

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

PLANTEVOEDING IN DE GLASTUINBOUW

Tweede herziene uitgave ◦

**no. 87
Informatiereeks
September 1989**

Prijs: f 25,-

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

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

**De proefstations stellen zich niet
aansprakelijk voor eventuele
schadelijke gevolgen die kunnen
ontstaan bij gebruikmaking van de
gegevens uit deze uitgave.**

Deze brochure is samengesteld door:

A. van den Bos	Proefstation Naaldwijk
N. van der Burg	Proefstation Naaldwijk
B. van Goor	IB/Proefstation Naaldwijk
R. de Graaf	Proefstation Naaldwijk
D. Klapwijk	Proefstation Naaldwijk
A. Kreuzer	Proefstation Naaldwijk
C. de Kreij	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	Consulentschap Naaldwijk

Typewerk: M. van der Maarel, Proefstation Naaldwijk

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

Deze brochure is uitgegeven door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk. U kunt deze en andere brochures bestellen door het bedrag dat op de omslag is vermeld, over te maken op postbanknummer 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 brochurenummer.



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	17
2.2.8.	Mengmeststoffen	18
2.2.9.	Langzaamwerkende meststoffen	19
2.2.10.	Vloeibare meststoffen	20
2.3.	Organische meststoffen	21
2.3.1.	Stalmest	22
2.3.2.	Kippenmest	22
2.3.3.	Afgewerkte champignonmest	22
2.3.4.	Dunne mest	22
2.3.5.	Cacao-afval kalk	22
2.3.6.	Boomschors	23
2.3.7.	Stro (gehakseld)	23
2.3.8.	Rioolslib	23
2.3.9.	Veenprodukten	23
2.3.10.	Gewas versnipperen	23
3.	CHEMISCH-FYSISCHE ACHTERGRONDEN VAN HET GRONDONDERZOEK (C. Sonneveld)	24
3.1.	Grondonderzoek	24
3.2.	Verdunning bodemoplossing	24
3.3.	Neveneffecten van verdunning	27
3.3.1.	Moeilijk oplosbare zouten	27
3.3.2.	Dilution and valency effect	28
3.3.3.	Relaties met bodemvocht	28
3.4.	Hoeveelheid voedingsstoffen	29

3.5.	Bemesting en analysecijfers	31
4.	VERSCHILLEN BIJ DE BEMESTING VAN GROND EN SUBSTRAAT (C. Sonneveld)	32
4.1.	Wortelvolumen	32
4.2.	Voorraad voedingsstoffen	32
4.3.	Spoorelementen	33
4.4.	Bodemoplossing	33
4.5.	Bufferwerking	34
4.6.	Opname en voorraad	35
4.7.	pH	35
4.8.	Verzouting	36
5.	BEMONSTERING VAN GROND EN SUBSTRAAT (A. van der Wees)	38
5.1.	Monsternamen - algemeen	38
5.2.	Groenteteelt in grond	39
5.3.	Bloemeteelt in grond	40
5.4.	Fruitteelt in de grond	40
5.5.	Potgrond	40
5.6.	Teelten in kunstmatige substraten	40
5.7.	Recirculatiesysteem	41
5.8.	Veensubstraat	41
5.9.	Watermonsters	41
6.	EFFECTEN VAN ZOUT (C. Sonneveld)	42
6.1.	Zout	42
6.2.	Osmotisch effect	42
6.2.1.	Osmotische druk	42
6.2.2.	EC	43
6.2.3.	Zoutgevoeligheid gewassen	43
6.3.	Specifieke effecten	45
6.3.1.	Natrium en chloride	45
6.3.2.	Sodiciteit	45
6.3.3.	Calcium	46
6.4.	Gunstige zouteffecten	47

7.	NAUWKEURIGHEID VAN HET GROND- EN SUBSTRAATONDERZOEK (C. Sonneveld)	48
7.1.	Analysefout	48
7.2.	Monsterfout	48
7.3.	Nauwkeurigheid van het grondonderzoek	50
7.4.	Nauwkeurigheid substraatonderzoek	51
8.	DE MINERALENUISHOUDING VAN GLASTUINBOUWBEDRIJVEN (N. van der Burg)	53
8.1.	Bemesting bij verschillend bodemgebruik	53
8.2.	Kunstmestgebruik bij teelt in grond	54
8.3.	Kunstmestgebruik bij teelt in steenwol	55
8.4.	Balansonderzoek	56
9.	GEWASONDERZOEK (C. Sonneveld)	59
9.1.	Analyse	59
9.2.	Variatie in gehalten	59
9.3.	Rassen en gevoeligheid voor overmaat	62
9.4.	Monsternamen	62
9.4.1.	Groenten	63
9.4.2.	Bloemen	63
9.4.3.	Bewaren en vervoer	63
9.5.	Voorbehandeling	63
9.6.	Totaal analyse en plantesap	64
10.	INTERNE KWALITEIT VAN GROENTEGEWASSEN (A. van den Bos)	66
10.1.	Opname	66
10.2.	Bromide	66
10.3.	Nitraat	68
10.4.	Zware metalen	69
11.	PLANTEVOEDING, GEBREK- EN OVERMAATVERSCHIJNSELEN (C. de Kreij)	72
11.1.	Algemeen	72
11.2.	Stikstof (N)	73

11.3.	Fosfor (P)	73
11.4.	Kalium (K)	74
11.5.	Magnesium (Mg)	74
11.6.	Calcium (Ca)	74
11.7.	Zwavel (S)	75
11.8.	IJzer (Fe)	75
11.9.	Mangaan (Mn)	75
11.10	Koper (Cu)	76
11.11.	Zink (Zn)	76
11.12.	Borium (B)	76
11.13.	Molybdeen (Mo)	76
12.	CALCIUMZIEKTEN BIJ GROENTEN ONDER GLAS (B. van Goor)	77
12.1.	Calciumgebreksziekten	77
12.1.1.	Neusrot	77
12.1.2.	Randen van sla	80
12.1.3.	Randen van kool	83
12.1.4.	Zwarte harten in bleekselderij	83
12.2.	Afwijkingen samenhangend met een hoog calciumgehalte	83
12.2.1.	Stip bij paprika en goudspikkels bij tomaat	83
12.2.2.	Kelkverdroging bij aubergine	88
12.2.3.	Waterziek bij tomaat	88
13.	BETEKENIS VAN DE 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, 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
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.	BEMESTINGSADVISING 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.	De verhouding van de voedingselementen in de voedingsoplossing	106
16.5.	Concentratieregeling voedingsoplossing	106
16.6.	Ionenverhoudingen grondanalysecijfers	107
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.	Uitzonderingssituaties	109
16.14.	Samenvatting uitvoering systeem	109

17.	CHEMISCHE VERANDERINGEN IN DE GROND DOOR STOMEN (C. Sonneveld)	111
17.1.	Mangaan	111
17.1.1.	Het effect van stomen	111
17.1.2.	Mangaanvastlegging na stomen	113
17.2.	Stikstof	115
17.2.1.	De directe invloed van stomen	116
17.2.2.	Stikstofhuishouding na het stomen	117
17.3.	Bromide	119
17.4.	Chemische effecten en plantengroei	119
18.	FYSISCH EIGENSCHAPPEN TEELTSUBSTRATEN (D. Klapwijk)	121
18.1.	Vocht karakteristiek	121
18.2.	Bepalingsmethode van een vocht karakteristiek	124
18.3.	Vocht karakteristiek van potgrond	124
18.4.	Vocht karakteristiek van verschillende potgronden	126
18.5.	Vocht karakteristiek steenwol	126
19.	GRONDSTOFFEN VOOR TEELTSUBSTRATEN (D. Klapwijk)	129
19.1.	Herkomst veenprodukten	129
19.2.	Veenprodukten	130
19.2.1.	Veenmosveen	130
19.2.2.	Turfstrooisel	130
19.2.3.	Bontturf	131
19.2.4.	Zwartveen	131
19.2.5.	Tuinturf	131
19.2.6.	Bonkveen	131
19.2.7.	Restprodukten	132
19.3.	Andere plantaardige produkten	132
19.3.1.	Boomschors	132
19.3.2.	Houtmot	132
19.3.3.	Naaldengrond en bladgrond	132
19.3.4.	Rijstkaf	132
19.3.5.	Compost en stalmest	132
19.4.	Onbewerkte minerale stoffen	133
19.4.1.	Zand	133
19.4.2.	Klei	133
19.4.3.	Flugsand (lavazand)	133
19.5.	Bewerkte minerale stoffen	133
19.5.1.	Perlite	133

19.5.2.	Vermiculiet	134
19.5.3.	Gebakken kleikorrels	134
19.5.4.	Steenwolvlokken	134
19.6.	Kunststofprodukten	134
19.6.1.	Polystyreenschuim	134
19.6.2.	Polyphenolschuim	134
19.6.3.	Ureumformaldehydeschuim	134
19.6.4.	Polyurethaan- en polyetherschuim	135
20.	POTGRONDEN, SAMENSTELLING EN PRODUKTIECONTROLE (D. Klapwijk en W. van Schie)	136
20.1.	Potgronden voor verschillende toepassingen	136
20.1.1.	Potgrond voor tuin-/perkplanten	136
20.1.2.	Potgrond voor potplanten	136
20.1.3.	Potgrond voor bolbloemen	137
20.1.4.	Potgrond voor de boomteelt	137
20.1.5.	Potgrond voor de groenteteelt	137
20.1.6.	Potgrond voor kleinverpakking	137
20.2.	Chemische en fysische normen voor potgronden	138
20.2.1.	Chemische eisen	138
20.2.2.	Fysische eisen	138
20.2.3.	Waardering analysecijfers	139
20.2.4.	Waardering spoorelementen in potgrond	140
20.3.	Controle op de samenstelling van potgronden	140
20.3.1.	De Stichting R.H.P.	140
20.3.2.	De Technische Commissie R.H.P.	140
20.3.3.	Werkwijze R.H.P.	141
20.3.4.	Deelnemers R.H.P.	141
21.	BETEKENIS VAN DE ANALYSECIJFERS BIJ TEELTEN IN SUBSTRAAT (A. van der Wees)	142
21.1.	Analyses substraat	142
21.1.1.	Onderzoekpakketten	142
21.1.2.	pH	143
21.1.3.	EC	143
21.1.4.	Hoofdelementen	144
21.1.5.	Spoorelementen	145
21.2.	Beoordelen/waarderen van de analyseresultaten bij teelten in kunstmatige substraten	146
21.2.1.	Beoordeling per gewas en teeltsysteem	146
21.2.2.	EC(c)	148
21.3.	Globale waardering van de analysecijfers bij de teelt in venige substraten (1:1,5 extract)	150
21.3.1.	Hoofdelementenonderzoek	150
21.3.2.	Spoorelementenonderzoek	150
22.	BEMESTEN VAN TEELTEN IN VEENSUBSTRAAT (C. de Kreij)	152

22.1.	Vorraadbemesting	152
22.1.1.	Bekalking	152
22.1.2.	Hoofdelementen	154
22.1.3.	Spoorelementen	155
22.2.	Bijmesten	156
22.2.1.	Vorraadbemesting	156
22.2.2.	Soort veensubstraat	156
22.2.3.	Gewas en gewasstadium	156
22.2.4.	Watergeef- en bemestingsmethode	157
22.2.5.	Concentratie in 1:1,5 volume extract	157
23.	VOEDINGSOPLOSSINGEN (W. Voogt)	158
23.1.	De standaardvoedingsoplossing	158
23.2.	Voedingsoplossing per gewas	159
23.3.	Voedingsoplossingen per teeltsysteem	160
24.	BEMESTING BIJ PLANTENTEELT ZONDER AARDE (W. Voogt)	161
24.1.	Uitgangspunten	161
24.2.	Aanpassing aan de waterkwaliteit	161
24.2.1.	Calcium, magnesium en bicarbonaat	161
24.2.2.	Schemacode	162
24.2.3.	Bijzondere schema's	163
24.2.4.	Schema's voor leidingwater in Het Westland en De Kring	164
24.2.5.	Aanpassingen op spoorelementen	164
24.3.	Richtlijnen voor het bereiden van voedingsoplossingen	164
24.4.	Bemesting tijdens de teelt	165
24.4.1.	EC-waarde	165
24.4.2.	pH-waarde	170
24.4.3.	De voedingsoplossing tijdens de teelt	174
20.4.5.	Aanpassingen bij recirculatiesystemen	176
25.	BEMESTING POTPLANTEN (C. de Kreij en N. Straver)	178
25.1.	Soort potplant	178
25.2.	Vorraadbemesting	178
25.3.	Soort substraat	179
25.4.	Watergeefstelsel	179
25.5.	De voedingsoplossing	180
25.6.	Analyse potgrond en aanpassing voedingsoplossing	180
25.7.	Gewasstadium	180

26.	COMPUTERADVIES STEENWOL (A. Kreuzer)	182
26.1.	Bemestingsadvies	182
26.2.	Analysecijfers	182
26.3.	Waardering analysecijfers	183
26.4.	Voedingsoplossing	183
26.5.	Aanpassing van de voedingsoplossing	184
26.6.	EC advisering	185
26.7.	Na en Cl advisering	185
26.8.	Waardering en aanpassing pH	185
27.	ADVIESBASIS VOOR WATERKWALITEIT (C. Sonneveld)	188
27.1.	Elektrisch geleidingsvermogen, natrium en chloor	188
27.2.	Stikstof, fosfaat en kali	189
27.3.	Calcium en magnesium	189
27.4.	Sulfaat	189
27.5.	Bicarbonaat	190
27.6.	pH	190
27.7.	IJzer	190
27.8.	Micro-elementen	192
27.8.1.	Borium	193
27.8.2.	Fluor	193
27.8.3.	Zink	193
27.8.4.	Mangaan	193
27.8.5.	Koper	193
27.8.6.	Bromide	194
28.	ORGANISCHE STOFFEN IN HET WORTELMILIEU EN NUTRIENT- OPNAME (B. van Goor)	195
28.1.	Humus	195
28.1.1.	Chemie van humus	195
28.1.2.	Onderzoekmethoden van humus	196
28.1.3.	Detectie van humusachtige stoffen	197
28.1.4.	Complexen van "humus"stoffen en nutriënten	198
28.2.	Opname van de complex gebonden nutriënten	200
28.3.	Wortelexydaten	200
28.4.	Conclusies	200

29.	VERDAMPING EN WATERVOORZIENING (R. de Graaf)	202
29.1.	Verdamping	202
29.2.	Watergift	206
29.3.	Berekening van de grootte van de waterbehoefte	207
29.4.	Watergeefrekenmodel	207
30.	WATERHUISHOUDING BIJ TEELT OP SUBSTRAAT (N. van der Burg)	211
30.1.	Drainagesysteem met vrije drainage	211
30.2.	Waterberging bij de plant	213
30.2.1.	Vochtigheid steenwolmat	213
30.2.2.	Groei beheersen	214
30.2.3.	Vochtmeting van de mat	215
30.3.	Watervoorziening	215
30.3.1.	Capaciteit watergeefstelsel	216
30.3.2.	Druppelaar	216
30.4.	Drain	217
30.4.1.	Automatiseren watergift en controle drain hoeveelheid	217
30.5.	Hergebruik van drainwater	218
30.6.	Voedingsfilm met recirculatie	218

1. 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 brochure is 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 "plantevoeding" in plaats van "bemesting" in de glastuinbouw.

De brochure is geschreven met het doel algemene informatie te verstrekken over plantevoeding in de glastuinbouw. Over specifieke onderwerpen zijn veelal aparte brochures of publikaties beschikbaar.

1.2. Indeling

Deze brochure bevat 30 hoofdstukken over plantevoeding 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 13-17 onderwerpen over plantevoeding bij kasteelten. In de hoofdstukken 18-26 wordt gehandeld over plantevoeding bij teelten in substraat. Aan het einde worden in de hoofdstukken 27-30 nog enkele onderwerpen behandeld die niet direct de plantevoeding 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 bodemoplossing 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 geoogste 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

Het Meststoffenbesluit verstaat onder "Meststof" een stof om aan bodem of aan grond te worden toegevoegd ter instandhouding of vermeerdering van het produktievermogen.

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 vinden sommige direct hun weg naar de gebruiker. Andere worden fabrieksmatig uit grondstoffen bereid. Kunstmeststoffen worden in poeder-, kristal-, korrel- of vloeibare vorm geleverd. Is de oplosbaarheid slecht, dan verdient de poedervorm 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. Bij de vloeibare vormen is dit probleem uiteraard niet aanwezig.

Sommige industrieën hebben zich toegelegd op de produktie 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 plantevoedingsstoffen. De meest voorkomende stikstofmeststoffen staan in tabel 2.1.

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

Meststofnaam	Hoofdbestanddelen in element- vorm in gewichtsprocenten					Molaire massa	Volumieke massa	EC-waarde ¹⁾
	K	Ca	Mg	N	S	P (g.mol ⁻¹)	(g.cm ⁻³)	(mS.cm ⁻¹ bij 25°C)
Strooimeststoffen								
Kalkammonsalpeter				27,0				
Stikstofmagnesia- meststof (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			
Triple superfosfaat							20,0	
Superfosfaat					12,6	8,3		
Dubbel kalkfosfaat (F-arm)							20,0	
"Oplosmeststoffen"								
Ureum				46,0		60		
Kalksalpeter		19,0		15,5		(216)		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 ammonium- fosfaat				12,0		26,2	115,0	0,86
Bitterzout			9,9		13,0		246,4	0,94
Calciumhydroxide		53,9					74,1	
Ammoniumnitraat vlb ²⁾				18,0		(156)	1,25	0,86
Magnesiumnitraat vlb ²⁾			6,1	7,0		(400)	1,35	0,54
Calciumnitraat vlb ²⁾	12,5			8,7		(320)	1,50	0,63

1) EC-waarde = de verhoging van de geleidbaarheid (EC) van een oplossing waaraan per liter 1.gram van die meststof wordt toegevoegd.

2) vlb = vloeibaar

In de stikstofbindingsfabrieken wordt stikstof uit de lucht gebonden aan waterstof. Hierbij wordt ammoniak gevormd. Deze ammoniak vormt de grondstof voor de meeste stikstof meststoffen. Zo wordt ureum gefabriceerd uit ammoniak en koolzuurgas. Salpeterzuur wordt geproduceerd door oxyderen van ammoniak. Salpeterzuur gevoegd bij ammoniak levert de verbinding ammoniumnitraat. Om een aantal bezwaren die aan ammoniumnitraat kleven (explosief, brandgevaarlijk, hygroscopisch) 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. 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. Na het stomen van de grond kan de nitrificatie echter tijdelijk stagneren.

De ammoniumstikstof kan worden gebonden aan het adsorptiecomplex en spoelt dus 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 nitrificatie dan slechts in geringe mate plaatsvindt. De ammoniumstikstof kan ook vervluchtigen hetgeen in gesloten kassen gemakkelijk tot ammoniakschade (verbranding) kan leiden.

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

In de meststof ureum komt de stikstof voor in de amidevorm (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 eigenlijk een organische meststof. Het lost goed op in water, maar ioniseert niet.

Salpeterzuur is een belangrijke "stikstof leverancier". Het wordt voornamelijk toegepast in substraatcultures en dient dan ter neutralisatie van het bicarbonaat, aanwezig 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 in water onoplosbaar zijn. 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. Het element 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.

Doordat bij de bereiding van superfosfaat en triple superfosfaat een overmaat aan zuur wordt gedoseerd, is de werking van deze meststoffen in een oplossing enigszins zuur. 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. Bij de aanschaf van deze meststof moet wel op de garantie "fluorarm" worden gelet.

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). Vooral 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" afgezet.

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

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.

Aan kalifixerende 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 in substraatteelten wordt toegepast.

Patentkali, een dubbelzout, wordt voornamelijk toegepast bij de voorraadbemesting. Dit zout bevat naast kali ook magnesium en sulfaat.

2.2.5. Magnesium

De voor de glastuinbouw belangrijkste magnesiummeststoffen worden gegeven 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 magnesamonsalpeter.

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 CaCO_3	53
Kalkmergel CaCO_3	35
Landbouwpoederkalk Ca(OH)_2	60
Schuimaarde $\text{CaCO}_3 + \text{organische stof}$	circa 20

Grof gezeefde, niet gedroogde koolzure kalk draagt de naam kalkmergel. 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 (Meststoffenbesluit) 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 niet in water oplosbaar.

Landbouwpoederkalk is met water behandelde gebrande koolzure kalk. Het heeft een snelle werking. De toepassing van het landbouwpoederkalk is meestal curatief (dus niet gebruikt voor onderhoudsbekaling).

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. Sporelementen

Bij de teelt in substraat is het toevoegen van sporelementen noodzakelijk. Bij teelten in grond is het toevoegen van sporelementen 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. worden een aantal, vooral in de substraatteelt toegepaste, sporelementenmeststoffen weergegeven.

Tabel 2.3. Enkele belangrijke sporelementenmeststoffen.

Naam	Waardegevende bestanddelen in %	Opmerkingen
IJzerchelaat EDTA	Fe)	Werkzaam tot pH 6
IJzerchelaat DTPA	Fe) 3 tot 13 ¹⁾	" " " 7,5
IJzerchelaat EDDHA	Fe)	" " " 12
Borax	B 11	
Mangaansulfaat	Mn 32	
Zinksulfaat	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 ²⁾	0,03 0,19	0,24 0,5 0,05 0,6

1) Gehalte afhankelijk van soort en fabrikant.

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

Met het gebruik van sporelementenmeststoffen is enige voorzichtigheid geboden. Overdosering is snel bereikt en de schade kan dan ernstiger zijn dan het vermeende gebrek (bijvoorbeeld B-overmaat). Wordt overvloedig met ijzerchelaten bemest dan kan mangaangebrek geïnduceerd worden. 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 (zie tabel). De meeste chelaten worden tegenwoordig in vloeibare vorm afgeleverd, achter de naam staat dan vaak de afkorting vlb. Vrij grote hoeveelheden aan sporelementen worden bij gebruik van organische meststoffen zoals stalmest, kippemest, 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. Door dit laatste kan de sporelementenvoorziening van kasgronden weleens in het gedrang komen. Meer informatie ten aanzien van de sporelementenvoorziening bij teelten in substraat wordt in aparte hoofdstukken daarover gegeven.

2.2.8. Mengmeststoffen

Door de industrie wordt een groot aantal mengmeststoffen in de handel gebracht. Voor de glastuinbouw zijn hierbij 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 + %P₂O₅ + %K₂O + eventueel %MgO. De omrekening van de oxidevorm (K₂O, MgO, enzovoort) naar de elementvorm (K, Mg, enzovoort) wordt gegeven in tabel 2.4. De stikstof in deze mengmeststoffen komt vaak in meerdere vormen voor.

stelde 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 een 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. Voor organische bemesting hebben deze meststoffen nauwelijks waarde. Dit laatste kan niet gezegd worden van de 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 van de activiteit van de bacteriën. Bij snelle omzetting naar ammoniak is de kans op verbranding van het gewas niet uitgesloten. Van de genoemde groep van 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%.

2.2.10. Vloeibare meststoffen

Vooraf bij de teelt in substraat neemt de toepassing van vloeibare meststoffen sterk toe. Enkele belangrijke redenen hiertoe kunnen zijn: geen gesjouw meer met zware zakken met meststof en de mogelijkheid tot een vergaande automatisering. Als nadeel kan de soms vrij hoge investering genoemd worden die moet worden gepleegd voor de opslag en de verwerking van het produkt.

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 slechts 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.

Bij de meeste vloeibare meststofpakketten bevat de uiteindelijke voedingsoplossing meestal wat minder natrium (Na) dan de voedingsoplossing die uit "vaste" meststoffen wordt bereid. Bij recirculatiesystemen zou dit een voordeel kunnen zijn. 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 het bestek van deze brochures kan niet verder op de specificaties van de vloeibare meststoffen worden ingegaan. De fabrikanten kunnen op aanvraag alle gewenste informatie leveren, zoals opslag, verwerking, produktsamenstelling enzovoort.

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 het aantal micro- en macro-organismen in de grond.

Bij de vertering van organisch materiaal komt CO_2 vrij. Speciaal onder glas kan dit van betekenis zijn, omdat deze CO_2 aanzienlijk kan bijdragen in de verhoging van het CO_2 -gehalte van de lucht in de kas. In het verleden werd hiervan bijvoorbeeld bij de komkommer teelt op stro gebruik gemaakt.

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

Het gebruik van dierlijke meststoffen is sinds 1986 geregeld in de Mestwet. Per are (100 m^2) mag jaarlijks niet meer dan 1,25 kg P_2O_5 in de vorm van bijvoorbeeld stalmest of iets dergelijks worden gegeven, of eens per twee jaar het dubbele. Dit komt ongeveer overeen met een stalmestgift van 300 kg per are (600 kg per twee jaar). Gemengd met 60 à 70% hoogveen kan per jaar dan 1 m^3 gemengde mest worden gegeven. Bewaar afleveringsbewijzen van de dierlijke mest minstens twee jaar in verband met controle!

Onderzoek van meststoffen vindt plaats op het Rikilt te Wageningen (speciaal voor de handel) of op het Bedrijfslaboratorium te Oosterbeek. Een gefundeerd advies is vaak 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.

De keuze van de soort en de hoeveelheid is afhankelijk van de mestwet, het doel, de verwerking en soms de prijs. Het is gebruikelijk in nieuwe kassen de maximale hoeveelheden toe te passen.

Bij lage gehalten aan organische stof van de kasgrond, minder dan 2 à 3%, is extra hoogveen 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, 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.

