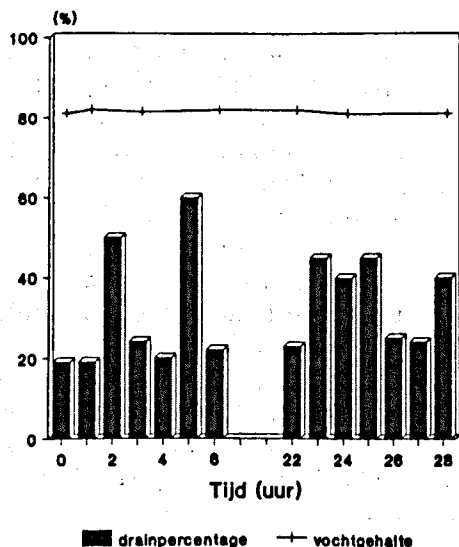
Figuur 29.3. Het verloop van de vochtigheid van een steenwolmat, bepaald via weging. Na een periode van indroging (door verdamping van een komkommersgewas) werd intensief watergegeven. De mat kan na het indrogen weer vocht opnemen maar niet meer zoveel als daarvoor. (Proefstation Naaldwijk, 1986).



In 1991 introduceerde een steenwolfabrikant het zogenaamde Actieve Drainage Systeem (ADS). Bij dit systeem loopt het drainwater via een plug in de niet uitgedraineerde mat door een buizenstelsel naar de retourput. Het is een systeem voor het verzamelen van drainwater en voor het regelen van de vochtigheid van de mat.

Uit toetsing van het systeem onder praktijkomstandigheden zal moeten blijken of het systeem goed functioneert en wat het effect is van het regelen van het vochtgehalte van de mat.

In de praktijk wordt wel beweerd dat naarmate meer wordt doorgevoeld de mat natter wordt. Uit figuur 29.4. blijkt echter dat het drainpercentage nagenoeg geen invloed heeft op het vochtgehalte van de mat.



Figuur 29.4. De invloed van het percentage drainwater op de vochtigheid van de steenwolmat (proef Grodan, 1987).

### 29.2.2. Groei beheersen

Bij een vroege stookteelt wordt getracht de groei van jonge tomaatplanten te beheersen voordat de pot op de mat gezet wordt. Door de steenwolpot gedeeltelijk te laten indrogen wordt de vegetatieve groei geremd, terwijl de generatieve groei juist wordt gestimuleerd. In verzadigde toestand heeft de steenwolpot een vochtinhoud van circa 500 gram. De pot mag tot circa 350 gram indrogen. Het handhaven van een hoge EC in de pot is eveneens een belangrijke rem op de vegetatieve groei.

### 29.2.3. Vochtmeting van de mat

Meting van de vochtigheid van de steenwolmat in het veld is, zoals uit het voorgaande blijkt, gewenst. Enkele methoden zijn in ontwikkeling:

- Weging van de mat. Dit is alleen mogelijk als het gewas niet wordt meegewogen.
- Met behulp van een zogenaamde Time Domain Reflectory (TDR) meter. Bij deze techniek wordt de verplaatsingssnelheid van een elektromagnetische puls in het substraat gemeten. De verplaatsingssnelheid is een maat voor het vochtgehalte van het substraat. Het ap-

apparaat bestaat uit een sensor en een meetkast. De sensor bestaat uit drie evenwijdige, roestvrij stalen pennen die in het substraat worden gestoken. Het systeem is ontwikkeld door de TFDL-Wageningen en de firma Eykelenkamp en wordt momenteel getest voor gebruik in steenwol.

- Het zogenaamde Water Content Meter (WCM) systeem is eveneens door de TFDL ontwikkeld in samenwerking met Grodan. Het apparaat is enigszins vergelijkbaar met de TDR meter maar heeft een iets ander werkingsprincipe. Ook dit apparaat verkeert in de ontwikkelingsfase en wordt nog op zijn betrouwbaarheid getoetst.

### 29.3. Watervoorziening

Bij teelt op steenwol met een drainagesysteem vindt de watervoorziening doorgaans via druppelaars plaats. Bij een rijenteelt wordt een druppelbeurt van circa 100 cc aangehouden. Het aantal druppelbeurten per dag varieert dan van enkele keren per dag in het vroege voorjaar tot 30-40 maal per dag op zonnige zomerse dagen.

Tabel 29.1. toont de resultaten van een proef met gietfrequenties in een herfstteelt in 1988. Uit deze proef en ook uit andere proeven blijkt dat de gietfrequentie bij tomaat binnen de onderzochte grenzen nauwelijks enig effect heeft op produktie en kwaliteit.

Tabel 29.1. Invloed gietfrequentie op produktie en % neusrot bij een herfstteelt tomaten op steenwol, Proefstation Naaldwijk najaar 1988. De totale gift van alle behandelingen was gelijk alleen de hoeveelheden per gietbeurt verschilden.