2.3.1. Stalmest

Bij stalmest kan men onderscheiden: koe-, varkens- of paardemest, de mest kan oud of vers zijn, stro-rijk of stro-arm. Het gebruik loopt uiteen van 300 tot 600 kg per are. 600 kg per are is toegestaan als het jaar daarop 0 kg wordt gegeven. 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, zodat de stalmest mee wordt gestoomd.

2.3.2. Kippenmest

Kippenmest kennen we "vers" en "gedroogd" (duur). Ook kan worden onderscheiden: pure kippenmest of mest gemengd met turfmolm of met zaagsel (kippenstrooiselmest). Kippenmest is rijk aan voedingsstoffen. Het gehalte aan voedingsstoffen kan sterk variëren. Het gevaar voor een te hoog gehalte en voor ammoniakverbranding is aanwezig. Het jaarlijks gebruik ligt bij kippenmest op 200 kg per are, mits niet gedroogd.

2.3.3. 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!

2.3.4. 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 warenhuis verspoten. Jaarlijkse toediening: 500 à 800 liter per are. Het organische stofgehalte en de voedende waarde zijn ongeveer de helft van die van stalmest. Wat de werking betreft zijn die van stikstof, fosfaat en kali van betekenis. Ook op het gebruik van deze mest is de Mestwet van toepassing.

2.3.5. Cacao-afval kalk

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

2.3.6. 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.

2.3.7. Stro (gehakseld)

Dit materiaal heeft als organische stof een vrij korte werkingsduur. De vertering van stro₂ vraagt relatief veel stikstof: 2 à 3 kg kalkammonsalpeter per 100 m² bij een toediening van 100 kg stro per 100 m². Deze stikstof komt op termijn weer vrij!

2.3.8. 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.

2.3.9. Veenprodukten

Een paar 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 (Drenthe 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, eenzijdig gebruik van oligotroof veen verzuurt de grond. Extra bekalking is dan gewenst. De combinatie: kalk + oligotroof veen werkt boriumgebrek in de hand.

2.3.10. Gewas versnipperen

Soms worden afgedragen gewassen na de teelt versnipperd. Dit is een vorm van organische-stofvoorziening. Bij een onderzoek op een twaalftal 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 optreedt. Deze stikstof komt later weer voor de plant beschikbaar.

3. CHEMISCH-FYSISCH E 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 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.

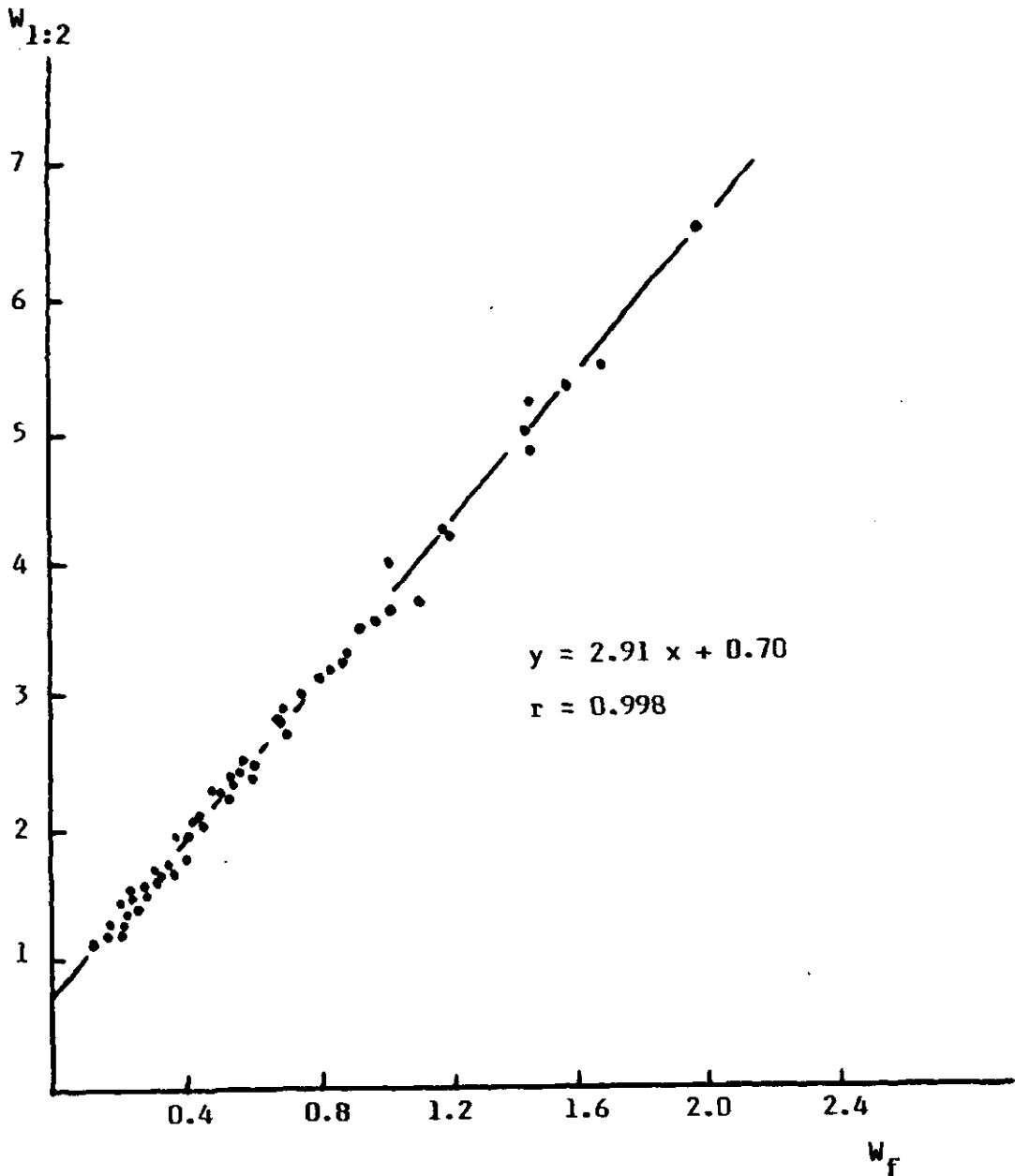
Belangrijk voor de opname is vaak ook de onderlinge verhouding van de kationen of anionen. Verder komt het voor dat de concentratie van een ander ion in het wortelmilieu meer bepalend is voor de opname van een voedingsion dan de concentratie of hoeveelheid van dit ion zelf. Veelal spelen combinaties 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 op zich is dan vooral ook het totale gehalte aan ionen in het wortelmilieu van belang. Een goede schatting van de totale ionenconcentratie in het wortelmilieu is alleen mogelijk met behulp van waterige extractie of door winning van de bodemoplossing. Laatstgenoemde methode 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.

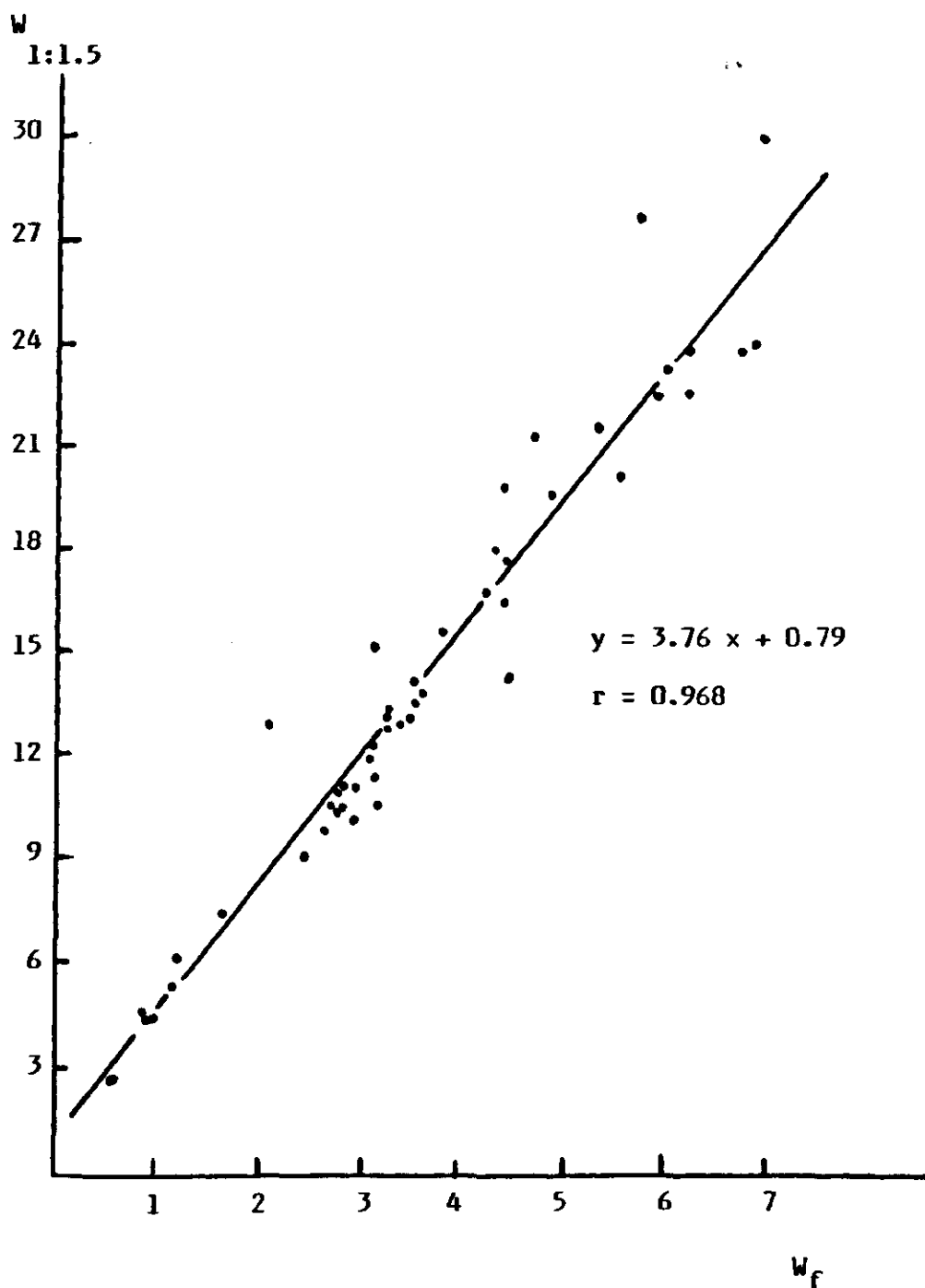
3.2. Verdunning bodemoplossing

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. Het verdunnen van een voedingsoplossing brengt concentratieverandering met zich. Indien bij deze verdunning 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 Naaldwijk 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 uitéénlopen.



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:

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

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 van kasgrond en veensubstraten.

Kasgrond		
vochtgehalte veldvochtig	vochtgehalte 1:2 suspensie	verdunning
0,2	1,28	6,4
0,4	1,86	4,6
0,8	3,03	3,8

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 grond monsters 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. Indien bij het grondonderzoek de bodemoplossing sterk wordt verdund, kunnen de onderlinge verhoudingen tussen de kationen sterk wijzigen. 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 ⁻¹			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:

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

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:

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

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 directe goede relatie met de samenstelling van de bodemoplossing gevonden. Voor nitraat en kali waren deze als volgt:

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

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

Ook hier wordt het verschil tussen 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 organische-stofgehalte van de grond.

Voor het volumegewicht (ϱ_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:

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

Bij een onderzoek in de tachtiger jaren werd gevonden:

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

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

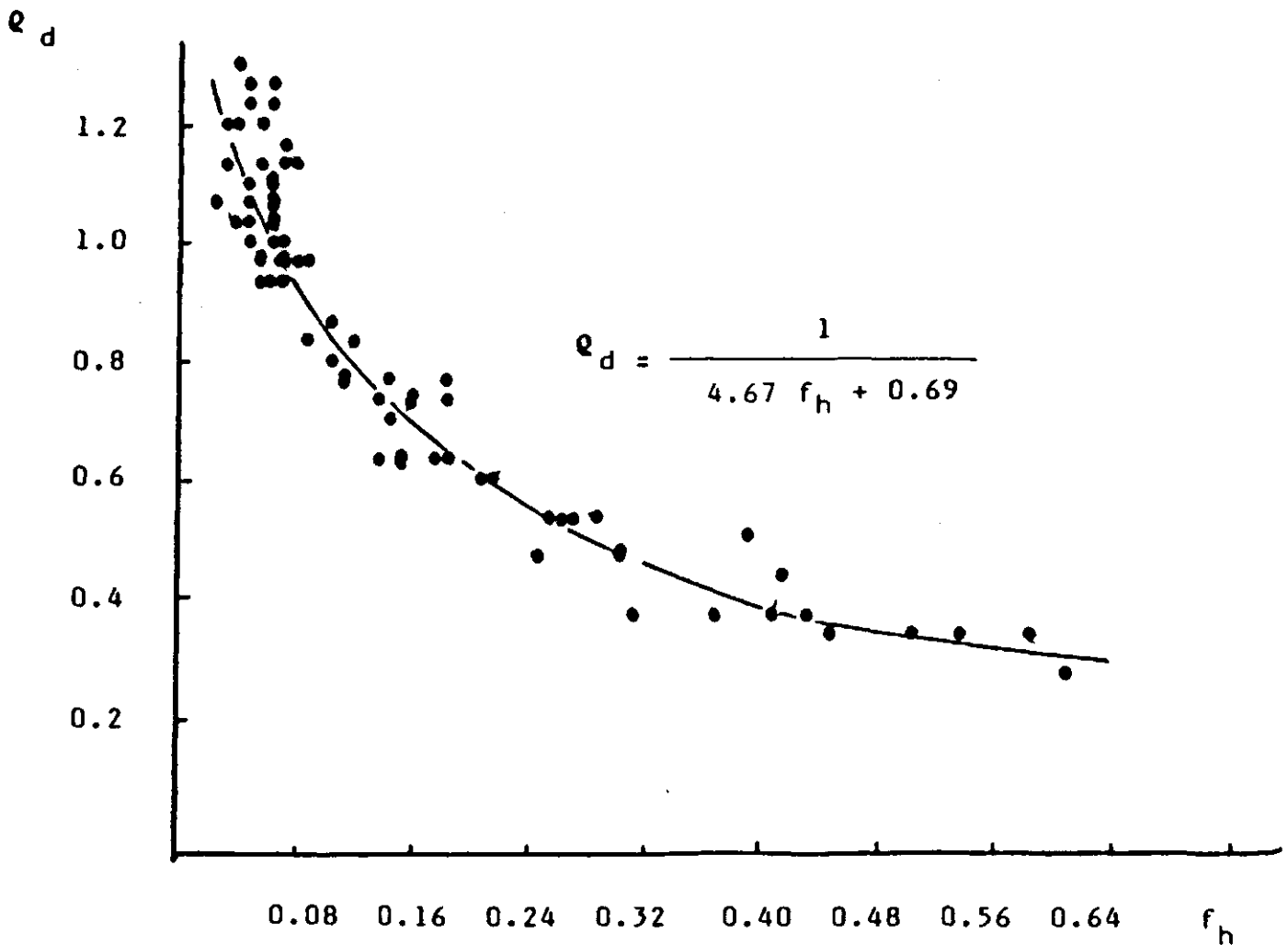
$$W_{(1:2)} = 8,25 \text{ OS} + 0,99$$

De berekening verloopt nu als volgt.

Gegevens: kasgrond met een massa fractie organische stof van 0,12, een NO_3 in het 1:2 extract van 4 mmol.l^{-1} en een bouwvoordiepte van 0,25 m.

Per m² bouwvoor is dan aanwezig:

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



Figuur 3.3. Het verband tussen het organische stofgehalte en het volumegewicht 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 m³ per 100 m² en een dikte van de bouwvoor van 25 cm.

Tabel 3.4. Hoeveelheden₃vocht bij bereiding van het 1:2 volume-extract, uitgedrukt in m³ per are over een diepte van 25 cm.

% organische stof	Volumegewicht	Vochtgehalte 1:2 (W _{1:2})	m ³ per are
5	1,08	1,40	37,8
10	0,86	1,82	39,1
20	0,62	2,64	40,9
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 m³ 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 vochtgehalte van V volume-procenten is bij een gehalte K aan een bepaald element per liter substraat (1,5 + V:100) K mmol aanwezig. Dit geldt voor een liter veen die is afgestapt bij een druk van 10 kPa. Onder praktijkomstandigheden kan dit 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. In tabel 3.5. is een overzicht gegeven voor verschillende elementen gemiddeld over uiteenlopende grondsoorten.

Tabel 3.5. Toename van analysecijfers onder invloed van bemesting. Berekening op basis van 40 m³ 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 ₂ 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. Wortelvolumen

Het meest opvallende verschil waarmee bij de bemesting rekening moet worden gehouden, is het verschil in wortelvolumen bij de teelt in substraat in vergelijking met de teelt in grond. Bij teelt in grond hebben de planten per m^2 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 wortelvolumen 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^2 kasoppervlak aanwezig is. Bij teelten in substraat is 10 tot 12 liter water per m^2 aanwezig.

4.2. Voorraad voedingsstoffen

Het beschikbare wortelvolumen 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^2 .

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^2).

	Teeltsysteem			
	Kasgrond	Veezakken	Steenwol- matten	NFT
Volume substraat in liter per m^2	500	25	14	-
Volume % water in het substraat	30	50	70	-
Hoeveelheid water in liter per m^2	150	12	10	4
Stikstof in mmol per liter bodemvocht	25	20	15	15
Stikstof mmol per m^2	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. Spooorelementen

Bij bemesting van teelten in grond wordt als regel weinig of geen aandacht besteed aan spooorelementen. Bij teelten in substraat is dit zeker nodig. De meeste spooorelementen 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. De hoeveelheid (biologisch) actief mangaan is bijvoorbeeld vele malen groter dan de opname. In tabel 4.2. is een rekenvoorbeeld gegeven.

Tabel 4.2. De opname aan mangaan per jaar in een komkommerteelt bij een opbrengst van 50 kg per m² in vergelijking met de hoeveelheid actief mangaan in een kleigrond.

Opname gewas per m ²	3	mmol
Gehalte actief Mn in de grond	2,5	mmol.kg ⁻¹
Bewortelbaar volume (50 cm diep)	500	l
Volumegewicht (12% organische stof)	0,93	
Mangaanvoorraad (2,5 x 500 x 0,93)	1162	mmol.m ⁻²

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 bij teelten in grond niet voor in de glastuinbouw. Gezien het grote aantal verzinkte materialen dat wordt gebruikt, is dit ook niet te verwachten. Het enige spooorelement 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 in de bemesting worden opgenomen.

4.4. Bodemoplossing

Bij de analyse van grond en voedingsoplossing is de methode die wordt toegepast. Bij het onderzoek van kasgrond wordt geëxtraheerd met water, waarbij allerlei verdunningseffecten optreden, zoals in hoofdstuk 3 al is duidelijk gemaakt. 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 ₃	$NO_3(pe) = 5,09 NO_3 (1:2) + 0,1$
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 is naast de hoeveelheid voedingsstoffen die in de bodemoplossing aanwezig is, ook nog een hoeveelheid 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 ⁻²	Toename ₁ mmol.l ⁻¹	Toedieping mol.m ⁻²	Toename ₁ mmol.l ⁻¹
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 erg 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.

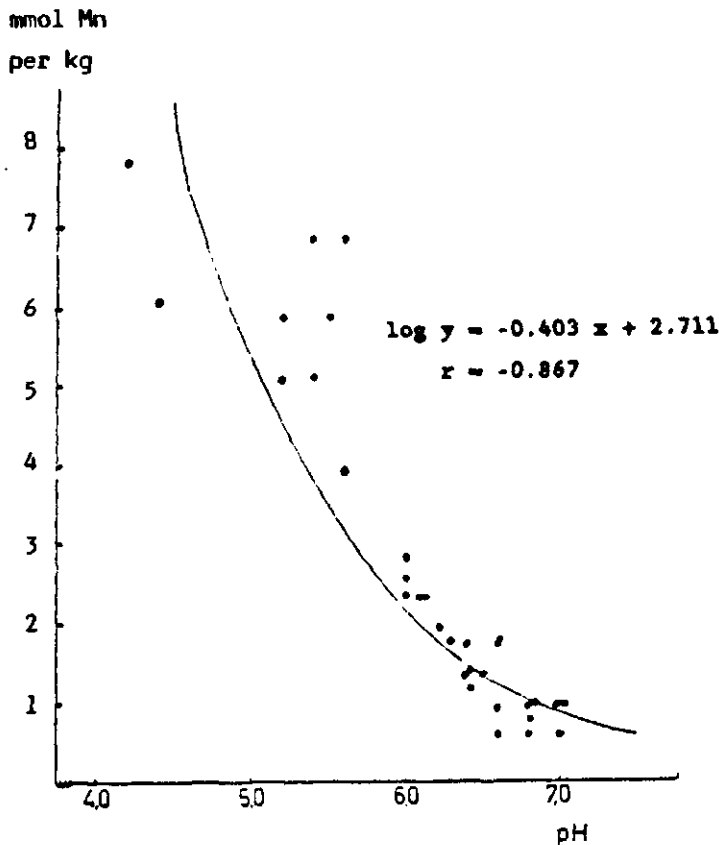
4.6. Opname en voorraad

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 logaritisch 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 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 1 m^{-2}	10	150
Toegediend 1 m^{-2}	30	30
Toegediend Cl $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2}$	120	120
Opgenomen Cl $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2}$	15	15
Na 10 dagen mmol Cl in 10 l water	105	
Na 10 dagen mmol Cl in 150 l water		105
Concentratie mmol/l	10,5	0,7

Zoals blijkt, treedt in beperkt wortelvolume 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 ^wde 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 nemen de monsters 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

Een betrouwbaar monster wordt verkregen als er geschikte apparatuur en verpakkingsmateriaal wordt 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) omvatten.

Voor een goede administratieve begeleiding van de monsters is het gebruik van 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 2 à 3 monster 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 twee à drie 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 echter voor de laatstgenoemde gewassen bemonstering om de 5 à 6 weken meer aanbevelingswaardig.

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 te bemonsteren.

Dit kan ook worden aangeraden na een "rijenteelt" die wordt opgevolgd door een "volveldsteelt".

5.3. Bloemeteelt in grond

Het volvelds bemonsteren wordt bij deze gewassen op dezelfde wijze gedaan als bij de groenteteelt. Monsters die worden gestoken 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 (anjel, 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 voorraadhopen 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 gebruik gemaakt van een speciaal potgrondboortje. 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.

Bij de teelt van cymbidiums in emmers of styropordozen van 40 emmers of dozen het monster over de gehele diepte verzamelen. 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(ten) tegen de andere ingepakte mat(ten) aanligt of plaatsen waar het plastic tussen twee matten is opgetrokken. Direct nadat het monster is verzameld, dient de monsterfles tegen daglicht te worden beschermd door hem te verpakken in niet lichtdoorlatend materiaal.

5.7. Recirculatiesysteem

In teelsystemen 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.

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.

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 heeft bij vrijwel alle gewassen een vermindering van de groei en een verlaging van de opbrengst tot gevolg. 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. Een voor de plant te hoge osmotische druk van het bodemvocht.
2. Het opnemen door de plant van een toxische hoeveelheid van een bepaald ion.
3. Het belemmeren van de opname van een bepaald essentieel voedingselement.

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 groei vermindering dan wel ontstaat. Bij een hoog zoutgehalte in het wortelmilieu worden bepaalde fysiologische processen beïnvloed, zoals de ademhaling en de enzymenhuishouding. Mogelijk moet de groei vermindering 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 door het bereiken van het oplosbaarheidsprodukt van bepaalde zouten, 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.

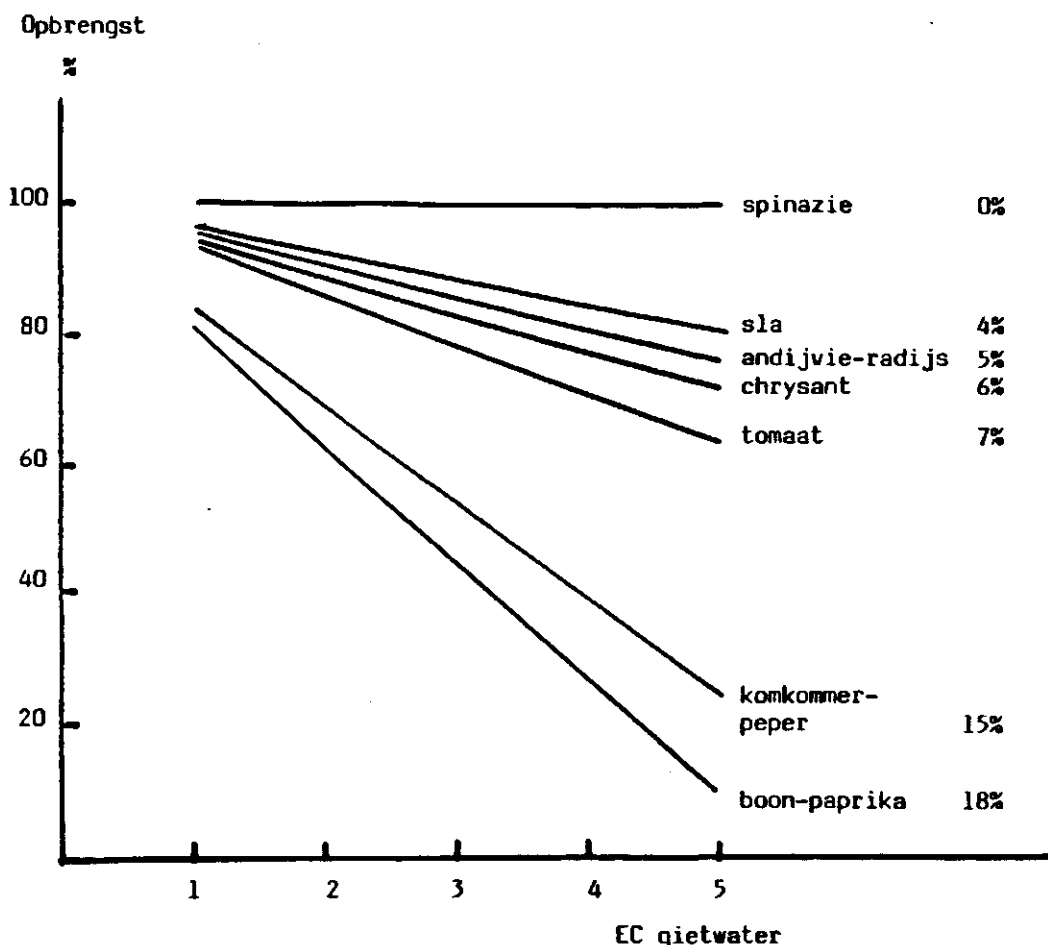
Dit houdt in dat twee ionen zich gaan gedragen als één deeltje, maar wel in oplossing blijven. De osmotische druk wordt daardoor echter wel lager. Meerwaardige ionen vormen gemakkelijker paren dan eenwaardige.

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 en waarvan de zoutensamenstelling niet te eenzijdig is, bestaat een nauw verband tussen OP en EC. Voor oppervlaktewater en grondextracten in de Nederlandse Glastuinbouw kan globaal worden aangehouden $OP = 1/3 EC$.

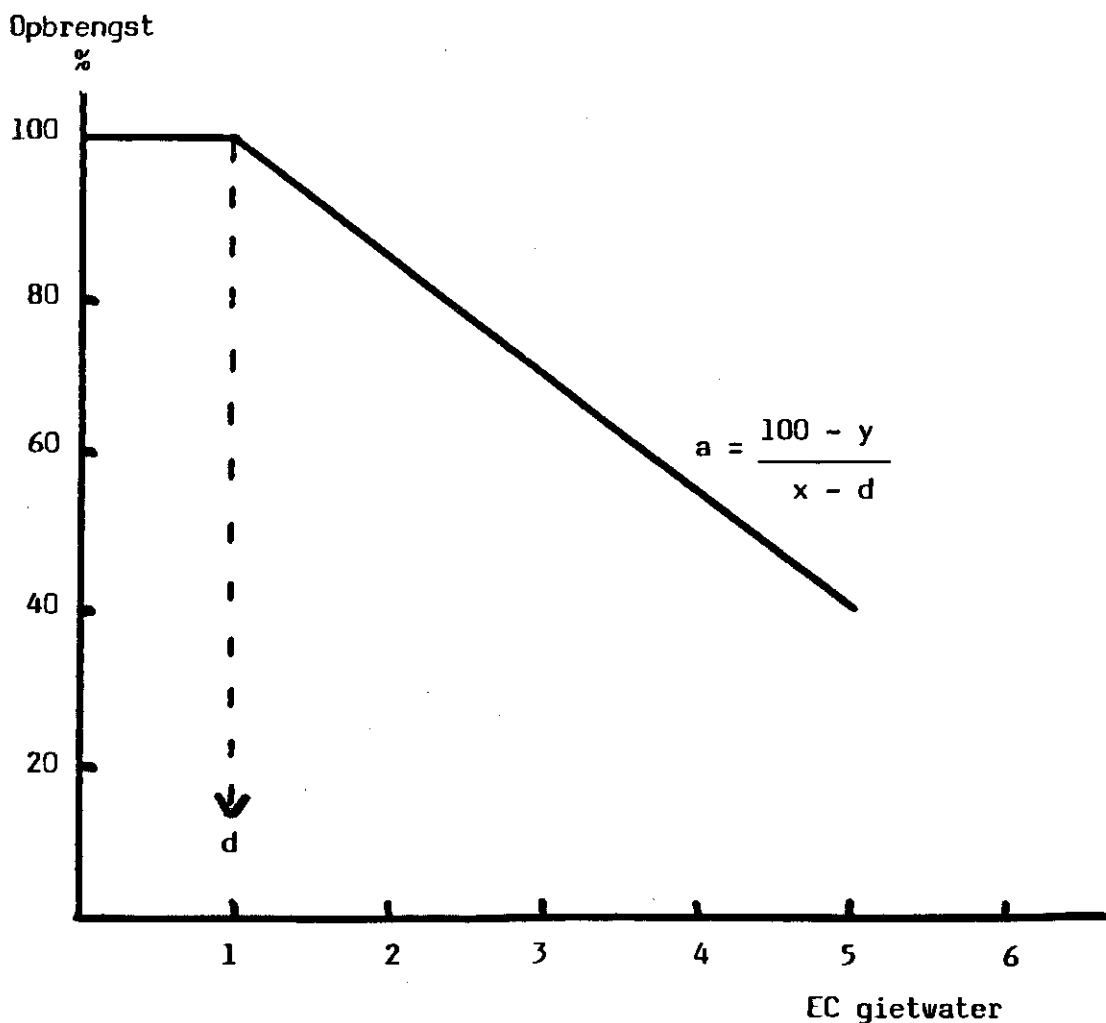
6.2.3. Zoutgevoeligheid gewassen

Indien geen specifieke effecten optreden bij zoutschade van gewassen wordt de EC als maat voor het zoutgehalte gebruikt. Het verband tussen de EC en de 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°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
Chrysan	< 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 chloride op dan natrium. De opname van beide ionen neemt sterk toe onder invloed van toediening van deze ionen aan het gietwater. Het beeld dat ontstaat, wordt bij veel gewassen gekenmerkt door necrose, die vaak begint in de wat oudere bladeren. In tabel 6.2. zijn natrium- en chloridegehalten van jonge volgroeide bladeren weergegeven bij een laag en een hoog keukenzoutgehalte van het gietwater.

Tabel 6.2. Natrium- en chloridegehalten (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
Chrysan	17	161	61	642
Hippeastrum	44	618	682	1298
Alstroemeria	45	242	307	955

6.3.2. Sodicity

In bepaalde soorten water komen natrium en chloride niet voor in equivalente hoeveelheden. Het natriumgehalte is dan hoger dan het chloridegehalte. Vaak komt een deel van het natrium dan 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 HCO_3 , Ca, Mg en Na alleen plaatselijk voor in het diepe grondwater.

6.3.3. Calcium

Bij een hoog zoutgehalte in de grond kan zowel de opname van calcium door de plant als het transport van calcium in de plant worden beïnvloed.

Bij veel gewassen wordt bij toenemend zoutgehalte minder calcium opgenomen. Voor een deel kan dit worden verklaard uit kationenantagonisme. Voor een ander deel echter niet, want ook als een deel van de toegediende zouten uit calcium bestaat blijkt toch minder calcium te worden opgenomen.

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 in het wortelmilieu (steenwol) op de opname van calcium door tomaat. Gehalten in mmol.kg⁻¹ 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. Het gevolg hiervan kan neusrot in vruchten en rot of rand in compacte bladmassa's zijn. In tabel 6.5. is een voorbeeld gegeven van het optreden van neusrot onder invloed van het zoutgehalte van het gietwater.

Tabel 6.5. Neusrot in paprikavruchten 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^{-2}	224	222
Gewicht $kg.m^{-2}$	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 $mS.cm^{-1}$	5,8	6,2
Zuurgehalte sap $mmol.l^{-1}$	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 heeft echter geen enkel perceel grond. 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.

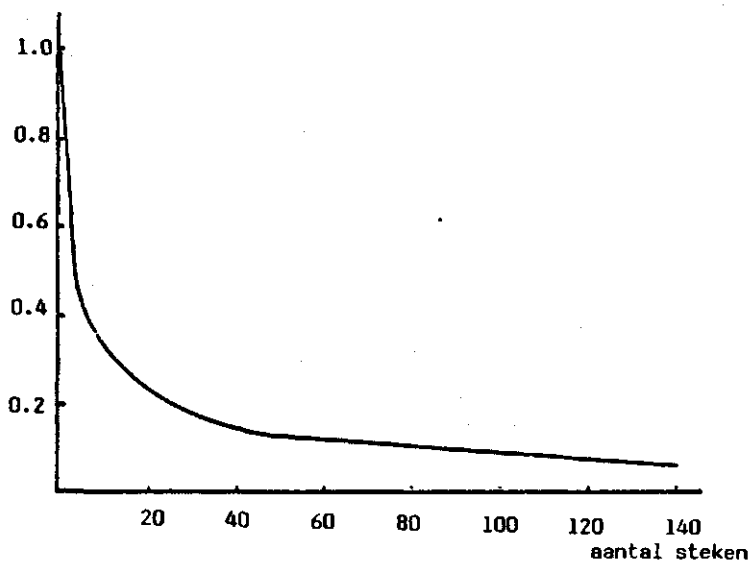
Deze afwijkingen, veroorzaakt door de monsterfout, worden bepaald door:

- 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).

Relatieve monsterfout



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 monsternamer. Zo kan de instructie luiden dat de systematische verschillen ook systematisch moeten worden meegenomen of systematisch moeten worden vermeden. Dit kan inhouden dat beurtelings in paden of teeltstroken

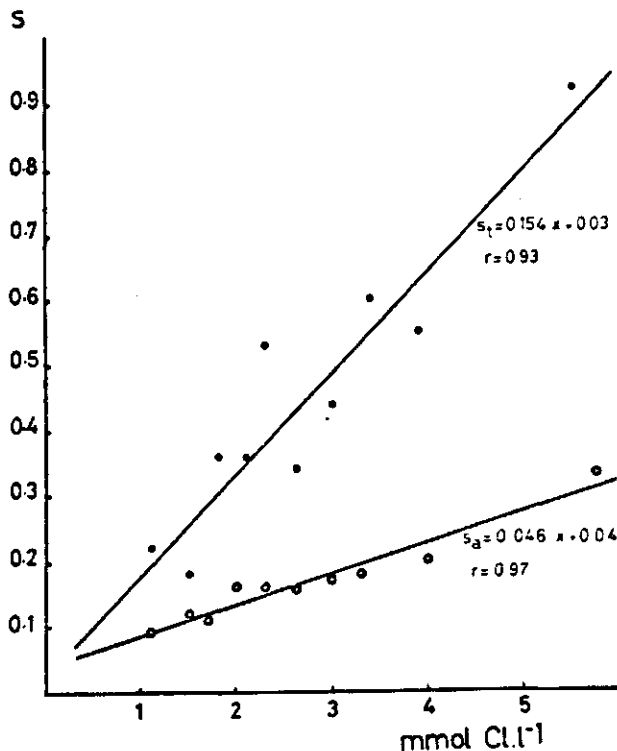
wordt gestoken of dat alleen het plantbed wordt bemonsterd. Een duidelijke instructie bij elke situatie is erg essentieel. Naast horizontale verschillen zijn ook verticaal grote verschillen in de grond aanwezig. Dit geldt vooral voor elementen die in de grond moeilijk worden verplaatst, zoals fosfaat (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 van het 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 de fout procentueel als regel hoger en bij hogere waarden lager. Voor een bepaalde uitkomst van een bepaling geldt, dat de werkelijke waarde in:

- ongeveer 70% van de gevallen ligt tussen de gevonden uitkomst ± 1 x de grondonderzoekfout;
- ongeveer 95% van de gevallen ligt tussen de gevonden uitkomst ± 2 x de grondonderzoekfout;
- in vrijwel alle gevallen ligt tussen de uitkomst ± 3 x de grondonderzoekfout.

De bijdrage van de monsterfout is als regel belangrijk groter dan de bijdrage van de analysefout.

In tabel 7.3 is een overzicht gegeven 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 wat betreft teelten in steenwol werd in de jaren 1982-1984 onderzoek verricht naar afwijkingen bij het onderzoek van monsters voedingsoplossing uit de steenwolmatten. In tabel 7.5 is voor enkele bepalingen een indruk gegeven 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 mineraalgehalten 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 (spooelementen) 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 ₃	7,0	7,6	10,0	11,5
Fe ³	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 wat betreft de interpretatie van de analysecijfers in verband met de afwijkingen gelden natuurlijk dezelfde regels als bij het onderzoek van kasgronden.

8. DE 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 mestgebruik, de uitspoeling van meststoffen en de achtergrond van verschillende bemestingsregimes vormden een aantal jaren onderwerp van onderzoek; een samenwerkingsproject tussen het ICW en 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. Kunstmestgebruik 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 kunstmestgebruik 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, SO₄) in het wortelmilieu op. Omdat de gewassen vaak zoutgevoelig zijn moet extra worden gespoeld.
- Na ontsmetting met methylbromide wordt bij consumptiegewassen en bij de anjerteelt 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 vanaf eind 1991 verboden.

8.2. Kunstmestgebruik 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, chrysant en roos in de periode van 1978 tot 1984 op respectievelijk 21, 36 en 18 bedrijven gegevens verzameld over het water- en meststofgebruik. 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 Glasdistrict met teelten in grond van tomaat (1978), jaarrond chrysant (1981-1982) en roos (1984), gemiddeld per bedrijf en op de bedrijven 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)
Chrysant	36	720 (140-1550)	126 (0-360)	610 (40-1250)
Roos	18	990 (470-1600)	110 (0-330)	910 (440-1570)

Tabel 8.3. Drogestofproductie en onttrekking van nutriënten door de gewassen 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
Chrysant (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 mestgebruik tussen bedrijven met één en hetzelfde gewas bijzonder 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 bedrijven 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 zekere zin als een momentopname beschouwd moeten worden. Daarom is het ook verklaarbaar dat de opname door het gewas op sommige bedrijven groter was dan de bemesting. Op den duur zou dit tot uitputting in sub-optimale gewasgroei leiden. Zo bleek dat bij 22 van de 36 onderzochte chrysantenteeltbedrijven de K-bemesting lager was dan de berekende gewasopname van 720 kg K per ha. Op de chrysantbedrijven werd gestreefd naar een laag zoutenniveau in de grond uit oogpunt van de groeisnelheid van het chrysantengewas. Dit resulteerde 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 watergift 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.

Een aantal factoren was van invloed op de watergift. 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 maar 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. Kunstmestgebruik bij teelt in steenwol

In de jaren tachtig vond een grote omschakeling plaats van teelt in grond naar teelt in steenwol. In 1988 was de oppervlakte in Nederland met dit teeltsysteem bij glasteelten circa 2100 ha. In 1982 werd bij tomaat, komkommer en paprika en in 1984 bij roos een onderzoek ingesteld naar het water- en mestverbruik op bedrijven met teelt in steenwol. De resultaten van dit onderzoek zijn opgenomen in tabel 8.4. Vooral de fosfaatbemesting bij tomaat en roos en de kalibemesting bij tomaat bij een drainagesysteem blijkt op een hoger niveau te liggen dan bij teelt in grond. De fosfaatbemesting is zelfs meer dan verdubbeld. De N-bemesting ligt bij teelt op steenwol met een drainagesysteem bij tomaat en roos op een zelfde niveau als bij teelt in grond.

Tabel 8.4. Het percentage drainwater en toevoer aan nutriënten in kg per ha per jaar op tuinbouwbedrijven in het Zuidhollands Glasdistrict met teelten op steenwol van tomaat, komkommer en paprika (1982) en van roos (1984), gemiddeld per bedrijf en op de bedrijven met respectievelijk het laagste en het hoogste mestgebruik.

Gewas	Teelt-systeem	Aantal bedrijven	Drai-nage gem. %	Bemest kg per ha per jaar		
				N	P	K
Tomaat	Recirculatie	3	2	900(880-920)	280(270-285)	1540(1450-1620)
	Drainage systeem	6	25	1340(1130-1160)	405(360-480)	2350(2100-2800)
Komkommer	Drainage	9	33	1460(980-2110)	360(540-1180)	1940(1260-2920)
Paprika	Recirculatie	4	-	950(880-1050)	235(180-275)	1400(1200-1620)
	Drainage systeem	4	-	1330(1270-1420)	305(300-310)	1860(1780-1910)
Roos	Drainage systeem	1	34	1080	290	880

Uit de tabel blijkt ook dat er grote onderlinge verschillen in bemesting bestaat tussen de bedrijven met eenzelfde teelt, hoewel in mindere mate dan bij de teelt in grond. De hoogte van de N-, P- en K-bemesting was naar bleek nauw gecorreleerd met de watergift. De watergift op de 9 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 watergebruik en daarmee ook het mestgebruik.

Uit de gegevens van de tomaten- en paprikateeltbedrijven waarbij het drainagewater werd gerecirculeerd (ofwel werd hergebruikt) blijkt dat met dit systeem zowel voor wat betreft de water- als mestgift een hoge efficiëntie is te bereiken. Wanneer we het mestgebruik op de bedrijven met recirculatie vergelijken met de gewasopname blijken toch verliezen aan mineralen op te treden. Hier wordt in de volgende paragraaf op ingegaan.

8.4. Balansonderzoek

Gezien het niveau van het meststoffengebruik 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 3 tomatenteeltbedrijven in grond (zand, zavel en klei) en op 3 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-productie 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. Dit wordt in tabel 8.5. weergegeven.

Tabel 8.5. Samenvatting van de water- en mineralenbalansgegevens van een bedrijf met een tomatenteelt op steenwol in de periode van 1 januari tot 15 november 1984.

	water (mm)	kg per ha		
		N	P	K
Aanvoer via druppelwater	795	1640	450	2210
Afvoer via drainwater	230	770	170	680
Afvoer via plantopname	565	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 paprikateeltbedrijven met recirculatie (tabel 8.4.) en de ont-trekking door het gewas (tabel 8.3.). Ook lekkage van voedings-oplossing uit de goten kan hiervoor een verklaring zijn.

Ook bij teelt in grond zullen processen als denitrificatie van 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 NO_3 was dat niet het geval. Dit wordt geïllustreerd door de gegevens van tabel 8.6.

Tot slot kan met oog op de toekomst worden opgemerkt dat bij de teelt in steenwol nog uitbreiding van recirculatie ofwel hergebruik van drainwater is te verwachten. Momenteel wordt slechts op een tiental bedrijven het drainwater gerecirculeerd. Met de vordering van de techniek (drainwaterontsmetting) is een uitbreiding van dit teeltsysteem te verwachten. Dit zou, mits er gebruik kan worden gemaakt van water van een goede kwaliteit, op grond van de hier besproken onderzoeksresultaten een aanzienlijke verbetering van de efficiëntie van het kunstmestgebruik betekenen.

Tabel 8.6. Concentraties aan NO₃-N, ortho-P en K in drainwater van glas-tuinbouwbedrijven op verschillende bodemtypen; gehalten in mmol per liter en mg per liter.

	zand		zavel		klei	
	mmol	mg	mmol	mg	mmol	mg
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

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. Voor bepaling van totaal stikstof wordt geëxtraheerd volgens een methode gerelateerd aan de Kjeldahl-methode. Hierbij wordt gebruik gemaakt van salicyl-zuur, zwavelzuur en thiosulfaat. Het bepalen van nitraat gebeurt door waterextractie.

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 ₄	33	40	54
Cl ⁴	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.

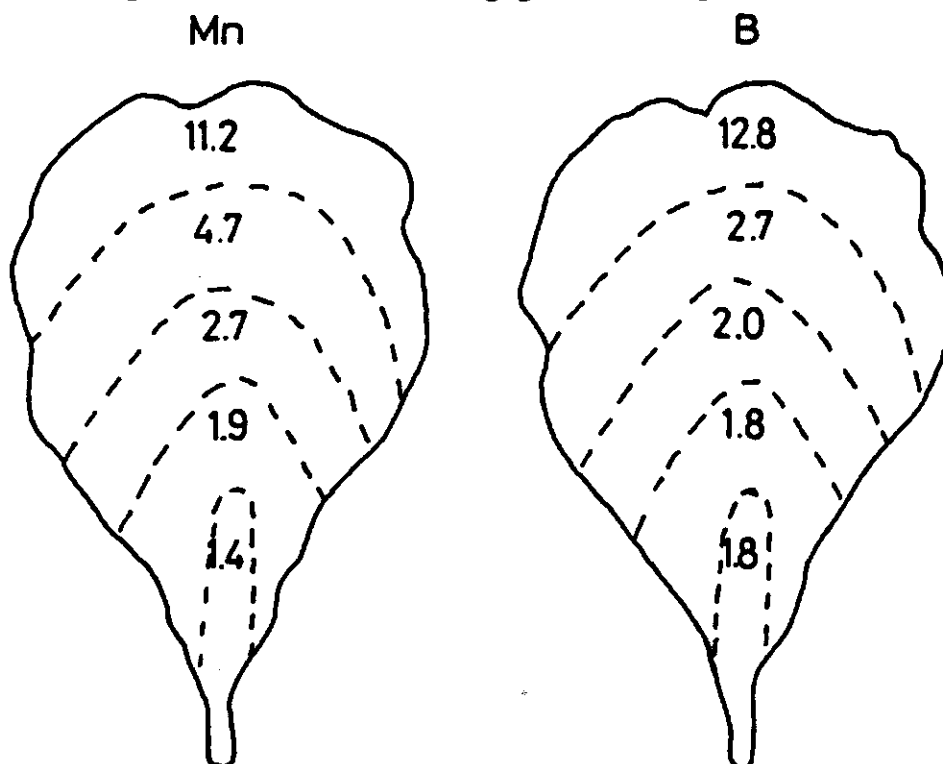
Tabel 9.4. Samenstelling van de bloemkolf en het schutblad van *Anthurium andrea-num*. Gehalten in mmol per kg droge stof.

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

Tabel 9.5. Verschil in chemische samenstelling van het blad bij twee gerbera rassen. 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 gevonden dan oude bladeren. Een duidelijk voorbeeld van een ongelijkmatige verdeling van voedings-elementen in blad is te vinden in het onderzoek van Bert en Honma (J. Amer. Soc. Hort. Sci., 100, 278 - 282) naar de verdeling van voedings-elementen in slabladeren met droogrand. De verdeling van mangaan en borium is weergegeven in figuur 9.1.



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

Zoals blijkt, werden 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 de kwaal.

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 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 laatste 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 geoogst. 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

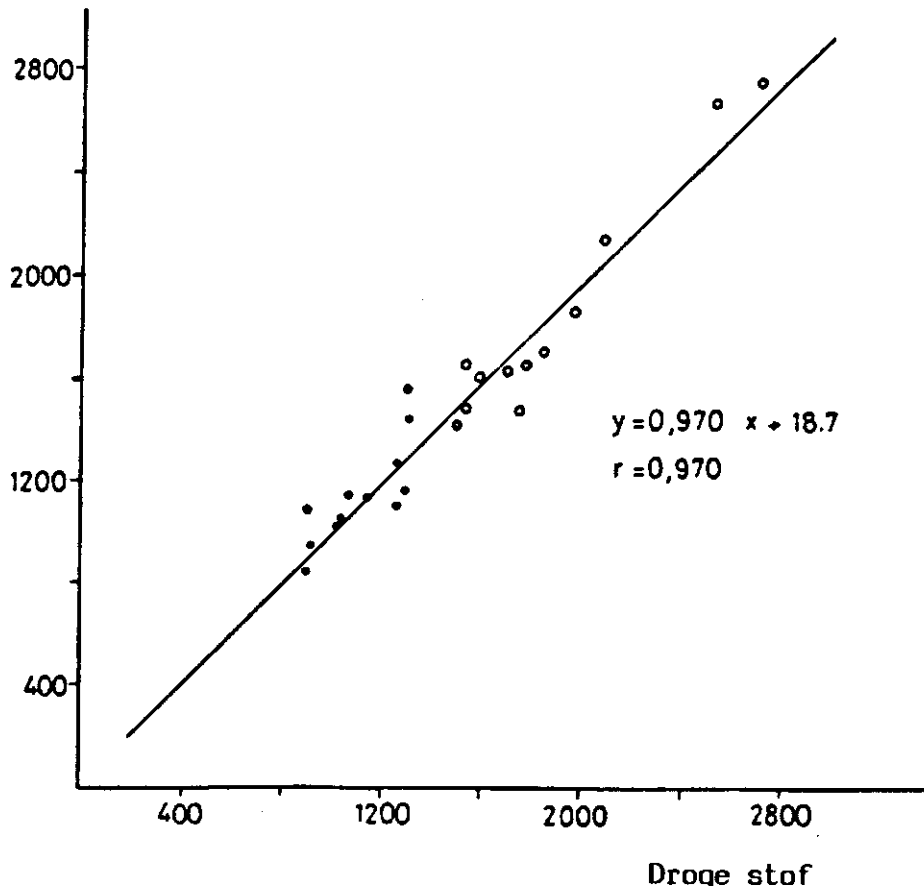
Voordat de monsters op het laboratorium worden onderzocht, worden ze veelal gedroogd en gemalen. Vooral monsters van onder glas geteelde gewassen kunnen sterk verontreinigd zijn met stof. Als voor de analyse ontsluiting met sterke zuren nodig is, kan deze verontreiniging ernstige storingen opleveren 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 de bakjes waarin wordt gedroogd. Met het drogen van gewasmonsters in metalen bakjes zijn slechte ervaringen opgedaan.