Behandeling Neusrot	ml per gietbeurt	Produktie (kg.m <sup>-2</sup> )		Neusrot (%)
		tot 17/10	t/m 14/11	
1	100	6,2	10,8	34
2	400	5,9	10,5	37
3	800	5,8	10,7	36
4	1200	6,0	10,5	35

Bij tomaat kan de druppelfrequentie dus zonder problemen worden verlaagd. In situaties met een wat ongelijkmatige watergift bij de start en bij het einde van een druppelbeurt, verdient het aanbeveling de irrigatiefrequentie te beperken om zodoende een meer gelijkmatige verdeling te krijgen.

In discussies over het watergeven komt vaak aan de orde of al of niet 's nachts water moet worden geven. De luchtvoorziening in de mat zou verbeteren wanneer 's nachts niet wordt gedruppeld. Uit een proef met vroege vleestomaten bleek het al of niet 's nachts druppelen geen invloed te hebben op produktie en kwaliteit. Eind september was circa 30 kg per m<sup>2</sup> geoogst. De verschillen tussen de behandelingen bedroegen toen maximaal 0,2 kg per m<sup>2</sup> (Venlo, 1988). In andere proeven werd de invloed van het aantal druppelaars per plant bij een komkommerteelt nagegaan. Behandelingen met 1 tot 4 druppelaars werden opgenomen. Uit de resultaten bleek nagenoeg

geen effect van het aantal druppelaars op produktie en kwaliteit.

### 29.3.1. Capaciteit watergeefstelsysteem

In de zomer kan de verdampingssnelheid van de meeste groentegewassen op het midden van de dag oplopen tot 0,6 à 0,7 liter per m<sup>2</sup> per uur (zie figuur 28.9.). Wanneer men ervan uitgaat dat continu een drainpercentage van circa 30% moet worden gehaald, moet de druppelinstallatie een capaciteit van 1,0 liter per m<sup>2</sup> bedrijfsoppervlak per uur hebben.

### 29.3.2. Druppelaar

De watervoorziening bij de teelt op steenwol vindt voornamelijk plaats met behulp van de zogenaamde insteeksystemen. De druppelaars zijn bij deze systemen via een slangetje aan de verdeelslang gemonteerd. Het labirint- en het capillairsysteem zijn de belangrijkste typen bij deze werkwijze. Een belangrijke eis voor het goed functioneren van een druppelsysteem is een gelijkmatige afgifte, ofwel een lage gevoeligheid voor verstopping. De mate van ongelijkheid kan worden uitgedrukt in de variatiecoëfficiënt (vc). Zie voor classificatie van de vc tabel 29.2.

Tabel 29.2. Classificatie variatiecoëfficiënt.

Variatiecoëfficiënt	Beoordeling
< 5	goed
5-10	matig
>10	slecht

In een test werd de gevoeligheid voor verstopping van een aantal druppelsystemen met elkaar vergeleken. Van de insteeksystemen bleken de druppelaars van het capillaire type gevoeliger voor verstopping dan de labirintdruppelaars.

De gelijkmatigheid in druppelafgifte blijkt van bedrijf tot bedrijf en in de loop van de tijd sterk te verschillen (zie tabel 29.3.).

Tabel 29.3. De variatiecoëfficiënt (vc) van de afgifte van de druppelaars van drie bedrijven in 1987.

Maand	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 3
Maart	8,6	-	18,7
April	9,0	5,2	18,7
Mei	9,6	3,8	18,1
Juni	9,9	4,5	17,2
Juli	15,3	5,2	17,6
Augustus	18,1	4,8	18,7
September	18,4	5,0	-

De oorzaak voor het verstopt raken van druppelaars moet worden gezocht in het neerslaan van zowel organisch als anorganisch materiaal. Schoon water en goede filtratie zijn een eerste vereiste.

Om tijdig verstopping van het druppelsysteem te onderkennen dient regelmatig (1x per maand) de vc en de gemiddelde afgifte (in liters per uur) in een steekproef van circa 30 druppelaars te worden nagegaan. Ook door het registreren van het debiet per kraanvak met de druk op de leiding in het kraanvak is tijdig constateren van verstopping mogelijk. Neemt het debiet af en de waterdruk toe, dan zijn maatregelen tegen verstopping nodig.

Ter voorkoming van verstopping wordt tijdens de teelt wel waterstofperoxide meegedruppeld. Deze stof werkt in op organische vervuiling zoals algen. In lopend onderzoek wordt nagegaan of deze toevoeging effectief is en of schade aan het gewas optreedt.

#### 29.4. Drain

Zoals eerder al is gezegd, moet een zekere hoeveelheid water worden overgedoseerd om de ongelijkheid van het druppelsysteem en verdamping te vereffenen. De hoeveelheid drainwater wordt doorgaans uitgedrukt op de watergift. In formule:

$$L = \frac{D}{R} \times 100\%$$

Hierin is L de doorspoelfractie in procenten van de gift.

Is alleen de wateropname door het gewas bekend, dan is de gift als volgt te berekenen.

$$R = \frac{E}{100 - L}$$

Bij een goed functionerend druppelsysteem is een minimum drainpercentage van circa 20% vereist. Om de EC in de mat bij hoge instraling niet te ver te laten oplopen, moet de EC in het druppelwater onder die omstandigheden worden verlaagd tot circa 1,5 mS.cm. Vaak wordt een hoger drainpercentage in combinatie met een hoge druppel-EC aangehouden (zie hoofdstuk 8).