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

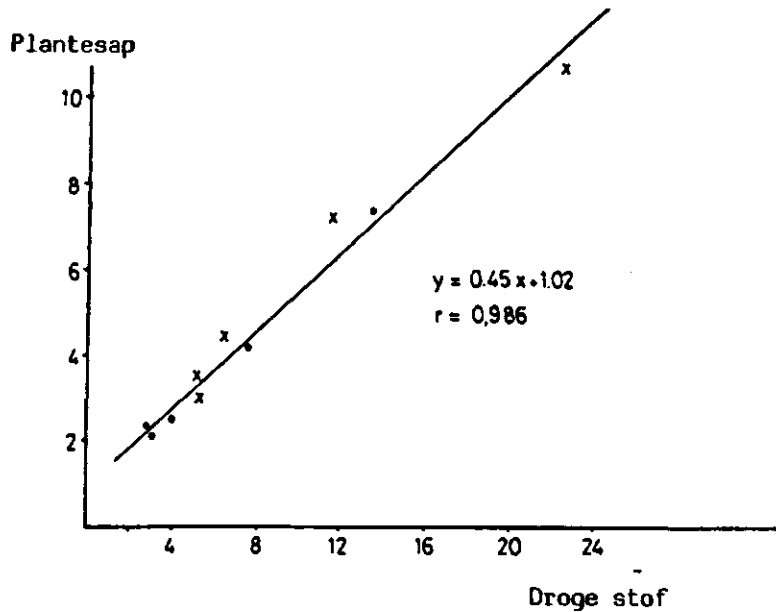
Bij onderzoek van gedroogd plantmateriaal wordt gestreefd naar een totaal analyse. Door destructie wordt het totale gehalte van de elementen in de analyse betrokken, onafhankelijk van de verbinding waarin de elementen voorkomen. Bij analyse van het plantesap worden alleen die hoeveelheden van de elementen 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

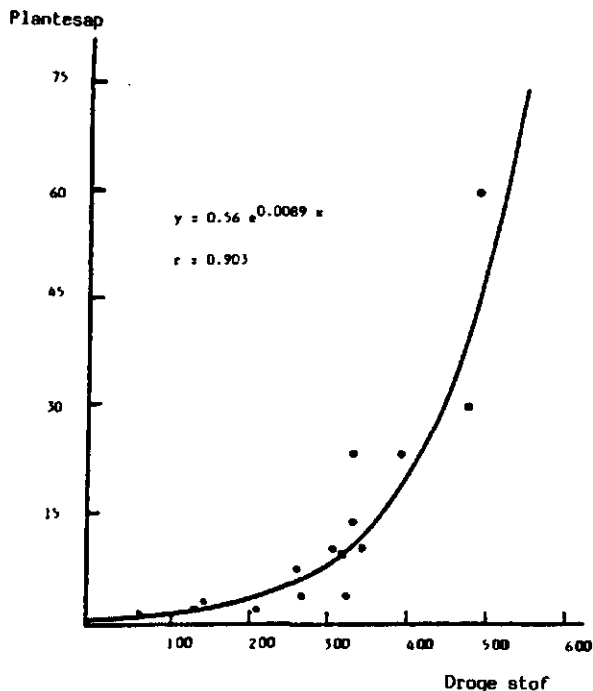


Figuur 9.2. Het verband tussen het kaligehalte van tomatenbladeren (.) en bladstelen (o) bepaald in droge stof en in plantesap. Gehalten in mmol per kg droge stof.

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 totaalgelaten. In het lage gebied zal het verband dus kromlijng worden. Calcium blijkt bij lage totaalgelaten 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 kromlijng. De kromlijngheid is echter niet convex, maar concave. Figuur 9.4 geeft een voorbeeld van calcium bij anjer.



Figuur 9.3. Het 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. Het 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. Natrium en chloride worden 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 concentratie de opname rechtevenredig is met de concentratie. Bij hogere concentraties in de bodem neemt de opname relatief af (Mitserlich kromme).

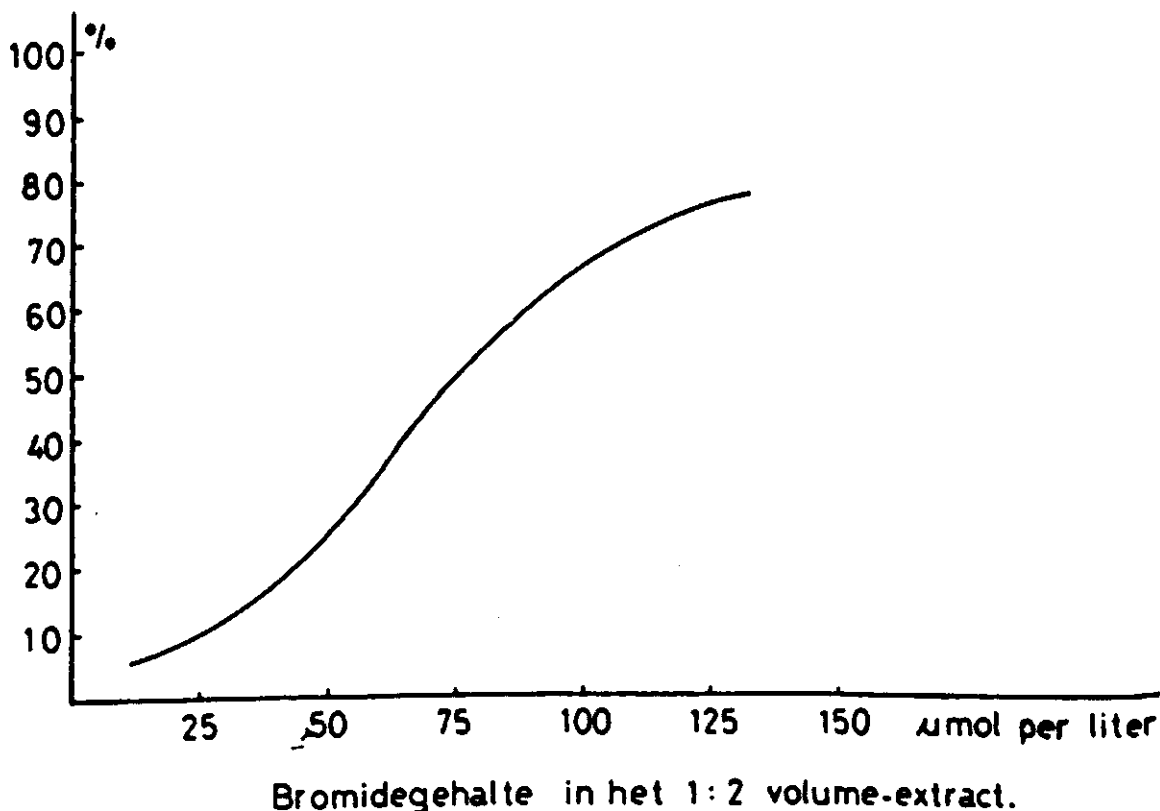
In verband met de consumptiekwaliteit is het belangrijk voor de diverse elementen de gevoeligheid voor overmaat van plant en dier (mens) te vergelijken. De plant is bijvoorbeeld gevoelig voor mangaanovermaat en betrekkelijk ongevoelig voor cadmiumovermaat. Het gevolg is dat de mens via de groenten eigenlijk 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 (CH_3Br) 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.

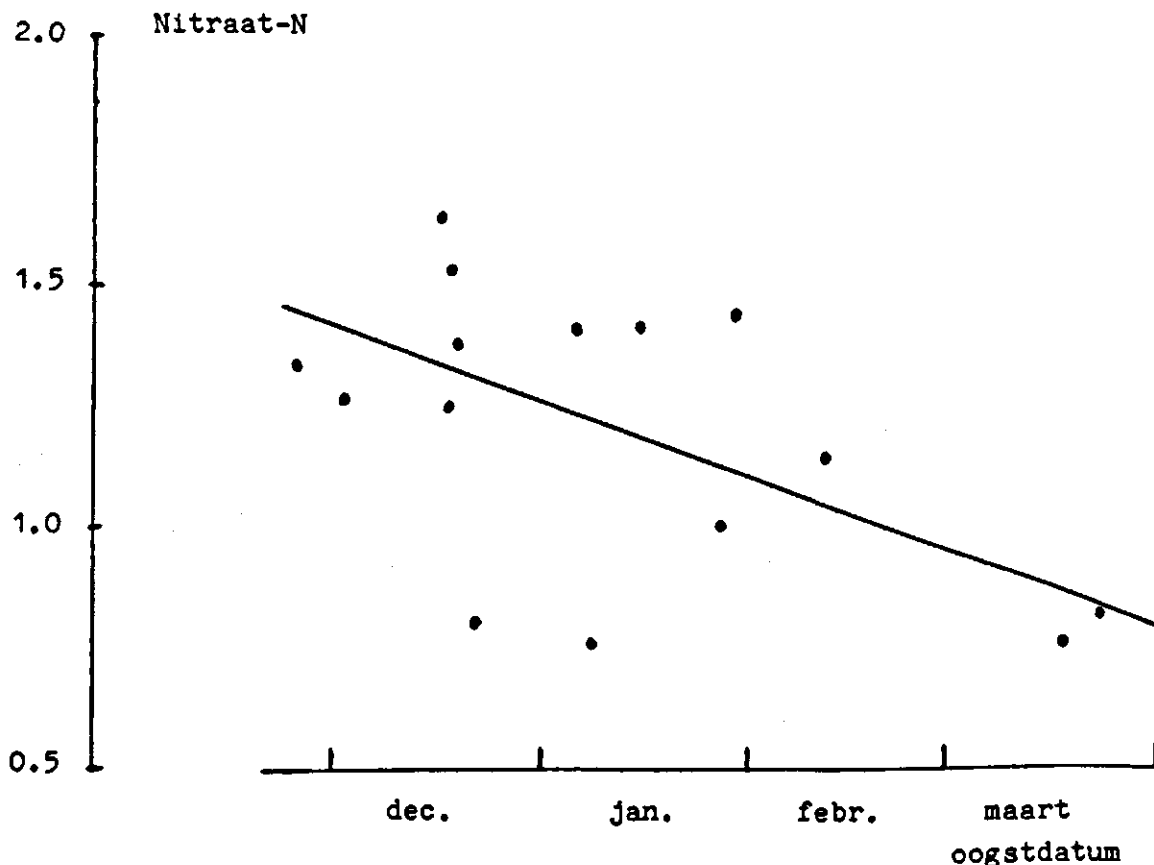
Bij enkele gewassen, waaronder tomaat en sla, is een nitraat-bromide-antagonisme waargenomen. Bij tomaat gaf 1 mmol NO_3 per liter extract extra, een vermindering van ongeveer 10 mg Br per kg vers produkt.

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. Nitraat

Nitraat komt vooral in bladgroenten voor, tot 6000-7000 mg NO_3 per kg vers produkt. Vruchtgroenten zoals tomaat en komkommer bevatten rond 200 mg NO_3 .

Vooral in de winter kan het nitraatgehalte hoog oplopen. Nitraat wordt in de plant omgezet tot aminozuren (nitraatreductase). Onder lichtarme omstandigheden verloopt dit proces echter minder snel, waardoor het nitraat zich ophoopt in de plant.



Figuur 10.2. Het nitraatgehalte (mmol NO_3 -N per g droge stof) in slakroppen van qua productie optimaal bemeste veldjes van 16 proefvelden uitgezet tegen de oogstdatum.

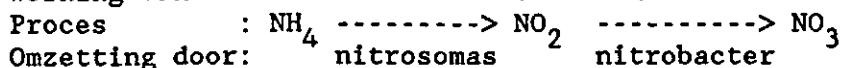
De bemesting speelt in de winter een kleinere rol dan in de zomer. Zo is bijvoorbeeld het nitraatgehalte van sla geteeld in de zomer op een stikstofarme en een stikstofrijke grond 1000 mg, respectievelijk 3000 mg NO_3 per kg vers produkt. In de winter zijn die gehalten 3500 en 4500 mg NO_3 per kg vers produkt. Ook bladgroenten op "alternatieve" bedrijven en natuurlijke produkten als bijvoorbeeld brandnetel bevatten in de winter veel nitraat.

De consumptie van veel nitraat verhoogt de nitrietspiegel in de maag. Hier kunnen dan met secundaire aminen nitrosaminen worden gevormd. Deze nitrosaminen zijn kankerverwekkend. Vitaminen werken antagonistisch op kanker. Het verband tussen nitraatrijke groenten en kanker is mogelijk daardoor nooit aangetoond.

Mogelijke oplossingen bij het streven naar verlaging van het nitraatgehalte:

- Toepassen van nitrificatieremmers.

Werking van nitrificatieremmers:



De nitrificatieremmers belemmeren de werking van nitrosomas. Enkele bekende nitrificatieremmers zijn: dicyaandiamide (Didin), nitrapyrine (N-Serve) en atridiazol (Dwell). Problemen bij toepassing:

1. Technologie, bijvoorbeeld oplosmiddel van N-serve geeft problemen (stank).
 2. NH_4 -voeding geeft soms een afwijkende groei (bijvoorbeeld rand in sla).
 3. Werking is vooraf veelal slecht te voorspellen.
- Teelt op voedingsoplossing en stikstof weglaten enige tijd voor de oogst. Dit systeem werkt goed in de zomer, maar slecht in de winter. Hiervoor zijn twee oorzaken, te weten de langzame groeisnelheid in de winter en het feit dat nitraat, dat in de vacuole zit opgesloten (osmoticum), er moeilijk uitkomt. De "lek" uit de vacuole is lichtafhankelijk. Het is gunstig tijdens de groei in de voedingsoplossing een deel van de stikstof (circa 20%) als ammonium aan te bieden. In proeven gaf dit een duidelijke verlaging in nitraatgehalte zonder opbrengstdepressie of duidelijke kwaliteitsvermindering.
 - Veredeling biedt mogelijk de meest elegante oplossing. In de genenbank van sla werden rassen gevonden met minder nitraat dan de gangbare rassen.

In grote gebieden in ons land, maar ook in andere landen, zoals Duitsland en Frankrijk, neemt het nitraatgehalte in het grondwater toe. Soms wordt een stijging van 1 mg NO_3 per liter per jaar genoemd. De EEG gaat een norm hanteren voor het maximale gehalte aan nitraat (maximaal 50 mg NO_3 per liter) in drinkwater. Op veel plaatsen zijn de drinkwatermaatschappijen aangewezen op grondwater als grondstof voor de drinkwaterbereiding. Duidelijk is dat hier een conflict ontstaat tussen de belangen van de waterwinning en de landbouw, hoewel het zeker niet alleen de landbouw is die hoge nitraatgehalten in grondwater veroorzaakt. Ook de zure regen, die bestaat uit SO_4 en NO_x , draagt bij aan de stijging. Naar verwachting zullen in de toekomst grenzen worden gesteld aan het gebruik van kunstmest en organische mest. Toepassing van drijfmest voor de winter kan nu reeds ernstig worden ontraden.

10.4. 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 volkstuintjes, 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. Tomaat en komkommer gaven lage waarden. Bij sla werd cadmium in een aantal gevallen te hoog gevonden (zie tabel 10.1.-10.4.). In 1986 en '87 heeft een tweede inventarisatie met glassla plaatsgevonden. Deze inventarisatie is in samenwerking met het Centraal Bureau van Tuinbouwveilingen door het proefstation in Naaldwijk uitgevoerd. In totaal werden 88 gewasmonsters op cadmium onderzocht. Elf monsters overschreden de Duitse richtwaarde (0,1 mg Cd per kg vers produkt). Acht monsters, die de Duitse richtwaarde overschreden, kwamen uit de provincies Limburg en Noord-Brabant. De spreiding en het gemiddelde kwamen vrijwel overeen met die vermeld in tabel 10.1.

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 door de industrie verhoudingsgewijs veel cadmium wordt gebruikt, moet het gehalte aan dit element in de grond in de loop der jaren stijgen, tenzij de regering het gebruik gaat beperken. Bij lood komt de verontreiniging vooral via de lucht (langs snelwegen). Onder glas hebben we daar mogelijk minder last van. Lood afkomstig uit benzine is momenteel de grote bron van dit metaal. Ook hier wordt via wettelijke voorschriften naar vermindering gestreefd.

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

Soort	(n)	Spreiding min.-max.	Gemid- delde	95% onder	Duitse richt- waarde	% boven de Duitse richtwaarde
Kassla	75	0,01 -0,19	0,05	0,11	0,1	7
Kastomaat	40	0,002 -0,08	0,02	0,04	0,1	0
Kaskomkommer	45	0,0003-0,01	0,003	0,006	0,1	0

Tabel 10.2. Loodgehalten in enkele kasgroenten uitgedrukt in mg per kg vers produkt (n = aantal monsters).

Soort	(n)	Spreiding min.-max.	Gemid- delde	95% onder	Duitse richt- waarde	% boven de Duitse richtwaarde
Kassla	75	0,03 -2,3	0,14	0,3	1,2	0
Kastomaat	40	0,002-0,08	0,01	0,02	0,2	0
Kaskomkommer	45	0,001-0,014	0,005	0,01	0,2	0

Tabel 10.3. Kwikgehalten in enkele kasgroenten uitgedrukt in kg per mg vers produkt (n = aantal monsters).

Soort	(n)	Spreiding min.-max.	Gemid- delde	95% onder	Duitse richt- waarde	% boven de Duitse richtwaarde
Kassla	75	0,0005-0,011	0,002	0,004	0,05	0
Kastomaat	40	0,0001-0,008	0,001	0,005	0,05	0
Kaskomkommer	45	0,0001-0,002	0,0003	0,0004	0,05	0

Tabel 10.4. Arseengehalten in enkele kasgroenten uitgedrukt in mg per kg vers produkt (n = aantal monsters).

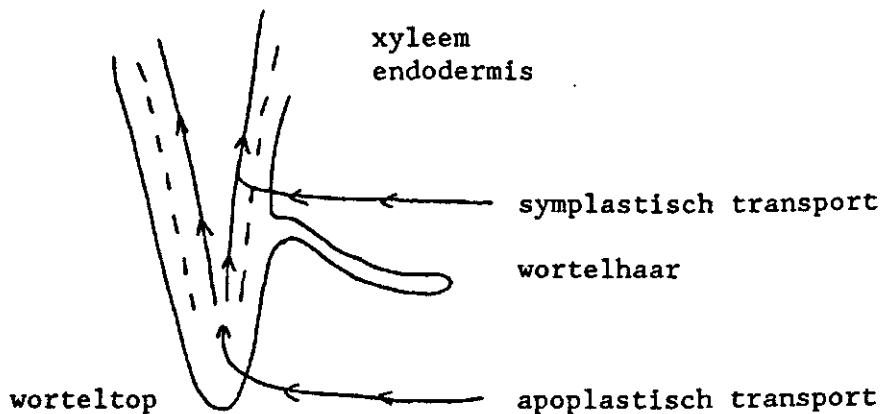
Soort	(n)	Spreiding min.-max.	Gemid- delde	95% onder	Duitse richt- waarde	% boven de Duitse richtwaarde
Kassla	75	0,002-0,14	0,01	0,020	0,2	0
Kastomaat	40	0,0002-0,002	0,001	0,001	0,2	0
Kaskomkommer	45	0,0001-0,084	0,023	0,061	0,2	0

11. PLANTEVOEDING, GEBREK- EN OVERMAATVERSCHIJNSELEN

11.1. Algemeen

Voor de groei van een plant zijn een aantal elementen nodig. Het gaat om: 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 toxisch (= giftig) zijn in hoge concentraties, bijvoorbeeld Al, Ni, Se en F.

Voedingselementen kunnen door de wortel of door 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 kan soms ook in staat zijn 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 NO_3 . Bij de opname van 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: het 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.
In de cel is de EC ongeveer 30 mS.cm^{-1} . 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_4 wordt sneller opgenomen dan NO_3 . Bij opname van NO_3 geeft de plant HCO_3^- af waardoor de pH stijgt en bij de opname van NH_4 geeft de plant H^+ af waardoor de pH in het wortelmilieu juist daalt. Na opname van NO_3 wordt dit in de wortel en/of in het blad omgezet tot NH_4 en daarna ingebouwd in aminozuren en eiwitten.

N komt vooral voor in chlorophyl; van de totale hoeveelheid N in de plant kan 70% in chlorophyl voorkomen. Hiermee samenhangend uit N-4gebrek zich in een geringere hoeveelheid chlorophyl 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; chlorophyl 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 storrijke mest is gebruikt en weinig stikstof is gegeven. Tijdens de teelt treedt het gebrek op na zware regenval of te sterke beregening, 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 donkergroen en de groei is geremd.

11.3. Fosfor (P)

De plant neemt fosfor op als H_2PO_4^- . 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. Het 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 hoofdnerfen 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, maar in 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.

Een 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. Magnesium wordt onder andere ingebouwd in chlorophyl. Magnesium is in de plant mobiel. Bij gebrek wordt chlorophyl 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 sla treedt bij teelt in de winter een beeld van magnesiumgebrek op na een koude periode. Dit beeld, veronderstelt men, 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 xyleem-aanvoer, 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 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 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 wordt het 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 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 veel 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 gezamenlijk 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 voeding-oplossing. Er ontstaat een stugge groei, een afwijkende kleur, een bossig uiterlijk en een afwijkende bladvorm.

Zinkovermaat geeft een groeiremming, 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 drupplaat-ten 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 zwakke vorm van gebrek is het gewas wat slap en soms ontstaat 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. CALCIUMZIEKTEN BIJ GROENTEN ONDER GLAS

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. Calciumgebreksziekten

12.1.1. Neusrot

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; inwendig neusrot. Dit 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 op de 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 warenhuizen met gezonde en 15 warenhuizen met zieke planten werd een plekkenonderzoek uitgevoerd. Hier bleek dat het calciumgehalte van neusrotte vruchten wel gemiddeld lager was dan dat van de gezonde vruchten. Maar het gemiddelde calciumgehalte van het blad uit de warenhuizen met neusrot was vrij hoog en nagenoeg gelijk aan het gemiddelde calciumgehalte van het blad uit de warenhuizen 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 wel een hoger drogestofgehalte (tabel 12.2.) en ook wel 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 wat het drogestofgehalte nog eens extra kan verhogen.

Tabel 12.2. Gemiddelde calciumgehalten van blad en vrucht in plekkenonderzoek.

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

Vruchten en andere organen, waarin suikers en zetmeel worden opgehoopt, hebben in het algemeen een laag calciumgehalte. Dit wordt toegeschreven aan 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 in mmol
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 en geen 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 calciumtoevoer 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 calciumtoevoer 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: Chin en Bould, J. Hort. Sci. 51 (1976): 525-531).

Behandeling	% neusrot	Ca-blad in mmol.kg ⁻¹ op de droge stof	Ca-vrucht in mmol.kg ⁻¹ op de 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 calciumtoevoer tijdens de vruchtzetting (behandelingen 2 en 5) gaf aanzienlijke aantasting door neusrot. Het calciumgehalte van het blad reageerde hierop in het laatste geval niet, dat in de vrucht duidelijk. Dit wijst er nogmaals op dat het calciumgehalte van de vrucht centraal staat.

Door droogte van de grond kan neusrot worden bevorderd. Droogte vermindert de calciumopname door de wortel, verandert de calciumdistributie in de plant en kan calcium uit de vrucht onttrekken. Een lage calciumconcentratie 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): 181-190).

In vier opeenvolgende droogteperiodes werd een steeds hogere tros door neusrot getroffen, wat wijst op de noodzaak van een voortdurend calciumaanbod. Het calciumgehalte van de vrucht werd door het drooghouden verlaagd en neusrot trad op bij een gehalte beneden 37-50 mmol Ca op de droge stof. Door verhoging van de osmotische waarde van de voedingsoplossing door poly-ethyleenglycol trad meer neusrot op. Dit kan het gevolg zijn van een verhoogde zuigspanning in de vrucht, maar ook van een tegelijk optredende verhoging van de K:Ca-verhouding.

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. Het belang van het laatstgenoemde volgt uit de moeilijkheid in potproeven in de winter neusrot op te wekken. In een Amerikaanse proef werd bij een laag calciumniveau het neusrot toch voorkomen door de verdamping te onderdrukken, zowel door een hoge relatieve 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 en wateronttrekking aan de vrucht met mogelijk calcium wordt 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.

- Op kalkarme, zure gronden treedt neusrot spoediger op dan op kalkrijke. Maar de afwijking komt echter wel degelijk voor op kalkrijke gronden.
- Een hoge zoutconcentratie en laag vochtgehalte van de grond werken het optreden van neusrot in de hand, enerzijds door verminderde wateropname en anderzijds wordt bij hoge zoutconcentratie minder gemakkelijk calcium opgenomen.
- Bij een hoog kaliumgehalte van de grond wordt minder calcium opgenomen. Bovendien worden bij een hoog kaligehalte in de plant meer organische zuren gevormd, waardoor het calciumtransport kan worden bemoeilijkt.
- Stikstofbemesting kan neusrot stimuleren, wat wordt toegeschreven aan zijn groeibevorderende werking. Door ammoniumstikstof wordt calcium minder gemakkelijk opneembaar. De produktie van organische zuren wordt door nitraat bevorderd, wat de mobiliteit van calcium vermindert.

Teeltmaatregelen ter voorkoming van neusrot:

Grond vooraf zondig bekalken; oppassen met onbekalkt veenprodukt. Grond vooraf zondig 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, zondig 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 toevoegen van landbouwpoederkalk aan het beregeningswater.

12.1.2. Randen van sla

Het optreden van "rand" in sla wordt steeds vaker toegeschreven aan een te snelle groei. Veel van de factoren die in vroegere onderzoeken werden geacht het rand te bevorderen, blijken namelijk ook de groeisnelheid van de plant te stimuleren, zoals vochtige grond, hoge temperatuur, hoge bemestingsniveaus, hoge CO₂gehalten en hoge luchtvochtigheid. Er is daarbij een duidelijk verband met de calciumvoorziening van het voor rand gevoelige weefsel. Omdat het oude weefsel geen calcium afstaat, is het nieuw gevormde weefsel aangewezen op directe calciumaanvoer. 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 de binnenste bladeren zich dan 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 bij 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, meststoffen met een hoog gehalte aan ballaststoffen. Door kali en magnesium daarentegen 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				

Aangetoond werd dat meer ballaststoffen in de meststoffen meer rand veroorzaakten. Dit komt doordat de ballaststoffen de zoutconcentratie in de bodemoplossing extra verhogen. Rand in deze pottenproef was minder erg bij een ruimere watergift. Een groot deel van de kwaliteitsachteruitgang wordt toegeschreven aan de osmotische concentratie van de bodemoplossing. Er is echter ook sprake van specifieke ioneffecten. Dit zijn effecten die het gevolg zijn van de opname van toxische hoeveelheden van een bepaald voedingselement of een onvoldoende aanwezigheid van een essentieel voedingselement. 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 langzame 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.).

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

Van vier natriumzouten 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 calciumgehalte 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.

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 calciumgehalte 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 verdampend hebben en aan het eind van de dag niet geheel turgescerent 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. Een hogere transpiratie overdag (droge lucht) en lagere 's nachts (vochtige lucht) bevorderen het calciumtransport naar ingesloten bladeren. Dit blijkt ook uit een proef met pas ontvouwde bladeren van de aardbei (Bradfield en Guttridge, *Annals Bot.* 43 (1979): 363-372); zie tabel 12.7. Een hoge zoutconcentratie belemmert de toevoer.

Tabel 12.7. Invloed van relatieve vochtigheid van de lucht overdag en 's nachts op rand en calciumgehalte (mmol.kg^{-1}) van aardbeiblاد. Ook de invloed van de zoutconcentratie van de voedingsoplossing.

Relatieve vochtigheid		Zoutconcentratie (atm)					
Dag	Nacht	0.23		0.43		1.01	
		Ca	Rand	Ca	Rand	Ca	Rand
Droog	Vochtig	35,2	0	30,9	0	14,5	0
Vochtig	Vochtig	29,4	0	8,7	1,8	10,2	2,2
Droog	Droog	10,5	0,8	7,8	1,1	10,7	1,4
Vochtig	Droog	8,5	1,8	10,7	1,8	12,2	1,7

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 7x 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 Tibbitts en Palzkill, 1979.

Buitenste bladeren	Gemeten radio-actief Ca
Onbedekt, dus verdampend	- 1
Bedekt, dus niet verdampend	1082

12.1.4. Zwarte harten in bleekselderij

Een ander voorbeeld van calciumgebrek 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 omstandigheden werd alleen met intensieve beregening een gaaf gewas verkregen (Pieters, Meded. AGV 55 (1971): 27 pp).

12.2. Afwijkingen samenhangend met een hoog calciumgehalte

12.2.1. Stip bij paprika en goudspikkels bij tomaat

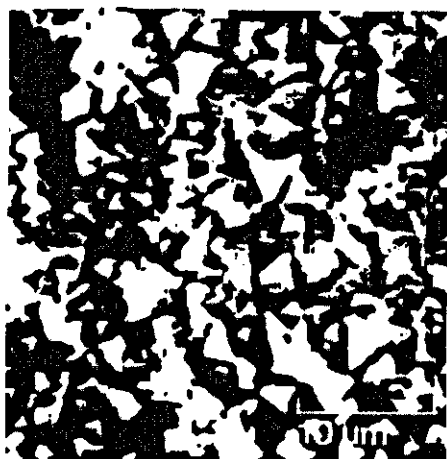
Bij een hoge verhouding van calcium:kalium in de voeding ontstaan op paprika- en tomaatvruchten gele vlekken. Men spreekt van respectievelijk stip of goudspikkels. Bij tomaat zijn de vlekken klein en rond, bij paprika zijn ze groter. Uit onderzoek blijkt dat omstandigheden die een hoog calciumgehalte in de vruchten veroorzaken stip en goudspikkels bevorderen. Zo is dat het geval bij calcium-

rijke en kalium- en magnesiumarme voeding van de planten. Ze ontstaan echter ook bij een hoge luchtvochtigheid. In dat geval is de verdamping van de bladeren geremd en worden de vruchten 's nachts via de worteldruk met relatief calciumrijke vloeistof gevoed.

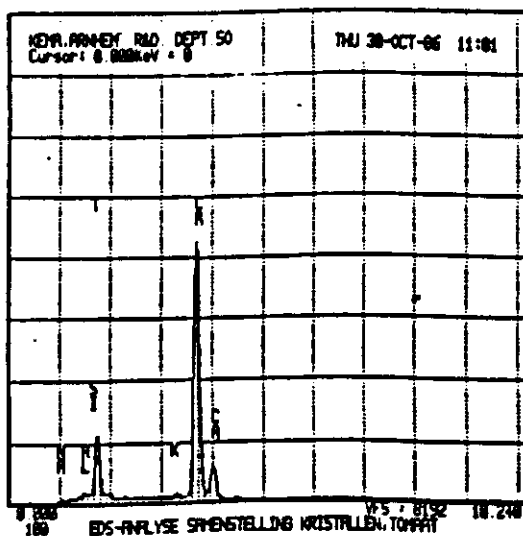
Het idee is nu dat in de calciumrijke vruchten in de vacuole van de cellen scherpe kristallen ontstaan, die vooral bij vervorming van de vruchten schade kunnen geven door dode cellen. Op deze kristalvorming en kristallen in plantecellen in het algemeen zal hieronder nu nader worden ingegaan. Daarnaast zal iets verteld worden over het anion, zoals oxalaat, dat met calcium de neerslagen geeft. Ook over de wijze waarop dit gevormd wordt en waarop de concentratie ervan bepaald wordt. Ook zal iets gezegd worden over kristaleigenschappen (vorm) en vermoedelijke oplosbaarheid.

Kristallen in het stipweefsel

In de figuren 12.1a en 12.1b worden enkele onderzoeksresultaten gegeven over de kristalvorming in het middendeel van de vruchtwand van tomaat. Onderzocht werden de stipplekken. De kristallen werden bekeken in de elektronenmicroscop. Verder werd de aard van de kristallen kwalitatief onderzocht met "X-ray microanalysis" (zogenaamde EDS of Energy Dispersive System). De kristallen zijn prismatisch en bevatten calcium. Verondersteld wordt dat het calciumoxalaatkristallen zijn.



Figuur 12.1a Elektronenfoto van kristallen van een stipplek uit tomaat (Den Outer et al, Journ. Hort. Sc. 63 (1988) 645-649).



Figuur 12.1b Energiespectrum van de röntgen microanalyse van de kristallen uit de mesocarp van tomaat (Den Outer et al, 1988).

Kristallen in plantecellen en speciaal calciumoxalaat

In de literatuur is veel te vinden over kristallen in plantecellen en met name over calciumoxalaat. De kristallen zijn soms in speciale cellen (idioblasten) te vinden. In de cellen zijn speciale vacuolen om de kristallen aanwezig. Om de kristallen is ook slijm te vinden, waardoor mogelijk scherpe kristallen minder schade kunnen geven. In figuur 12.2a zijn kristallen uit een Yucca wortelkweek te zien. Het zijn naaldvormige (monokliene) kristallen, waar-

van aangetoond is dat ze uit calciumoxalaat bestaan. Het bepalen van de samenstelling van dit soort kristallen gebeurt uit kristalvorm, uit microchemische reacties en uit oplosbaarheid van de kristallen in bepaalde oplosmiddelen als zuren. Zo is calciumoxalaat oplosbaar in sterke zuren maar niet in azijnzuur en oxaalzuur.



Figuur 12.2a Bundel naaldvormige kristallen in vacuole in Yucca cellen (Kausch & Hörner, Can. J. Bot. 62 (1984): 1474-1484.



Figuur 12.2b Amorf materiaal in idioblast van Yucca wortelcultuur (Kausch & Hörner, 1984).

In figuur 12.2b is amorf materiaal te zien, de atomen zijn dan niet in een kristalrooster geordend. In tabel 12.9. is een aantal kristalliseringsvormen weergegeven, respectievelijk als korsten, bundels naalden, kristalzand en prisma's. De meeste reacties op aanwezigheid van calciumoxalaat van deze kristallen zijn positief. In figuur 12.3. wordt nog een andere kristalvorm weergegeven, waarbij tweelingen gevormd zijn uit niet-volledige tetraëders. Concluderend kunnen we stellen dat voor calciumoxalaat zowel naalden als prisma's en pseudotetraëders beschreven zijn. Het mono- en dihydraat kristalliseert respectievelijk monoklien en tetragonaal.

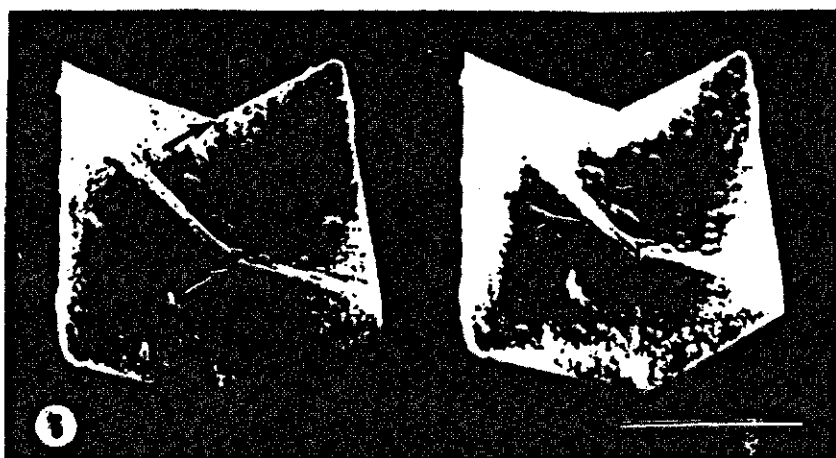
Te verwachten kristallen in tomaat

Uit tabel 12.10 blijkt van welke zouten kristallen te verwachten zijn. In de eerste plaats is dit calciumoxalaat, daarnaast is het echter ook mogelijk dat er kristallen van calciumcitraat ontstaan. Het monohydraat van calciumoxalaat is minder oplosbaar en stabiel dan het dihydraat.

Tabel 12.9. Histochemische test op calcium oxalaat bij aroiden met de pizzolatotest en bij rubeanic zuur reactie (Genua & Hillson, Ann. Bot. 56 (1985): 351-361).

Species	Druse		Raphide		Sand		Prismatic		Variation	
	Pi	Ru	Pi	Ru	Pi	Ru	Pi	Ru	Pi	Ru
<i>Aglaonema modestum</i>	+	+	+	+	+	-	+	±	+	-
<i>Anthurium andreanum</i>	+	+	+	+	+	-				
<i>Arisaema artrorubens</i>			+	+	+	-				
<i>Colocasia esculenta</i>	+	+	+	+					+	-
<i>Dieffenbachia macul.</i>	+	+	+	+						
<i>Hydrosome ricieri</i>	+	+	+	+	+	±	+	±	+	±
<i>Monstera deliciosa</i>	+	+	+	+					+	±
<i>Philodendron fenlzii</i>	+	+	+	+	-	-			+	-
<i>Pistia stratiotes</i>	+	+	+	+	+	-				
<i>Scindapsus aureus</i>	+	+	+	+	+	±				
<i>Spathiphyllum commut.</i>	+	+	+	+	+	-				
<i>Symplocarpus foetidus</i>	+	+	+	+						
<i>Syngonium podophyllum</i>	+	+	+	+	+	-			+	-
<i>Zantedeschia aethiop.</i>	+	+	+	+	+	-			+	-

+ Positive histochemical reaction
 - Negative histochemical reaction
 ± Positive with exception - see specific figures and text for explanation
 Pi: Pizzolato test; Ru: Rubeanic acid test



Figuur 12.3. Tweeling kristal uit kristalzand opgebouwd uit twee pseudo-tetraëders. (Cody & Horner, Amer. J. Bot. 72 (1985): 1149-1158).

Oxaalzuurvorming en mogelijkheden om dit te beïnvloeden

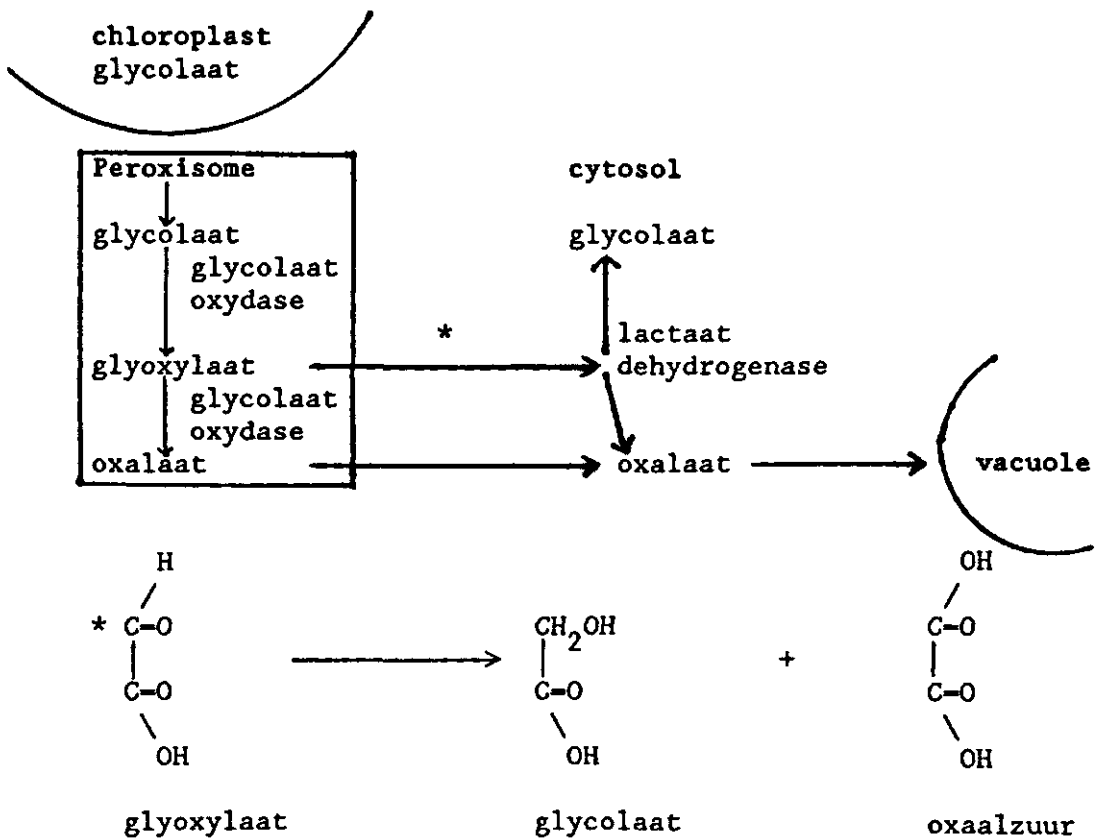
Figuur 12.4. geeft een schema voor de oxaalzuurvorming. De vraag is nu hoe het gehalte aan oxaalzuur in de vruchten verlaagd kan worden. Er is een positieve correlatie gevonden tussen nitraat, de kationen Ca, Mg, Na, K en het totaal oxaalzuurgehalte. Het geven van veel Ca en NO₃ in de voeding moet dan ook vermeden worden. Mg kan ook een rol spelen als cofactor voor het enzym dat oxaalacetaat omzet in oxaalzuur en acetaat. De preciese sturing is echter nog niet bekend. In de winter is er meer oxalaat in bepaalde gewassen gevonden dan in de zomer. Mogelijk speelt licht dus ook een rol.

Tabel 12.10. Enkele gegevens van calciumzouten en de te verwachten oplosbaarheid van deze zouten in het tomatenvruchtensap.

Anion	Globale gehalten in de vrucht (mmol.l ⁻¹)		Ionenprodukt calciumzout in de vrucht	Oplosbaarheidsprodukt calciumzout
	calcium	anion		
Oxalaat monohydraat dihydraat	2,5	0-10	0-25	2,7.10 ⁻³
Citraat	2,5	7-35	750-19000	825
Malaat	2,5	1,5-17		

vervolg tabel 12.10.

Anion	Kleur kristallen	Kristalstelsel of kristalvorm calciumzout
Oxalaat monohydraat dihydraat	kleurloos kleurloos	monoklien tetragonaal
Citraat	wit	naalden
Malaat	kleurloos	rhombisch



Figuur 12.4. Schema voor de oxalaatvorming in de plantecel (Davies & Asker, Plant Physiol. 72 (1983): 134-138.

Conclusies

- Het blijkt dat in de literatuur zowel naalden als prismatische kristallen beschreven zijn voor calciumoxalaat. Het is dus heel wel mogelijk dat als deze kristallen onbeschermd voorkomen in plantecellen deze mechanische schade kunnen geven.
- Naast kristalvorming van calciumoxalaat zouden andere zouten ook kristallen kunnen geven. Men zou dan bijvoorbeeld aan calciumcitraat kunnen denken.
- Het zal nodig zijn zowel een al te hoog calcium- als te hoog oxalaatgehalte in de vruchten te vermijden om minder goudspikkels te krijgen. Calcium kan men via voeding en klimaat regelen. Het is nog moeilijk om de juiste sturing ook voor oxalaat aan te geven.

12.2.2. Kelkverdroging bij aubergine

Het verschijnsel kelkverdroging bij aubergine is te zien als bruinverkleuring van de kelkbladeren bij 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. Van der Boon noemt het in de vorige uitgave van deze nota een tegenvoeter 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 doorkleuring worden de vruchten 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.

13. BETEKENIS VAN DE ANALYSECIJFERS IN KASGROND

13.1. Onderzoekpakketten

Voor het onderzoek van kasgronden worden op het laboratorium van het BLGG Oosterbeek/Naaldwijk de volgende onderzoekpakketten uitgevoerd, namelijk:

- bijmestonderzoek (EC, K, Na, Mg, NO_3 , Cl, SO_4 , HCO_3 en P);
- jaarlijks onderzoek (EC, K, Na, Mg, NO_3 , Cl, SO_4 , HCO_3 , P en pH-KCl);
- basisonderzoek (organische stof, 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. Een algemene waardering zal worden gegeven voor de analysecijfers van het basisonderzoek en de facultatieve bepalingen. De analysecijfers van het bijmestonderzoek zullen worden besproken aan de hand van het gewas komkommer. Voor andere gewassen wordt verwezen naar de uitgave "Bemestingsadviesbasis Glasstuinbouw". Dit is een uitgave van het Consultantschap voor Bodem-, Water- en Bemestingsadviezen in de Akker- en Tuinbouw te Wageningen.

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 C_3 gehalte interen, dan moet een gift vers organisch materiaal van 1 m^3 per 100 m^2 per 1 à 2 jaar worden toegediend.

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.

Er zijn grondsoorten die van nature rijk zijn aan koolzure kalk, bijvoorbeeld jonge zeeklei-, duinzand- en zavelgronden. Het koolzure kalkgehalte kan soms wel 10% bedragen. Onder glas is een reserve aan CaCO_3 -gehalte aan te bevelen. De genoemde streefwaarden kunnen als grenswaarden dienen. Zodra het 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 chemische 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 ₃ -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 zijn vermeld 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 fosfaatreserve 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 fosfaatreserve is. Voor het vaststellen van de hoeveelheid toe te dienen fosfaatmeststof moet ook het fosfaatgehalte in het 1:2 volume extract worden betrokken. Tabel 13.3. geeft de globale waardering van het P-Al-cijfer, uitgedrukt in mg P₂O₅ per 100 gram grond.

Tabel 13.3. Globale waardering P-Al-cijfer, in mg P_2O_5 per 100 gram grond.

Waardering	P-Al
Laag	< 71
Matig	71-110
Normaal	111-140
Vrij hoog	141-180
Hoog	>180

13.2.5. Afslibbare delen

Het gehalte aan afslibbaar 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. Hoe een bijmestadvies tot stand komt wordt vermeld in hoofdstuk 16. Voor waardering en advisering bij andere gewassen wordt verwezen naar de uitgave "Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw".

13.3.1. EC

De EC wordt opgegeven in milli-Siemens per centimeter bij een temperatuur van 25°C ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 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: 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 $1,0 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Een EC hoger dan $1,6 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 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 natriumgehalte in de grond kan daardoor toenemen. Het natrium- en chloridegehalte 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 teeltoomstandigheden 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 kalium, ammonium, 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 ₄	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	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 kaliumgehalte 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 als gevolg van toediening via meststoffen en beregening met calciumhoudend water, bijvoorbeeld oppervlaktewater. Het streefcijfer voor calcium is bij komkommer gesteld op 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 (NH_4) en nitraat (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 wordt 1,5 mmol per liter als streefwaarde gehanteerd. 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 umol per liter 1:2 volume extract bedragen. Ook het bromidegehalte van de tweede en derde steek moet lager 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 umol 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 gebruik gemaakt van beregeningswater dat van nature weinig of geen borium bevat. Vooral op humusarme zand- en lichte zavelgronden kan na enige jaren een te laag boriumgehalte worden aangetroffen. Borium is namelijk een element dat gemakkelijk kan uitspoelen. Sinds korte tijd wordt borium bepaald in het 1:2 volume extract. De voorlopige globale waardering voor borium, uitgedrukt in umol per liter 1:2 volume extract wordt vermeld in tabel 13.7.

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

Waardering	Gehalte
Zeer laag	<10
Laag	11-20
Normaal	21-40
Ruim voldoende	41-60
Hoog	>60

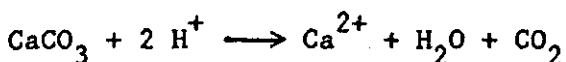
Bij een boriumgehalte in het 1:2 volume extract groter dan 60 umol per liter is het niet uitgesloten dat bij verschillende gewassen overmaatverschijnselen optreden.

14. BEMESTING VOOR TEELTEN IN GROND, ALGEMEEN

Bemesting heeft als doel de grond te verrijken met voedingselementen, waardoor 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 bijmesten; bemesting in vaste vorm - 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 onder invloed van bijvoorbeeld wisselende EC- waarden niet.

Men maakt onderscheid tussen onderhoudsbekalking en restauratiebekalking. De eerste zal veel worden toegepast op zandgronden met een kleine reserve aan 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 ingefreesd; 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 kluitigerige 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. Hiertoe 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. Als regel 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

De 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 m². 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 inspelen 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 ₃	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

Beide monsters hebben op het eerste gezicht een goede chemische samenstelling. 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 ₃	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 ₃	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 inspelen 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

Beschouwen wij de resultaten van tabel 14.7. dan zien wij 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.).

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

De tomaten waren bij deze bemonstering reeds geplant. De grond was al wat opgedroogd. Opvallend is dat het magnesiumgehalte flink omhoog is gegaan. Bezien wij het resultaat van het inspoelen, dan blijkt het voedingsniveau in de eerste steek minder te zijn gestegen dan verwacht. Wel is het voedingsniveau van de tweede steek wat verhoogd.

Concluderend kan worden gesteld dat als de spoelperiode voor methylbromide in acht wordt genomen, alle gronden in principe zoutarm zijn. Bij het uitstrooien en daarna inregenen zal doorgaans een gift van 10-15 kg kalkammonsalpeter en 25-35 kg patentkali, eventueel aangevuld met kieseriet en triple superfosfaat moeten worden gegeven.

Bij het inregenen in de laatste spoelperiode moeten geheel oplosbare meststoffen worden gebruikt, bijvoorbeeld 7-10 kg zwavelzure ammoniak + 15-20 kg kalisalpeter + 10-14 kg bitterzout. De meststof triple superfosfaat kan in dit geval worden uitgestrooid.

De laatste tijd zijn er andere meststoffen op de markt gekomen die goed oplossen en ook kunnen worden gebruikt. Vooral als de SO_4 -gehalten in de grond hoog zijn, is het aan te bevelen om sulfaatarme meststoffen te gebruiken. 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.