Om het effect na te gaan van de hoeveelheid drainwater op de produktie werd een proef met twee doorspoelregimes uitgevoerd (zie tabel 29.4.). Ondanks de vrij extreme behandelingsniveaus werd geen betrouwbaar effect op de produktie waargenomen.

Tabel 29.4. Effect doorspoelpercentage op produktie bij een komkommerteelt in steenwol (Venlo, 1986).

% doorspoeling	Produktie (kg m <sup>-2</sup> )		
	16 mei	6 juni	27 juni
20% drain	2,6	7,4	12,0
60% drain	2,6	7,0	11,4

##### 29.4.1. Automatiseren watergift en controle drain hoeveelheid

Uit de inleiding blijkt dat bij teelt op steenwol voor een goede watervoorziening en regeling van de EC in de mat een regeling van de hoeveelheid drainwater noodzakelijk is. Dit is te realiseren met

een systeem voor de automatisering van de watergift.

Naast deze regeling is een goede controlemeting van de drainhoeveelheid nodig. Dit kan op drie manieren.

- Op een aantal plaatsen per kasafdeling kan van bijvoorbeeld 10 planten het drainwater via een goot en een emmer worden opgevangen. De drainwaterhoeveelheid kan dagelijks met behulp van een maatkan worden gemeten.
- Als de voorgaande manier, maar dan met automatische meting, bijvoorbeeld via een capacitatieve methode. Automatische registratie is dan mogelijk.
- Centraal opvangen van het drainwater. Het drainwater van de hele kas wordt via een gotenstelsel en een opvangput verzameld en met behulp van een watermeter tijdens het periodiek wegpompen gemeten.

Met gegevens over de watergift, verkregen via meting met een watermeter is het percentage drainwater te berekenen.

## 29.5. Hergebruik van drainwater

Bij hergebruik van drainwater loopt het drainwater niet vrij de kasgrond in, maar wordt opnieuw gebruikt. Het drainwater wordt hiertoe via goten of slurven opgevangen en via een leidingstelsel en opvangvaten verzameld. Van hieruit wordt het naar een groot drainwaterreservoir gepompt. Na ontsmetting wordt het drainwater gemengd met het druppelwater.

De voordelen van hergebruik van drainwater zijn:

- besparing van water en meststoffen (zie hoofdstuk 8);
- er kan ruimer worden doorgespoeld. Ongelijkheid in watergift en verdamping wordt dan goed ondervangen. Gedacht wordt aan een drainpercentage van 40-50%;
- hieruit volgt dat met een hoge EC ( $2,0-2,5 \text{ mS.cm}^{-1}$ ) kan worden gedruppeld. Dit wordt vaak gezien als bevorderlijk voor de vruchtkwaliteit van groentegewassen;
- bij een hoog doorspoelpercentage kan bemonstering voor chemische analyse ook in het drainwater gebeuren in plaats van in de mat, hetgeen aanzienlijk eenvoudiger is.

## 29.6. Alternatieve systemen

### 29.6.1. Voedingsfilm met recirculatie

Bij teelt met een continue watergift staan de planten in een dun laagje voedingsoplossing. Gewoonlijk wordt dit NFT (Nutrient Film Technique) genoemd. De watertoevoer vindt plaats via een centrale inlaat op het hoogste eind van een aflopende goot. De voedingsoplossing wordt continu rondgepompt. Tijdens de teelt treden nogal eens problemen met het wortelstelsel op. Dit systeem wordt daarom weinig toegepast. Bij een infectie met een besmettelijke ziekte is het gevaar op verspreiding via de voedingsoplossing onvermijdelijk als deze niet wordt ontsmet. De hoeveelheid rondgepompte voedingsoplossing bij NFT is een veelvoud van de wateropname door het gewas. Ontsmetting van dergelijke hoeveelheden water is daarom te kostbaar.

### 29.6.2. Wortelberegening

Het systeem met wortelberegening is een substraatloos systeem waarbij geteeld wordt in bakken met een deksel met plantgaten. Onder elk bed ligt een sproeileiding die zeer frequent voedingsoplossing op de wortels sproeit. Nadelen van dit systeem zijn de hoge investeringskosten en de grote hoeveelheden water die moeten worden rondgepompt (hoge kosten voor ontsmetten).

### 29.6.3. Substraatbedden

Bij een substraatbed komt het substraat te liggen op een laag folie met daarop een drainslang. De verscheidenheid aan substraten is groot: zand, veen, kleikorrels, flugsand en dergelijke. De watervoorziening vindt aanvankelijk plaats via de regenleiding. Later in de teelt wordt met inline slangen gedruppeld.

### 29.6.4. Overige alternatieve systemen

- Teelt op betonvloer waarbij de plant op een vliesdoek op een cocosmat wordt geplaatst.
- Eb en vloed systeem toegepast bij beddenteelt (diep-watercultuur) en bij teelt op betonvloer.