15. BEMESTEN VIA DE REGENLEIDING

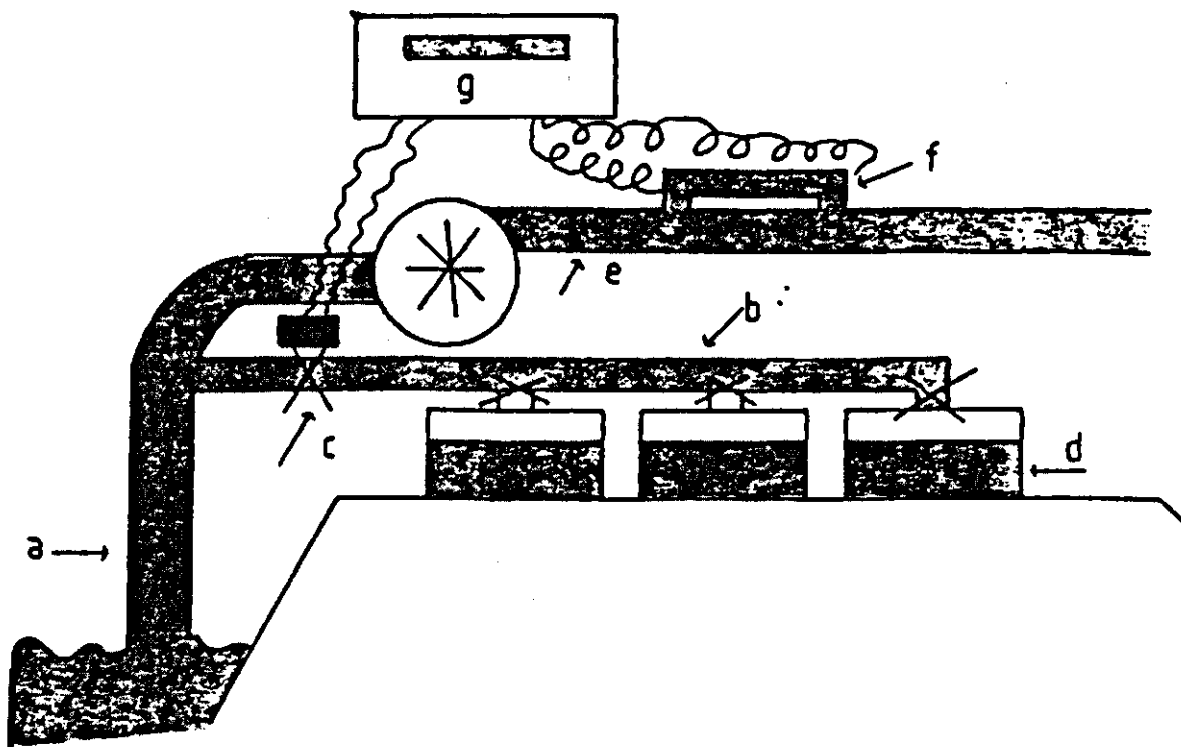
Op veel bedrijven wordt voor gewassen geteeld in grond bijgemest via de regenleiding. Naast de arbeidsbesparing heeft deze methode van bemesten ook verschillende teelttechnische voordelen. Zo wordt een veel betere verdeling van de meststoffen verkregen. Dit is vooral belangrijk, omdat de grondbewerking 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

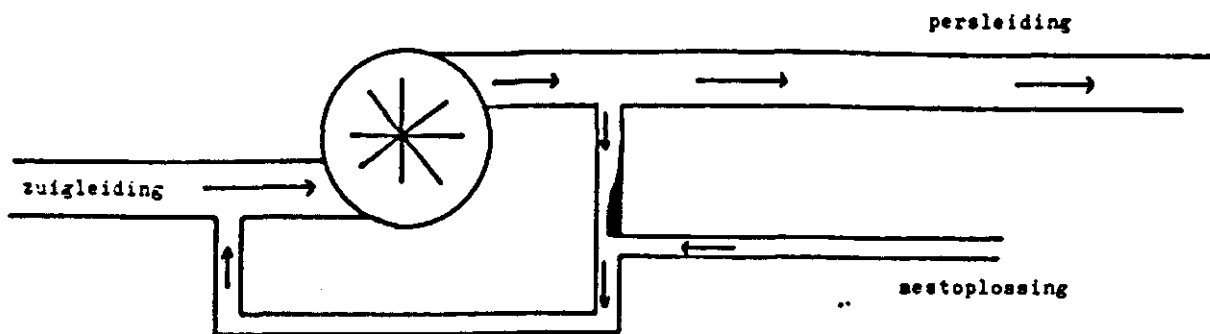
Op veel bedrijven wordt het bemesten via de regenleiding gedaan met behulp van de concentratiemeter. In figuur 15.1. is de inrichting van dit apparaat in zijn eenvoudigste vorm schematisch weergegeven. De werking is als volgt. Als de motorpomp in werking wordt gezet, wordt het water door zuigbuis (a) 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 mestverduuners. 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 m³ 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 in mS.cm^{-1} .

Meststof	Samenstelling	EC-waarde
Kalialpeter	KNO_3	1,35
Chilialpeter	NaNO_3	1,3
Kalksalpeter (vast)	$5(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$	1,24
Kalksalpeter (vlb)*	$5(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$	0,63
Ammoniumnitraat (vlb)*	NH_4NO_3	0,86
Magnesiumnitraat (vlb)*	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,54
Zwavelzure ammoniak	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1,9
Ureum	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0,0
Monoammoniumfosfaat	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0,86
Monokalifosfaat	KH_2PO_4	0,68
Kalifulfaat	K_2SO_4	1,54
Bitterzout	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	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 kalialpeter wordt de EC van het gietwater dus met $2 \times 1,35 = 2,7$ eenheden verhoogd.

Hieronder volgt een voorbeeld.

Doseren van 2 gram kalialpeter 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, kalifulfaat, monoammoniumfosfaat, monokalifulfaat 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 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 teeltomstandigheden. In de eerste plaats krijgen 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 spoorelementen 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 meststofdoseringen van 2 tot 8 gram per liter worden toegepast.

De laatste jaren wordt ook voor de teelt in grond steeds meer gebruik gemaakt van voedingsoplossingen. 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. BEMESTINGSADVISING 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 bij bepaalde gewassen behoren. Deze voedingsoplossingen kunnen worden samengesteld met enkelvoudige meststoffen, zodat elk moment de verhouding tussen de elementen kan worden aangepast. Enkele jaren geleden vroeg de berekening van deze voedingsoplossingen erg veel tijd. Dit probleem is opgelost door het ontwikkelen van een computerprogramma, zodat de berekening snel kan worden uitgevoerd. In dit hoofdstuk zal in het kort worden beschreven, hoe een bemestingsadvies voor komkommers met behulp van de computer tot stand komt. Voor het samenstellen van het bemestingsadvies overige gewassen, wordt verwezen naar de uitgave "Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw", uitgegeven door het Consulentenschap voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Akker- en Tuinbouw te Wageningen.

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: NH_4 , Na, K, Ca, Mg.
- Anionen: NO_3 , Cl, SO_4 , P.
- EC.

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 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 teeltomstandigheden. In de eerste plaats krijgen 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 spoorelementen 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 meststofdoseringen van 2 tot 8 gram per liter worden toegepast.

De laatste jaren wordt ook voor de teelt in grond steeds meer gebruik gemaakt van voedingsoplossingen. 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. BEMESTINGSADVISINGER 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 bij bepaalde gewassen behoren. Deze voedingsoplossingen kunnen worden samengesteld met enkelvoudige meststoffen, zodat elk moment de verhouding tussen de elementen kan worden aangepast. Enkele jaren geleden vroeg de berekening van deze voedingsoplossingen erg veel tijd. Dit probleem is opgelost door het ontwikkelen van een computerprogramma, zodat de berekening snel kan worden uitgevoerd. In dit hoofdstuk zal in het kort worden beschreven, hoe een bemestingsadvies voor komkommers met behulp van de computer tot stand komt. Voor het samenstellen van het bemestingsadvies overige gewassen, wordt verwezen naar de uitgave "Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw", uitgegeven door het Consultantschap voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Akker- en Tuinbouw te Wageningen.

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: NH_4 , Na, K, Ca, Mg.
- Anionen: NO_3 , Cl, SO_4 , P.
- EC.

16.3. Waardering analysecijfers

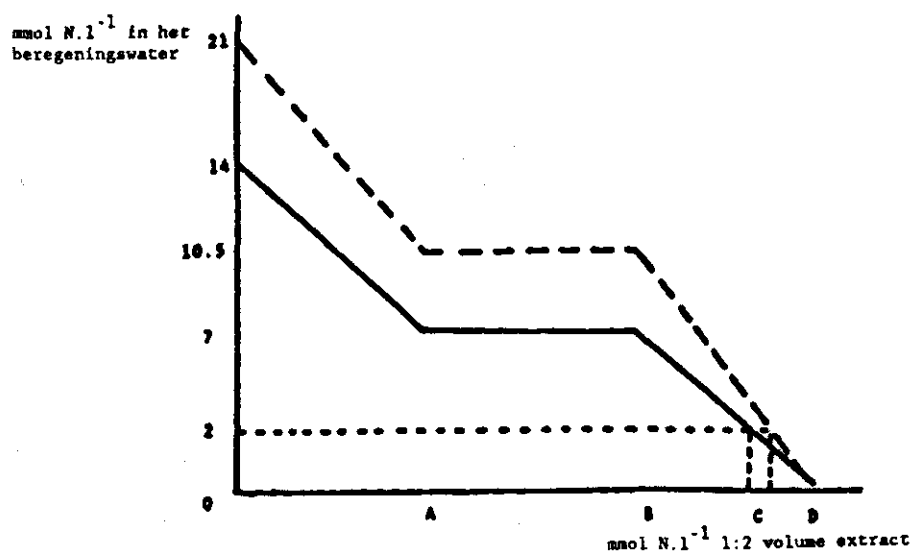
Bij de waardering van de analysecijfers wordt uitgegaan van een beoordeling aangepast aan het gewas. Streefcijfers voor komkommer worden gegeven in tabel 16.1.3. Alleen duidelijk afwijkende cijfers worden gesignaleerd. Tevens wordt een controle uitgevoerd of de analyseresultaten binnen de grenzen vallen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

16.4. De verhouding van de 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 standaardsamenstelling 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. Concentratierегeling voedingsoplossing

De concentratierегeling 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-0 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				
NH ₄	K	Ca	Mg	NO ₃	S	K	Ca	Mg	N	S (1 g.l ⁻¹)
0,9	3,5	2,0	1,0	8,4	1,0	12,2	7,2	2,2	11,4	2,9

16.1.3. Streecijfers 1:2 volume extract						16.1.4. N-dosering in mmol.l ⁻¹				
K	Ca	Mg	N	S	EC	standaard: 7 bij 2,9 < N < 5,1				
1,8	2,2	1,2	4,0	1,5	1,0	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 ₄ /N
1+	1,5	1,0				<0,25	<0,30		
2+	0,75	0,5	0,5	0,5		0,25-0,34	0,30-0,44	<0,20	<0,25
3	0	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		16.1.7. Twee adviezen		16.1.8. Aangepaste concentratie	
Dosering		N-cijfer		periode van 1-12 tot 15-2	
<0,10	1,0	<2,0		verhoging 50%	
0,10-0,15	0,5				
>0,15	0,0				

16.1.9. Waardering analysecijfers en grenzen voor het ACM										
Waardering	NH ₄	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	Cl	SO ₄	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 van invloed op de kationenopname en omgekeerd. De onderlinge verhoudingen van kationen en anionen beïnvloeden als regel wel de opname aan be-

paalde 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 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 (K+Ca+Mg) en (NO_3+SO_4+P) niet aan elkaar gelijk zijn. Is de (K+Ca+Mg) hoger dan de (NO_3+SO_4+P) dan wordt de (NO_3+SO_4+P) verhoogd met het verschil van beide sommen. Het verschil wordt verdeeld over NO_3 en SO_4 in de molverhouding die zij hebben in de standaardvoedingsoplossing. Blijkt echter dat na de aanpassing S uit de voedingsoplossing was verwijderd dan wordt het totale verschil opgeteld bij N. Is de (NO_3+SO_4+P) na correctie groter dan de (K+Ca+Mg) dan wordt zoveel als nodig stikstof gegeven in de vorm van ammoniumnitraat (vlb). Is echter aan de gift ammoniumnitraat een maximum verbonden, dan wordt de (K+Ca+Mg) verhoogd met het verschil na aftrek van de toegestane concentratie ammoniumnitraat. De verdeling over de elementen is dan zoals zij zich verhouden in de standaardvoedingsoplossing.

16.7. Sporelementen

Sporelementen 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: $mmol\ N/umol\ B = 300$.

16.8. Meststoffen

In tabel 16.2. is een overzicht gegeven 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 $mS.cm^{-1}$ bij 25°C	Moleculair gewicht
Kalksalpeter	18,5 Ca; 15,5 N	1,24	216**
Kalisalpeter	38,2 K; 13 N	1,35	101,1
Ammoniumnitraat (vlb)*	18 N	0,86	(156)
Ureum	46 N	0	60
Magnesiumnitraat (vlb)*	6,1 Mg; 7 N	0,54	(400)
Bitterzout	10 Mg; 13 S	0,94	246,3
Kaliumsulfaat	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_3 en 0,2 mol NH_4

16.9. Bereiding geconcentreerde voedingsoplossing

Bij het bereiden van de geconcentreerde voedingsoplossing wordt er van uit gegaan dat met twee bakken wordt 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 m³ 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 wordt gedaan 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 chloridegehalte 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 SO₄, 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 tweede advies verstrekt. Bij het tweede advies wordt als N (1:2) het streefcijfer hiervoor ingevoerd, waarna nogmaals de procedure wordt doorlopen. Het eerste advies wordt verstrekt voor de eerste twee weken en het tweede advies is bedoeld om na twee weken te worden gebruikt.

16.13. Uitzonderingssituaties

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

16.14. Samenvatting uitvoering systeem

In het onderstaande wordt een samenvatting van het systeem gegeven op basis van een grondmonster genomen uit een kas waar komkommers groeien.

Samenvatting van het computersysteem

Analyseresultaten grondonderzoek

NH ₄	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	Cl	SO ₄	P	
0,2	1,3	2,0	2,4	1,0	3,2	2,0	2,2	0,16	mmol.l ⁻¹

EC : 1,2 mS.cm⁻¹

Gewas : komkommer

Monsterdatum: 10 april

Waardering analysecijfers

Geen buitengewone waarden (zie tabel 16.1.9.)

Stikstofconcentraties

N (extract) = 3,2 NO₃ + 0,2 NH₄ = 3,4 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; SO₄ = 0,65

Aanpassingen: -1,0 Ca; - 0,5 SO₄ (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 SO₄
(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/m³ bij 100 x geconcentreerd

21,6 kg kalksalpeter; 35,4 kg kalisalpeter; 12,3 kg bitterzout,
20 kg magnesiumnitraat en 18,7 kg ammoniumnitraat. 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	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 ⁻¹	1,046

* vloeibaar

EC-toediening meststoffen

Toedienen 7 mmol N per liter₁ (98 mg.l⁻¹)

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

Deze EC toedienen aan het beregeningswater.

Borium

Indien borium moet worden toegediend, 930/300 = 3,1 mol B toedienen aan bak A of B. Dit komt overeen met 381,2 x 3,1/4 = 295,9 borax per m³.

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

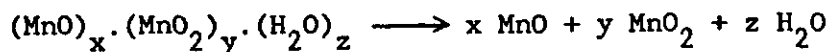
In de grond komt een groot aantal mangaanverbindingen voor. De meeste bestaan uit gehydrateerde mangaanoxiden, waarin het mangaan twee- tot vierwaardig is. De verbindingen kunnen worden verdeeld in gemakkelijk reduceerbare en in betrekkelijk inerte. In eerstgenoemde verbindingen wordt het drie- of vierwaardig 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. Het effect van stomen

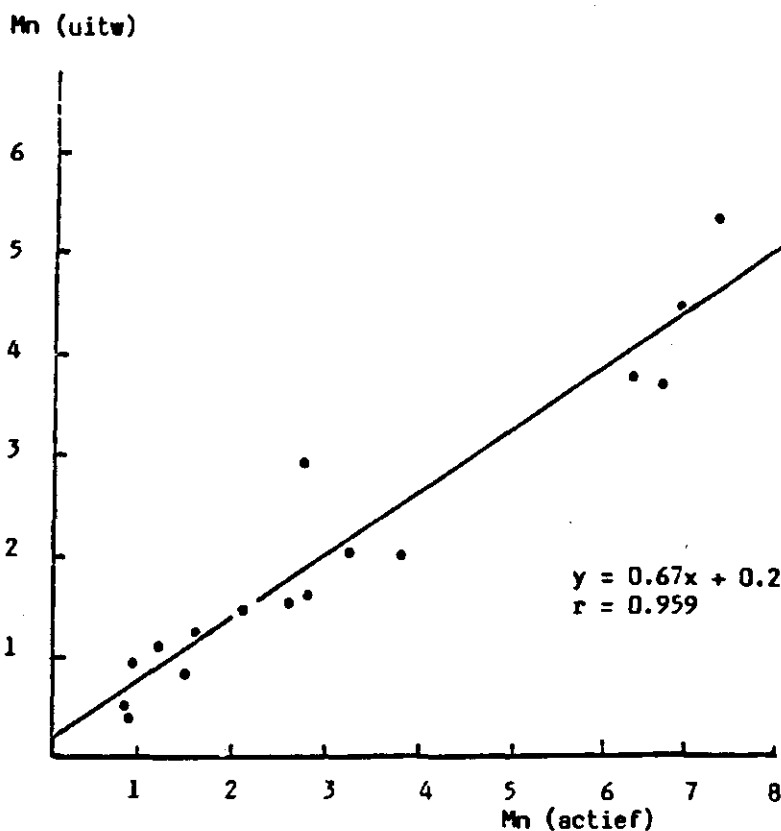
Mangaanverbindingen die onder normale omstandigheden niet voor de plant beschikbaar zijn, worden tijdens het stomen van de grond omgezet in gemakkelijk beschikbare verbindingen. Daardoor worden op vrijwel alle gronden hoge gehalten aan uitwisselbaar mangaan gevonden na het stomen. Verschillende processen 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^{-1} 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 dehydratie, 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 temperatuurbehandelingen 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

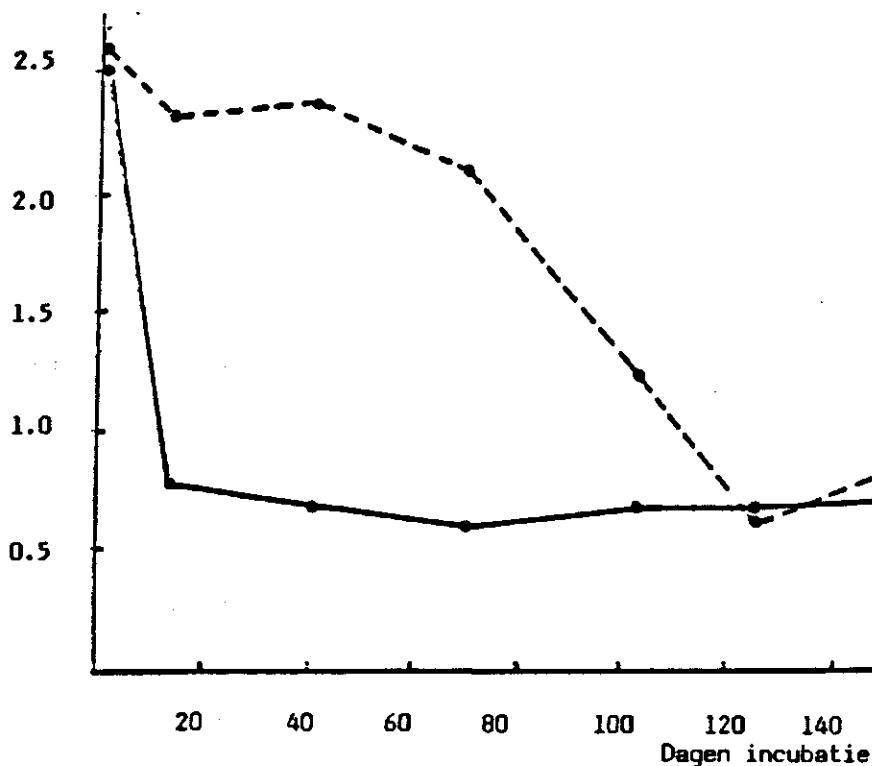
Het mangaan dat bij stomen vrijkomt, wordt daarna weer vastgelegd in mangaanoxiden. Dit proces verloopt gewoonlijk langzaam. Bij sommige gronden is het gehalte uitwisselbaar mangaan een jaar na het stomen nauwelijks tot het oorspronkelijke niveau gedaald. In figuur 17.2. is het verloop van het mangaangehalte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

Mn (uitw)



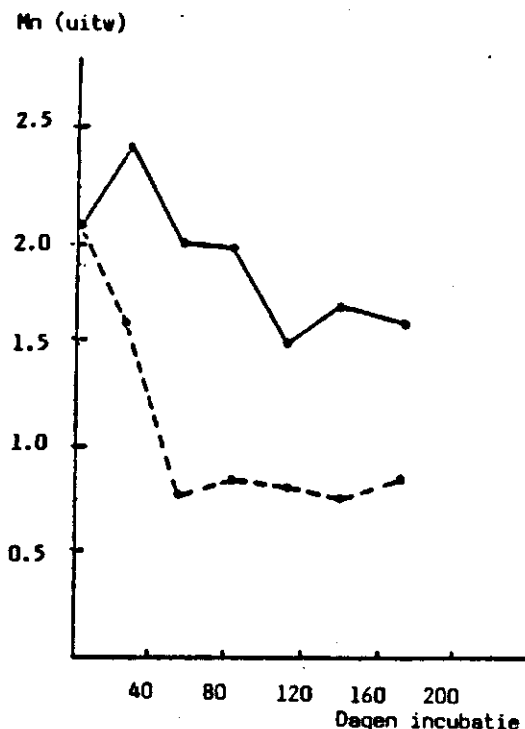
Figuur 17.3. Het verloop van het gehalte uitwisselbaar mangaan op een kleigrond.

(—) 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. De 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 zellen. De resultaten zijn in tabel 17.3. opgenomen.

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^{-1} droge grond.

Bedrijf	NO ₃		NO ₂		NH ₄ (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.

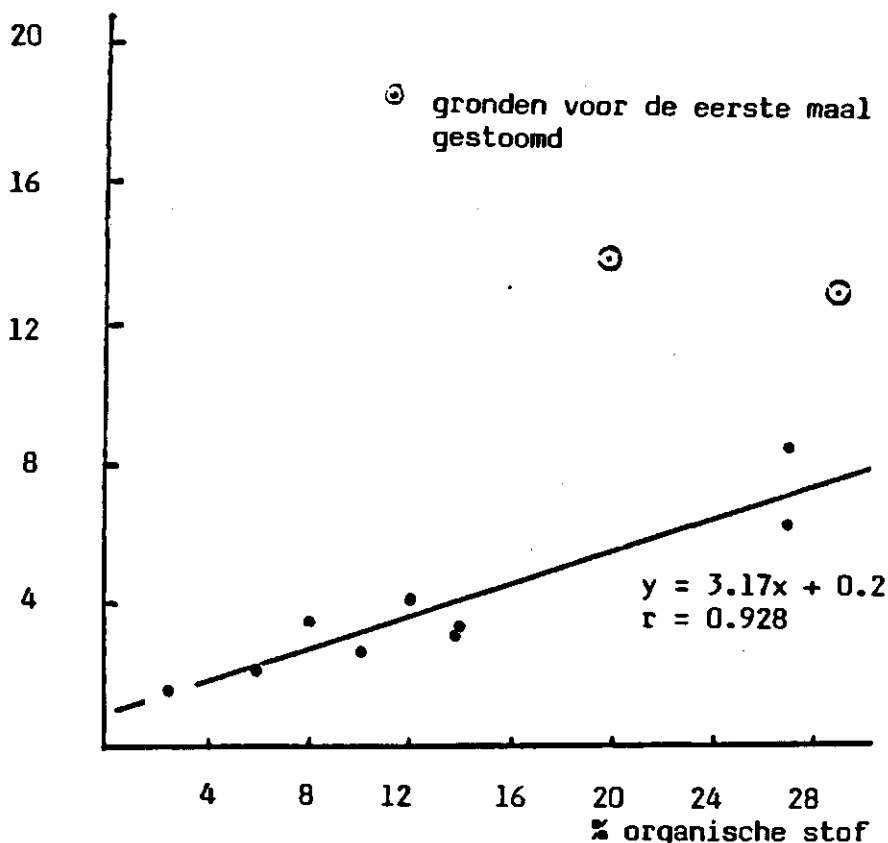
Ontleding van nitraat wordt wel erg aannemelijk gemaakt door een proef waarbij vijf verschillende gronden werden gestoomd onder omstandigheden waarbij geen stikstofuitspoeling kon optreden. Ook hier bleek de daling zich bij vier van de vijf gronden voor te doen, vooral bij hoge nitraatgehalten. De toename 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.

NH₄ (uitw)



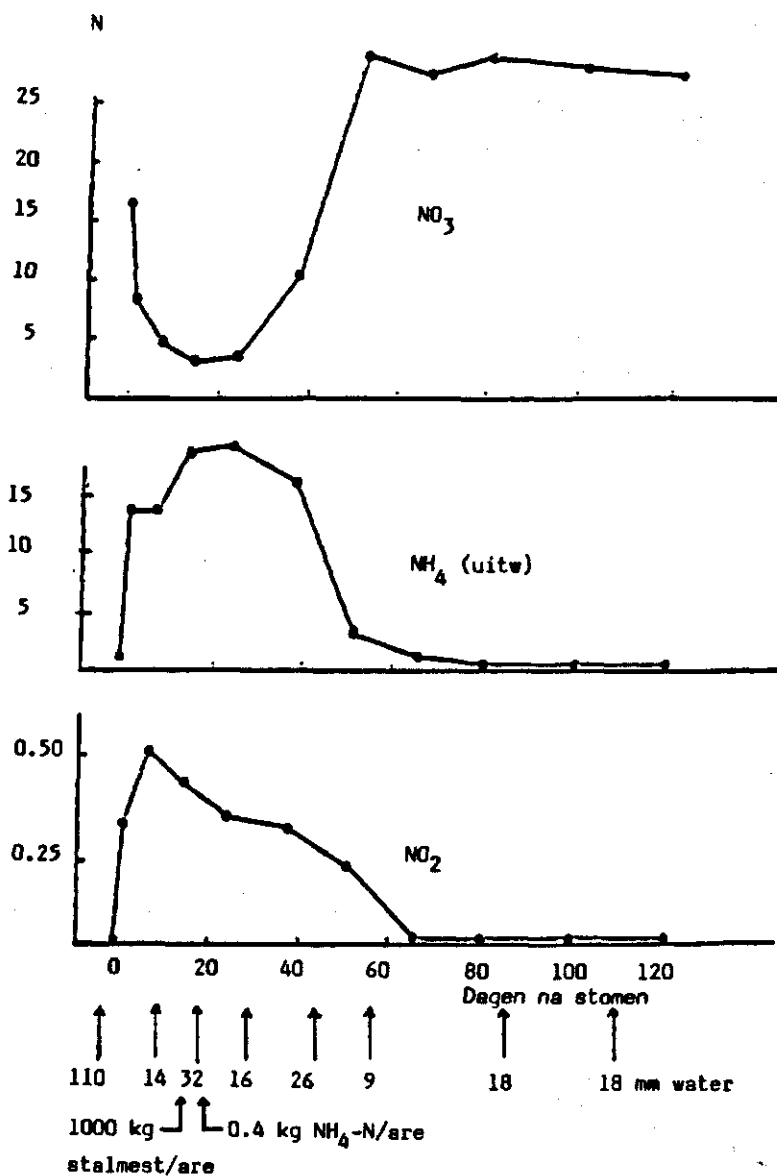
Figuur 17.5. Het verband tussen het organische-stofgehalte en het gehalte uitwisselbaar ammonium na stomen.

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 ammoniak en nitriet enige tijd in de grond aanwezig blijven. Voorts is het mogelijk dat in de eerste periode na het stomen de ammoniak- en nitrietgehalten stijgen. Ammoniak kan na het stomen ontstaan door afbraak van organische stof en nitriet door nitrificatie van ammoniak.

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.

Ammoniak 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°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°C weergegeven, gemiddeld over de vijf kasgronden. Aan het einde van de incubatieperiode is alleen het nitraatgehalte weergegeven, omdat toen geen ammoniak 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^{-1} droge grond.

Behandeling	Begin van de incubatie			Mineralisatie	Totaal
	NO_3	NO_2	NH_4 (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

Uit onderzoek van de laatste jaren is gebleken dat bij stomen van de grond ook bromide kan 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^{-1} 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 behoeft 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. FYSISCHE EIGENSCHAPPEN TEELTSUBSTRATEN

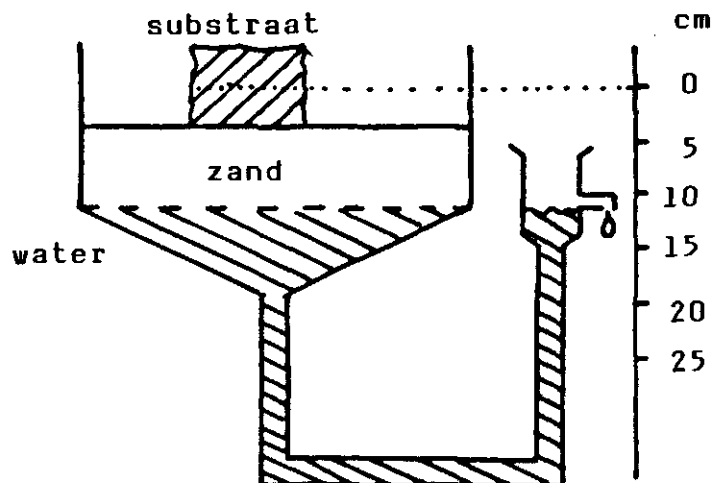
De kwaliteit van teeltsubstraten wordt voor een groot deel bepaald door de verhouding tussen de vaste delen, de hoeveelheid lucht en het water wat in het substraat voorkomt. Dit zijn de fysische eigenschappen. Om deze te weten te komen, wordt nagegaan hoe de verhouding vaste delen/water/lucht is bij bepaalde vochtspanningen. Men noemt het verloop van het watergehalte met de daarbij behorende luchtgehalten wel de vocht karakteristiek van het substraat.

De verhouding water/lucht moet geschikt zijn voor plantengroei. De gewenste verhouding moet ook gerealiseerd kunnen worden onder de omstandigheden waaronder geteeld wordt. Daarnaast moet deze verhouding tijdens de teelt ook goed blijven. De manier waarop water wordt gegeven heeft hierop invloed. Het maakt veel verschil uit of gebruik gemaakt wordt van druppelbevloeiing, met de hand wordt gegoten of met een eb/vloed systeem wordt gewerkt.

18.1. Vochtkarakteristiek

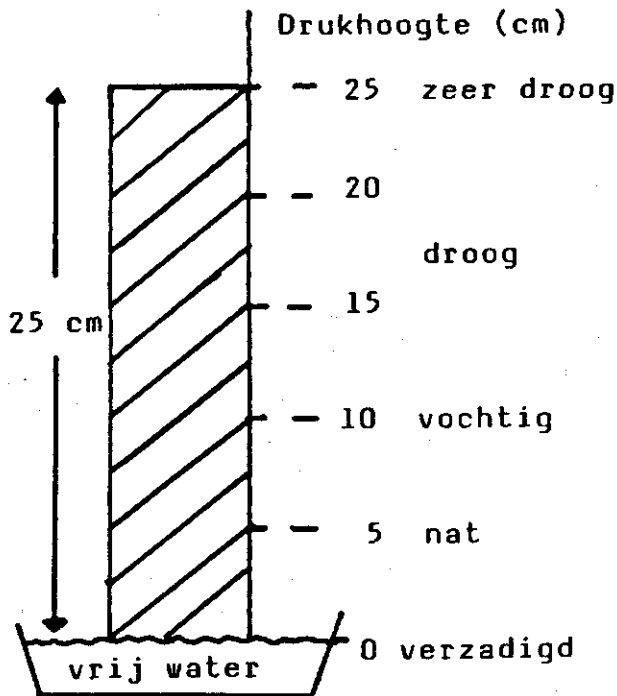
De vocht karakteristiek geeft aan hoeveel water door de grond wordt vastgehouden bij verschillende zuigspanningen. Om dit te weten te komen wordt de kracht waarmee het water aan het substraat gebonden is in een laboratorium nagebootst.

Deze bepaling wordt uitgevoerd op een bed van zeer fijn zand van bijvoorbeeld 10 cm dikte. Op dit bed wordt een substraatmonster geplaatst, bijvoorbeeld steenwol, wat met water is verzadigd. Ook het zandbed is verzadigd met water. Het zand is zo fijn dat als er water aan wordt onttrokken, door het zand water uit het substraat wordt gezogen. Het water in het zand is verbonden met vrij water in een flexibel buizenstelsel. Op die manier kan er een kolom water onder aan het zand worden gehangen. Deze kolom kan in lengte worden gevarieerd. Hoe langer de kolom, hoe meer water uit het substraat wordt gezogen doordat het water in het substraat in verbinding staat met het water in het zand. Door de lengte van de waterkolom wordt dus een wisselende zuigspanning in het zand aangebracht. Deze zuigspanning wordt uitgedrukt in het aantal cm dat de waterkolom lang is (figuur 18.1.).



Figuur 18.1. Schema van de installatie waarmee de vocht karakteristiek wordt bepaald.

Bij de bepalingen wordt uitgegaan van het midden van de hoogte van het substraatmonster. Bij een steenwolmat van 7,5 cm hoogte is dat dan ook 3,75 cm boven het zandbed waarop het monster staat. Bij het begin van de bepaling staat het water dan ook op 3,75 cm boven het zandbed. De waterkolom wordt daarna met stappen van 2,5 cm verlengd tot 25 cm. Verder heeft geen zin, want steenwol heeft bijna al het water afgegeven als er een kolom van 25 cm water aanhangt. Anders gezegd, een stuk steenwol van 25 cm hoog, dat volledig verzadigd is met water, verliest bij uitlekken, bijvoorbeeld op een zeef, door de zwaartekracht zoveel water dat het onderin nog wel verzadigd is, maar bovenin is het droog (figuur 18.2.).



Figuur 18.2. Als een verzadigde kolom steenwol van 25 cm lengte is uitgezakt, is alleen onderin nog water genoeg aanwezig.

Daardoor wordt een steenwolmat die op 25 cm schot ligt, aan het hoge eind volledig drooggetrokken. Want dat werkt precies eender als in figuur 18.2. is aangegeven.

Aan potgrond is het water sterker gebonden. Aan dit materiaal moet een waterkolom van wel een meter lengte hangen om de bovenkant droog te trekken. De potgrond biedt meer weerstand tegen de wateronttrekking.

De zuigspanning in cm is natuurlijk ook te beschouwen als druk, maar dan in negatieve zijn. Dus drukhoogte $-x$ cm. Zo zijn ook verschillende andere begrippen die betrekking hebben op de fysische eigenschappen van substraten onlangs opnieuw gedefinieerd. Deze definities zijn in bijgaand overzicht opgenomen (tabel 18.1.).

Bij de beschrijving van de bepaling van de vocht karakteristiek worden hierna de fysische termen in de moderne nomenclatuur gebruikt. Aangezien velen hieraan nog niet gewend zijn, worden de conventionele termen soms erna tussen haakjes ook opgenomen.

Tabel 18.1. Naamgeving fysische eigenschappen substraat.

Symbool	Betekenis	Eenheid	Naam, toelichting, Engelse naam
0	$- V_w/V_t$	$m^3 \cdot m^{-3}$	volume fractie water, volume fraction liquid
f_a	$- V_a/V_t$	$m^3 \cdot m^{-3}$	volume fractie lucht, volume fraction air
f_p	$- V_p/V_t$	$m^3 \cdot m^{-3}$	poriënfractie, porosity
f_h	$- M_h/M_{m+h}$	$g \cdot g^{-1}$	organische stofgehalte = massa organische stof gedeeld door massa stoofdroog materiaal, organic matter content
w	$- M_w/M_{m+h}$	$g \cdot g^{-1}$	watergetal = massa water gedeeld door massa stoofdroog materiaal, wetness ratio
m	$- M_m/V_m$	$kg \cdot m^{-3}$	dichtheid van minerale delen, density of mineral part
h	$- M_h/V_h$	$kg \cdot m^{-3}$	dichtheid van humus, density of organic matter
m+h	$- M_{m+h}/V_{m+h}$	$kg \cdot m^{-3}$	dichtheid van vaste fase = volumieke massa van (alleen) de mineralen + humus, density of solid phase
t	$- M_t/V_t$	$kg \cdot m^{-3}$	bulkdichtheid vochtig materiaal = massa water, lucht en vaste fase gedeeld door volume water, lucht en vaste fase, bulk density of wet soil
d	$- M_{m+h}/V_t$	$kg \cdot m^{-3}$	bulkdichtheid droog materiaal = massa van stoofdroog materiaal gedeeld door het totale volume van het materiaal in vochtige toestand, bulk density of dry soil
h		cm	drukhoogte, pressure head

M = massa
V = volume

index p = poriën
index m = mineraal
index h = humus (organische stof)
index w = water
index a = lucht
index t = totaal (= lucht + water + vaste fase)
index d = droog

18.2. Bepalingsmethode van een vocht karakteristiek

Een vocht karakteristiek wordt verkregen door de volumefractie water (watergehalte) van het substraat te bepalen bij verschillende kolomhoogten. Deze hoogte wordt drukhoogte genoemd. Wel is het een negatieve druk, want de kolom staat niet op het substraat, maar zuigt het water via de zandlaag uit het substraat. Vandaar dat men tot nog toe ook sprak van de zuigspanning. Bij verschillende drukhoogten (zuigspanningen) wordt nu de volumefractie water (watergehalte) van het substraat bepaald. Dit gebeurt door na het instellen van een evenwicht het substraat te wegen, waarbij 1 gram water gelijk is te stellen aan 1 kubieke cm water. Aan het einde van de reeks drukhoogten wordt ook het droge vaste materiaal gewogen door het monster helemaal uit te drogen en het volume ervan te berekenen.

Bij de verschillende drukhoogten (zuigspanningen) is het volume van de vaste delen constant. De volumefracties water (watergehalten) waren al bepaald, zodat de volumefracties lucht (luchtgehalten) uitgerekend kunnen worden. De voorschriften voor de uitvoering van de bepaling en de formules voor de berekeningen zijn te vinden in: "Fysische analysemethoden voor grond en veen, Intern Verslag Proefstation Naaldwijk, no. 12".

De uitkomsten van de reeks bepalingen kunnen in een grafiek worden gezet, die dan de vocht karakteristiek in beeld brengt. Men noemt dit de vocht karakteristiek, maar de volumefracties lucht (luchtgehalten) en de volumefractie vaste delen kunnen er eveneens uit worden afgelezen.

Een bijzonderheid is nog dat men de drukhoogte soms niet uitzet in cm, maar dat men de negatieve macht van het getal 10 van dat aantal cm vermeldt. Men noemt dat de pF. Deze methode is echter verouderd. De cijfers in tabel 18.2. kunnen dienen om een vergelijking mogelijk te maken.

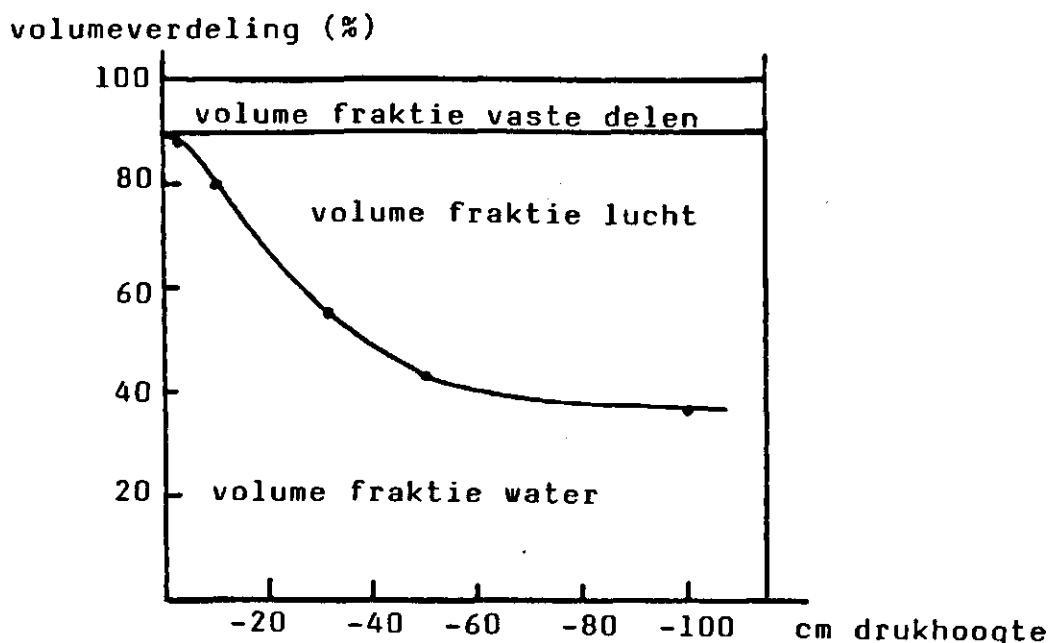
Tabel 18.2. Drukhoogten en overeenkomstige pF-waarden

Drukhoogte (-cm)	pF-waarde	Drukhoogte (-cm)	pF-waarde
1	0	32	1,5
3,2	0,5	50	1,7
5	0,7	100	2
10	1	1000	3

18.3. Vocht karakteristiek van potgrond

Zoals reeds is opgemerkt bestaat er een groot verschil tussen de vocht karakteristieken van verschillende materialen. Hier volgt eerst een voorbeeld van een vocht karakteristiek van potgrond die is samengesteld uit 60 volumeprocenten tuinturf en 40 volumeprocenten turfstrooisel.

De verhouding vaste delen/water/lucht van deze potgrond bij verschillende drukhoogten (zuigspanningen) is in figuur 18.3. weergegeven.



Figuur 18.3. Vocht karakteristiek van een potgrond. In de grafiek kan worden afgelezen wat bij verschillende drukhoogten de volumeverhouding is tussen vaste delen lucht en water.

De potgrond in dit voorbeeld heeft dus een poriënfractie van 90%, omdat 10 procent van het volume wordt ingenomen door de vaste stof. De poriënfractie (poriënvolume) is dus bij de verschillende negatieve drukhoogten (zuigspanningen) in verschillende mate gevuld met water of met lucht. Bij -10 cm is de volumefractie water (watergehalte) nog 80%, een vermindering dus van 10%. Bij -40 cm drukhoogte loopt het gehalte al terug tot 48% en bij -100 cm is de volumefractie water gedaald tot circa 36%. Dan is het substraat al te droog voor een snelle groei. In een eb/vloed systeem is de drukhoogte boven in de pot na een bevoeiingsbeurt namelijk -10 cm (de pothoogte) en voordat door uitdroging de drukhoogte -100 cm is, wordt er al weer bevoeid.

De volumefractie lucht (luchtgehalte) is bij -10, -40 en -100 cm drukhoogte respectievelijk 10, 42 en 54%. Dat wil zeggen dat deze potgrond eigenlijk niet geschikt is voor een eb/vloed systeem. De volumefractie lucht is na de bevoeiing immers maar hoogstens 10% en dat is te laag voor een goede functionering van de wortels. Nu wordt in de praktijk meestal niet de hele vocht karakteristiek bepaald. Dit is namelijk zeer arbeidsintensief en dus duur. Er wordt dan slechts bij één drukhoogte (zuigspanning) bepaald hoe de vaste delen/water/lucht verhouding is. Voor eb/vloed potgrond moet dat dus eigenlijk tussen -10 en 0 cm drukhoogte worden gedaan. Deze potgrond moet immers een hoog gehalte aan lucht blijven bevatten, ook als het zeer nat is. Voor andere potgronden zou het bijvoorbeeld bij -30 cm drukhoogte kunnen gebeuren, omdat deze gronden onder minder natte omstandigheden worden gebruikt. In het algemeen moet de volumefractie lucht onder teeltomstandigheden meer dan 20% zijn.

18.4. Vocht karakteristiek van verschillende potgronden

Van de potgrond waarvan de vocht karakteristiek in de grafiek is gegeven, werd al gezegd dat die niet geschikt was voor een eb/vloed systeem. De volumefractie lucht is namelijk te laag in natte toestand, dat wil zeggen bij geringe negatieve drukhoogte, bijvoorbeeld -10 cm. Het is natuurlijk ook mogelijk om de volumefractie lucht van een potgrond te verhogen door de toevoeging van grover en luchtiger materiaal. In tabel 18.3. wordt de verhouding vast stof/water/lucht van enkele potgronden vermeld.

Tabel 18.3. Volumeverhouding tussen vast stof, poriën, water en lucht van enkele potgronden bij verschillende drukhoogten.

Pot- grond no.	Volumefractie (%)		Volumefractie water/lucht (%) bij drukhoogte		
	-----		-----		
	vaste delen	poriën	-3 cm	-10 cm	-30 cm
1.	11	89	84/ 5	81/ 8	51/38
2.	6	94	81/13	70/24	45/49
3.	7	93	71/22	54/39	40/53

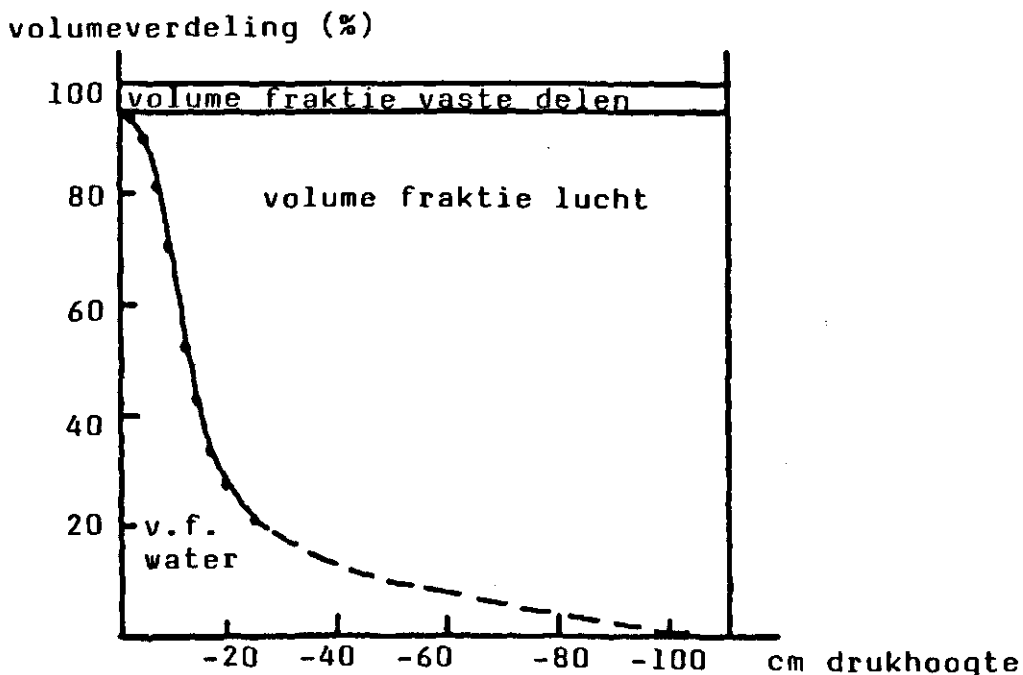
1. 60% turfstrooisel en 40% tuinturf.
2. 35% grove turfstrooisel, 35% vezelmolm en 30% turfstrooisel brokken.
3. 75% turfstrooisel en 25% perlite.

De verschillen tussen deze potgronden maken duidelijk dat mengsel 1 te weinig lucht bevat bij een kleine negatieve drukhoogte. Mengsel 2 bevat bij -3 cm drukhoogte, dat wil zeggen bij eb/vloed direct na het bevloeien, 13% lucht. Dat is wel niet erg veel, maar het zal al spoedig gaan toenemen door wateropname door de plant. Mengsel 3 bevat onder de natste omstandigheden nog voldoende lucht.

Het luchtgehalte van potgrond kan worden beïnvloed door de manier waarop een pot wordt gevuld. Voor de bovengegeven bepalingen is in het voorschrift vastgelegd hoe de vulling plaats moet vinden. Als potgrond no. 3 in de praktijk echter vaster wordt gevuld dan voor deze bepaling is gebeurd, dan veranderen de cijfers. Door het aandrukken wordt de poriënfractie (poriënvolume) kleiner. De poriën worden nauwer. In de kleinere poriënfractie neemt de volumefractie water toe ten koste van de hoeveelheid lucht. Het is dus zaak erop te letten dat niet alleen de samenstelling van een potgrondmengsel van belang is voor de fysische eigenschappen, maar dat ook de manier waarop een potgrond wordt verwerkt van invloed is.

18.5. Vocht karakteristiek steenwol

Steenwol kan het water veel minder goed vasthouden dan een normale potgrond. Als aan steenwol een waterkolom van 100 cm wordt gehangen, bevat de steenwol nog maar enkele procenten water. Het heeft dus geen zin om de verhouding vaste delen/water/lucht bij dergelijke drukhoogten te bepalen. Vandaar dat bij steenwol niet verder wordt gegaan dan een drukhoogte van -25 cm (figuur 18.4.).

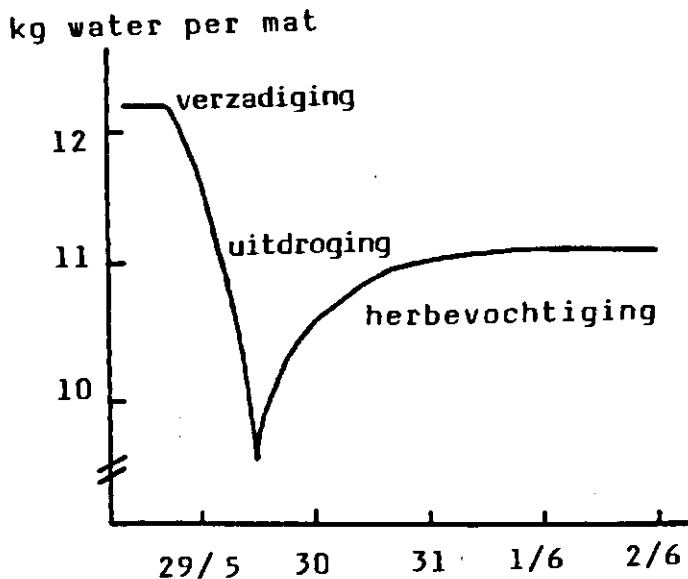


Figuur 18.4. Vochtkarakteristiek van een steenwolmonster. Vergelijk deze grafiek met figuur 18.3.

In de grafiek is in beeld gebracht hoe de vaste delen/water/lucht verhouding er uitziet in een bepaald monster steenwol. In dit geval is het bepaald door uit te gaan van een monster nieuwe, met water verzadigde steenwol. Daaraan werd een steeds toenemende kolom water gehangen. Bij -20 cm drukhoogte is het watergehalte nog 27%. Dit is al te droog.

Opvallend is het verschil met de curve van potgrond. Bij potgrond moet circa -100 cm drukhoogte worden aangelegd om de volumefractie water te laten dalen beneden 40%, terwijl bij steenwol circa -15 cm drukhoogte hiervoor al voldoende is. Dit betekent dat dit monster steenwol bij een laagdikte van 20 cm aan de bovenkant al zo droog wordt dat de wortels daar niet goed meer kunnen functioneren. Een steenwolmat mag dan ook niet hoger zijn dan circa 10 cm. Hogere matten kosten meer, terwijl er voor de plant geen voordeel tegenover staat. Het grotere volume steenwol maakt geen grotere vochtberging mogelijk. Als het nodig is de hoeveelheid gemakkelijk beschikbaar water te vergroten, dan moet dat dus niet in de hoogte maar in de breedte worden gezocht. In de praktijk zijn steenwolmatten dan ook meestal niet hoger dan 7,5 cm. Dit houdt echter wel in dat bij vrij water onder de mat pas 5 cm hoger in de mat circa 20% lucht aanwezig is. De onderste helft van de mat is dus matig bewortelbaar vanwege de lage volumefractie lucht. Dat er dikwijls toch nog zoveel wortels aan de onderzijde van de mat voorkomen, is het gevolg van aanpassing door de wortels. Om die aanpassing mogelijk te maken, is het zaak dat de omstandigheden in de mat zo constant mogelijk gehouden worden. Steenwol moet dan ook binnen nauwe grenzen van vochtspanning worden gehouden.

Als een mat een keer wat is uitgedroogd en daarna weer wordt bevochtigd, neemt de volumefractie toe. Dit is ook weergegeven in figuur 18.5.



Figuur 18.5. Als een steenwolmat gedeeltelijk is ingedroogd, wordt na herbevochtiging minder water opgenomen.

In een proef werd een mat gewogen. Het uitgangsgewicht was ruim 12 kg. Daarna werd geen water gegeven tot de mat door opname van de plant circa 9,5 kg woog. Na herbevochtiging werd de mat niet zwaarder dan ongeveer 11 kg. Er was toen dus 1 liter meer lucht in de mat aanwezig.

Het gewicht na herbevochtiging wordt lager naarmate de mat voordien verder is ingedroogd. Oude steenwol die is gestoomd of meerdere keren is gebruikt, zakt wat in elkaar. De volumefractie lucht wordt kleiner doordat de structuur van de steenwol is veranderd. Ook tussen verschillende soorten steenwol bestaan verschillen doordat de pakking verschilt en soms ook de vezeldikte. Ze hebben echter met elkaar gemeen dat ze alleen bij zeer kleine negatieve drukhoogten geschikt zijn voor de plantenteelt.

In de praktijk worden ook nog wel andere stoffen gebruikt als groeimedium, maar in vergelijking tot steenwol is dit niet van betekenis. Daarbij komt nog dat de fabrikanten van andere substraten dan steenwol bij voorbaat proberen hun materiaal zodanige eigenschappen te geven dat het op steenwol lijkt. Het kan dan zonder bezwaar in de bestaande systemen worden opgenomen. Omdat men dikwijls tracht de eigenschappen van steenwol te kopiëren, is te verwachten dat de teeltresultaten niet veel van die van steenwol zullen afwijken.

19. GRONDSTOFFEN VOOR TEELTSUBSTRATEN

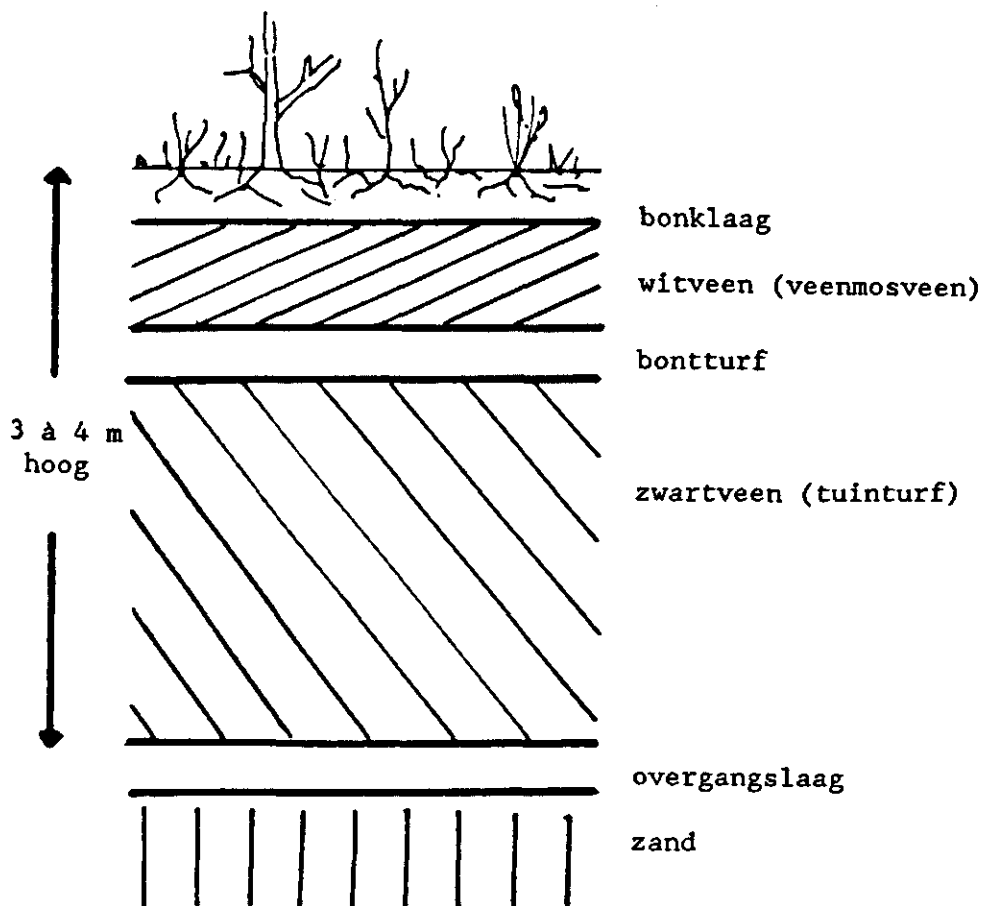
In dit hoofdstuk wordt de nadruk gelegd op de materialen die gebruikt worden voor het samenstellen van mengsels. Produkten als steenwol- en kunststofmatten blijven buiten beschouwing.

Voor de samenstelling van potgronden en andere teeltsubstraten wordt een grote verscheidenheid van materialen toegepast. De belangrijkste hiervan zijn tot nu toe nog steeds de veenprodukten. De volgende indeling kan worden gemaakt:

- veenprodukten;
- andere plantaardige stoffen (bijvoorbeeld naaldengrond, schors);
- onbewerkte minerale stoffen (bijvoorbeeld zand en klei);
- bewerkte minerale stoffen (bijvoorbeeld perliet en kleikorrels);
- kunststoffen (bijvoorbeeld vlokken of korrels van zogenaamde schuimplastics).

19.1. Herkomst veenprodukten

De veenprodukten die voor de samenstelling van potgronden en substraten worden gebruikt, zijn afkomstig uit hoogveengebieden. Deze gebieden worden gevonden in Ierland, Duitsland, Estland, Rusland, Finland, Zweden en Canada. Hoe noordelijker het veen gelegen is, hoe minder het verteerd is. Om te begrijpen waardoor de eigenschappen van veensoorten tot stand komen, is een schets van een veenprofiel verhelderend (figuur 19.1.).



Figuur 19.1. Schema van een veenprofiel in Noord-West Duitsland. In noordelijker streken is de veenlaag dikker en minder verteerd (veenmosveen).

Hoogveen is gegroeid onder voedingsarme omstandigheden. Het is daardoor zuur en voedselarm en bevat ook geen schadelijke zouten. Van de veensoorten die in de tekening zijn aangegeven, zijn in tabel 19.1. wat eigenschappen vermeld. De betreffende veenprodukten moeten hieraan voldoen om in aanmerking te komen als grondstof voor potgronden en substraten.

Tabel 19.1. Enkele hoogveensoorten met de daarbij behorende eigenschappen.

	Veenmos- veen	Turf- strooisel	Bont- turf	Tuin- turf	Bonk- veen
Gehalte org. stof	minimaal				
g/g droog materiaal	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Dichtheid van de humus	maximaal				
g/dm ³ (volumegewicht)	80	100	150	200	200
Watergetal g/g	minimaal				
(Watercapaciteit na	10	8	6	4	4
drogen g/100 g droge stof)	minimaal				
Verteringsgraad v. Post (H)	1000	800	600	400	400
	1-3	3-5	5-7	> 6	< 7

Voor de eigenschappen van het veen is de naamgeving toegepast die sinds 1988 is overeengekomen. Tussen haakjes is de oude naamgeving vermeld.

Van de verschillende veensoorten wordt hieronder een korte omschrijving gegeven. Voor meer informatie over veensoorten en de toepassing ervan, wordt verwezen naar de brochure "Kwaliteit Veenprodukten", uitgegeven door de Stichting Regeling Handelspotgronden (RHP) te Naaldwijk.

19.2. Veenprodukten

19.2.1. Veenmosveen

Dit veen bestaat uit zeer weinig verteerd sphagnum (veenmos). Het is licht van kleur en wordt vooral gevonden in de noordelijke gebieden. Het veen krimpt bij uitdroging zeer weinig en kan gemakkelijk herbevochtigd worden.

De kwaliteit van veenmosveen hangt onder andere af van de winningsmethode. Veelal wordt van de bovenlaag een dun laagje losgewoeld, fijn gemaakt en na drogen verzameld. Als het bij de toepassing in potgrond ook nog wordt gemalen, dan is de structuur van het materiaal zodanig aangetast, dat de kwaliteit er sterk onder lijdt. Veel beter is het om veenmosveen in blokken te steken en deze in zijn geheel te laten drogen. Deze blokken kunnen dan gebroken en gezeefd worden. De structuur blijft daardoor veel beter bewaard.

19.2.2. Turfstrooisel

Turfstrooisel komt in zekere mate overeen met veenmosveen, maar wordt meer in West-Duitsland en Ierland gevonden. Het is een produkt dat uit de bovenlaag van het veenprofiel wordt gewonnen. De grondstof is dan ook bolsterveen (zie figuur 19.1.). Het is wat verder verteerd dan veenmosveen. In het algemeen is het ook iets minder luchtig. Bij turfstrooisel geldt dat de winningsmethode van

invloed is op de kwaliteit. Het steken van turven, gevolgd door breken en zeven, verdient ook voor turfstrooisel verre de voorkeur boven frezen en malen.

19.2.3. Bontturf

Dit veen wordt gewonnen uit de overgangslaag tussen witveen en zwartveen, wat ook de naam verklaart. Doordat het veenprofiel niet precies horizontaal ligt, komt in bontveen zowel bijna zuiver witveen als ook tamelijk zwart veen voor. Hoe hoger het percentage donker gekleurd veen, hoe meer krimp in het materiaal optreedt.

19.2.4. Zwartveen

Zwartveen bevindt zich in het pakket onder de bontveenlaag. Zwartveen werd vroeger alleen gebruikt voor de winning van brandturf. Brandturf wordt nu nog slechts gebruikt voor de produktie van actieve kool. In de tuinbouw wordt gebroken brandturf onder de naam zwartveenbrokken ook wel in sommige potgronden verwerkt. Het is door de droging zeer sterk gekrompen en kan nagenoeg geen water opnemen.

19.2.5. Tuinturf

Als zwartveen na winning, voordat het uitdroogt, goed doorvriest, dan ontstaat tuinturf. Het moet daartoe na winning wel in een dunne laag uitgespreid worden, anders doorvriest het maar zeer ten dele. Als zwartveen goed doorvroren is, krimpt het veel minder en kan het na droging wel water opnemen.

Een bezwaar kan zijn dat bij te vroege winning, of door een erg zachte winter, het zwartveen niet goed doorvriest. Het niet doorvroren veen heeft sterk smerende eigenschappen, waardoor de structuur van potgrond nadelig beïnvloed wordt. Als het, voordat het verzameld wordt, eerst nog flink indroogt, dan drogen de niet bevroren delen sterk in en kunnen geen water meer opnemen.

De kwaliteit hangt ook van de winningsmethode af. Wanneer met de zogenaamde baggermachine wordt gewerkt, is de laag zwartveen dun. Het bevroren lukt in dat geval beter dan wanneer het veen met een graafmachine wordt gewonnen. De laag is dan veel dikker en loopt dus meer risico niet goed te doorvriezen.

19.2.6. Bonkveen

Oorspronkelijk verstond men onder bonkveen de witveenlaag met de begroeiing die erop voorkwam. Deze laag was onbruikbaar voor de winning van brandturf en werd dan ook wat men noemde "teruggebonkt". Later ging men de bovenlaag bolsterveen verwerken tot turfstrooisel. Nu zijn er echter nog percelen waar vroeger brandturf is gewonnen en waar de laag teruggebonkte bolsterveen nog aanwezig is. Dit veen lijkt uiteraard veel op turfstrooisel. Het is echter vroeger al een keer vergraven en daardoor wat fijner en wat meer verteerd. Ook is het veelal vermengd met bontveen en soms wat zwartveen. Het is dan ook minder van kwaliteit dan turfstrooisel al kan het per partij nogal wat verschillen.

19.2.7. Restprodukten

Bij de verwerking van veenprodukten, vooral als ze gezeefd worden, ontstaan de restprodukten veenmosvezel en tuinturfvezel. Ze bestaan uit de resten van het wollegras uit het veen en worden wel gebruikt om potgronden grover te maken. Dit kan ook worden bereikt met de turfstrooiselbrokjes die door de grove zeven vallen.

19.3. Andere plantaardige produkten

Behalve veen zijn er ook wel andere produkten van plantaardige oorsprong die in potgrondmengsels worden verwerkt. Hieronder worden de belangrijkste genoemd.

19.3.1. Boomschors

Schors van dennen en sparren wordt over de hele wereld als teeltsubstraat gebruikt. Hierbij moet erop worden gelet dat de schors goed uitgecomposteerd is. Is dit niet het geval, dan kan gemakkelijk stikstof worden vastgelegd ten koste van de planten die in een schorsbevattend mengsel worden geteeld. Een ander gevaar van niet gecomposteerde schors is dat de schadelijke stoffen niet zijn afgebroken, waardoor groeiremming kan ontstaan. Tenslotte kan niet gecomposteerde schors schadelijke organismen bevatten, wat vooral voor de boomteelt een gevaar inhoudt.

Verschillende partijen schors hebben een hoog mangaangehalte.

19.3.2. Houtmot

Als afval van de houtbewerking komt zowel hardhout- als withoutmot beschikbaar. Withoutmot kan niet in potgronden worden gebruikt wegens stikstofvastlegging en het gevaar voor ziektekiemen. Bij hardhoutmot zijn die gevaren minder groot.

19.3.3. Naaldengrond en bladgrond

Voor sommige teelten wordt uit min of meer traditionele overwegingen nog naaldengrond gebruikt, bijvoorbeeld bij anthurium. Er is weinig betrouwbare naaldengrond, meer beschikbaar en meestal is een veiliger alternatief te vinden onder de veenprodukten. Hetzelfde geldt voor bladgrond. Met de huidige materialen kunnen goede potgronden worden samengesteld zonder van deze heterogene en dikwijls onbetrouwbare grondstof uit te gaan.

19.3.4. Rijstkaf

Dit afvalmateriaal van de rijstpellerijen heeft een stevige structuur. Het kan dan ook goed in substraten worden gebruikt om ze luchtiger te maken. Het moet wel thermisch kiemvrij zijn gemaakt.

19.3.5. Compost en stalmest

Compost kan beter niet in potgronden worden gebruikt. Het bevat zware metalen. In Duitsland mogen planten in potgrond die compost bevat, niet in dezelfde ruimte worden aangeboden als levensmiddelen.

Stalmest heeft te grote risico's op het gebied van onkruid en plantenziekten. Het is wel mogelijk stalmest bij hoge temperaturen te drogen, zodat het onkruidvrij is en minder gevaar oplevert. Het wordt echter meestal uit traditionele overwegingen aan potgrond toegevoegd. Het is niet nodig, want er zijn goede potgronden samen te stellen zonder deze materialen.

19.4. Onbewerkte minerale stoffen

19.4.1. Zand

In potgrond wordt wel zand verwerkt. Het draagt echter meestal weinig bij tot de kwaliteit van de potgrond, of werkt zelfs nadelig. Wel maakt het de potinhoud zwaarder en dus de pot stabiel. Grof zand moet als grondstof voor potgrond worden afgeraden vanwege de slijtage die het veroorzaakt aan de machines waarmee de potgrond verwerkt wordt.

19.4.2. Klei

Klei wordt wel aan potgrond toegevoegd om daardoor een zeker bufferend vermogen voor voedingsstoffen te bereiken. Een andere reden om klei aan een potgrond toe te voegen is dat dat de potgrond het water minder gemakkelijk afgeeft. Bepaalde planten (cyclamen) zouden alleen in een potgrond met een hoog percentage klei kunnen worden geteeld om een goede kwaliteit te bereiken.

Voor beide doeleinden moet de klei goed fijn door de potgrond worden verdeeld. Met kleikorrels kan het beoogde doel dus niet worden bereikt, vanwege de slechte verdeling door de potgrond. Om een duidelijk effect te bereiken, moet minstens 20% klei worden doorgemengd.

Let er op dat de klei zuiver is en geen onkruid of ziektekiemen bevat. Soms wordt klei vervangen door leem, maar dat is te grof om enige buffering te bewerken of de vochthuishouding te beïnvloeden. Leem is bovendien te fijn om de structuur te verbeteren.

19.4.3. Flugsand (lavazand)

Lavazand is vulkanisch materiaal. Als het is gezuiverd van fijnere fracties, is het uitstekend geschikt om de potinhoud te verzwaren en de planten stabiel te maken. Het verandert namelijk weinig aan de waterhuishouding van de potgrond waarin het wordt verwerkt.

19.5. Bewerkte minerale stoffen

19.5.1. Perlite

Perlite is een gesteente van vulkanische oorsprong. Het wordt geëxpandeerd bij zeer hoge temperaturen waardoor het zeer poreus wordt en veel water kan opnemen. Het wordt in grote hoeveelheden in allerlei potgronden verwerkt, vooral in stekmedia en eb/vloed mengsels. Er moet wel voor worden gezorgd dat perlite niet teveel stof bevat.

19.5.2. Vermiculiet

Vermiculiet is een mica-achtig produkt met een plaatjesstructuur. Het wordt evenals perlite bij zeer hoge temperatuur geëxpandeerd. De plaatjes komen dan los van elkaar, waardoor vermiculiet veel water kan opnemen. Het wordt in verschillende grofheden aangeboden. Vermiculiet wordt minder in potgronden verwerkt dan perlite.

19.5.3. Gebakken kleikorrels

Deze korrels worden gemaakt door klei te malen en de kleine stukjes in een oven te bakken. De korrels worden min of meer dichtgesinterd. Ze worden daarna op verschillende grofheden gezeefd. Het produkt is veel zwaarder dan perlite of vermiculiet. De korrels hebben een capillaire werking. Alleen de fijne korrels zouden in potgrond verwerkt kunnen worden. Gebakken kleikorrels worden onder de naam hydrokorrels meestal gebruikt in een soort watercultuur.

19.5.4. Steenwolvlokken

Steenwol wordt in matten geproduceerd en zo als isolatiemateriaal gebruikt. Dit materiaal kan verkleind worden tot steenwolvlokken, die dan uiteraard waterafstotend zijn. Het wordt in potgrond gebruikt en verhoogt het luchtgehalte. Er moet wel op worden gelet dat er geen reststoffen van het fabricageproces achterblijven die schadelijk zijn voor planten. Steenwol wordt ook geproduceerd als substraatmatten. Het is dan wateropnemend gemaakt. Ook hiervan zijn vlokken verkrijgbaar die in potgrond kunnen worden gebruikt. Het heeft minder invloed op het luchtgehalte van potgrond dan waterafstotend steenwolgranulaat.

19.6. Kunststofprodukten

19.6.1. Polystyreenschuim

Van polystyreenschuim (piepschuim) zijn korrels in de handel die vrij vaak worden gebruikt bij de samenstelling van potgronden onder andere voor potplanten en aardbeien en in de boomteelt. Het verdient echter geen aanbeveling. De gesloten korrels nemen ruimte in, maar dragen weinig bij tot de beluchting rond de wortels. Het materiaal is bovendien zeer licht waardoor de potten minder stabiel worden. Tenslotte wordt in sommige landen bezwaar gemaakt tegen de witte korrels bij geïmporteerde planten.

19.6.2. Polyphenolschuim

Deze kunststof wordt in de handel gebracht onder de naam Oasis. Het wordt in de vorm van kleine brokken wel aan potgrond toegevoegd. Het vindt geen grote toepassing, maar is als zodanig wel te gebruiken.

19.6.3. Ureumformaldehydeschuim

Dit materiaal is in de handel te verkrijgen onder de naam Hygromull. Het bestaat uit vlokken met een open celstructuur en kan veel water opnemen. Het wordt weinig gebruikt als grondstof voor pot-

gronden. Het verdient aanbeveling het materiaal te testen op de aanwezigheid van reststoffen die schadelijk voor planten kunnen zijn.

19.6.4. Polyurethaan- en polyetherschuim

Dit plasticschuim is een afvalprodukt van de matrassenindustrie. Het wordt als teeltsubstraat in de handel gebracht onder de naam Aggrofoam. Het wordt ook als losse vlokken geleverd en kan als zodanig ook worden toegepast in potgrond. Het verhoogt het luchtgehalte en verlaagt het gewicht. Of het verhoogde luchtgehalte aan de plantewortels ten goede komt mag betwijfeld worden, omdat het materiaal niet gemakkelijk doorworteld wordt.

20. POTGRONDEN, SAMENSTELLING EN PRODUKTIECONTROLE

In dit hoofdstuk wordt aandacht gegeven aan de samenstelling van veel gebruikte potgrondmengsels in verschillende takken van de tuinbouw. Daarna wordt aangegeven wat de grenzen zijn die worden aangehouden bij het beoordelen van de analyses van veenachtige mengsels. Tenslotte wordt beschreven hoe de Stichting Regeling Handelspotgronden de controle uitvoert op de samenstelling van potgronden bij de aangesloten produktiebedrijven.

20.1. Potgronden voor verschillende toepassingen

In Nederland worden per jaar enkele miljoenen kubieke meters potgrond gefabriceerd, gedeeltelijk voor export. In principe is het aantal recepten voor mengsels bijna onbeperkt. Er is echter een betrekkelijk gering aantal recepten dat op zeer uitgebreide schaal wordt toegepast. Hieronder volgt voor de verschillende takken van tuinbouw een standaardmengsel. Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar brochure nummer 73 uit de Informatiereeks van het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk, getiteld: "Richtlijnen voor het samenstellen van potgronden en teeltsubstraten."

Het zand en de meststoffen die hieronder worden genoemd, moeten per kubieke meter mengsel worden toegevoegd.

20.1.1. Potgrond voor tuin-/perkplanten

Voor tuin-/perkplanten wordt aanbevolen:

60 % tuinturf	7	kg Dolokal
40 % turfstrooisel	1.5	kg PG-mix oud
50 liter zand (facultatief)	0,8-1,2*	kg PG-mix nieuw

* afhankelijk van de duur van de groeiperiode.

Voor tuin-/perkplanten in perspotten wordt ook aanbevolen:

50 % tuinturf	7	kg Dolokal
30 % bonkveen	1,5	kg PG-mix oud
20 % turfstrooisel	0,8-1,2*	kg PG-mix nieuw
50 liter zand (facultatief)		

* afhankelijk van de duur van de groeiperiode.

20.1.2. Potgrond voor potplanten

Voor eb/vloed systemen wordt geadviseerd:

25 % grof veenmosveen of grove turfstrooisel		
25 % veenmosveen	2	kg Dolokal
25 % turfstrooisel	0,75	kg PG-mix oud
25 % perlite	0,8	kg PG-mix nieuw

Voor andere toepassingen is bruikbaar:

60 % tuinturf	7	kg Dolokal
40 % turfstrooisel	1,5	kg PG-mix oud
50 liter zand (facultatief)	1,2	kg PG-mix nieuw

20.1.3. Potgrond voor bolbloemen

Een veel gebruikt mengsel voor bolbloemen is:

50 % tuinturf	8	kg Dolokal
40 % bonkveen	0,4	kg PG-mix oud
10 % turfstrooisel	0,5	kg PG-mix nieuw
100 liter zand		

Omdat het wat zwaarder is, wordt voor het trekken van tulpen geadviseerd:

60 % tuinturf	8	kg Dolokal
40 % turfstrooisel	0,4	kg PG-mix oud
50 liter zand	0,5	kg PG-mix nieuw

20.1.4. Potgrond voor de boomteelt

In de boomteelt wordt veel gebruik gemaakt van:

50 % veenmosveen	5	kg Dolokal
25 % turfstrooisel	1	kg PG-mix oud
25 % tuinturf	1	kg PG-mix nieuw
50 liter zand		

Naast dit mengsel wordt voor coniferen aanbevolen:

60 % veenmosveen	3	kg Dolokal
20 % turfstrooiselbrokken	1	kg PG-mix oud
20 % perlite	1	kg PG-mix nieuw

20.1.5. Potgrond voor de groenteteelt

Voor de opkweek in perspotten in de groenteteelt wordt vooral gebruik gemaakt van:

50 % tuinturf	7	kg Dolokal
30 % bonkveen	1,2-1,7*	kg PG-mix oud
20 % turfstrooisel	1,0-1,4*	kg PG-mix nieuw
50 liter zand (facultatief)		

*afhankelijk van teeltduur en gewasstadium.

Voor andere toepassingen is geschikt:

60 % tuinturf	7	kg Dolokal
40 % turfstrooisel	1,2-1,7*	kg PG-mix oud
50 liter zand (facultatief)	1,0-1,4*	kg PG-mix nieuw

* afhankelijk van teeltduur en gewasstadium.

20.1.6. Potgrond voor kleinverpakking

Voor kleine planten is geschikt:

60 % tuinturf	7	kg Dolokal
40 % turfstrooisel	1,5	kg PG-mix oud
50 liter zand	1,2	kg PG-mix nieuw

Voor wat grotere planten wordt geadviseerd:

35 % tuinturf	5	kg Dolokal
35 % turfstrooisel	1,5	kg PG-mix oud
30 % turfstrooiselbrokjes	1,2	kg PG-mix nieuw

20.2. Chemische en fysische normen voor potgronden

Door de potgrondfabrikanten wordt een zeer groot aantal potgrond-samenstellingen voor verschillende doeleinden geproduceerd. Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar brochure no. 73 uit de informatiereeks van het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk, getiteld: "Richtlijnen voor het samenstellen van potgronden", die is uitgegeven in samenwerking met de Stichting R.H.P. Een groot aantal mengsels bevat verschillende kunstmest- en kalkdoseringsen. Het is daarom ondoenlijk voor al deze verschillende mengsels normen en eisen aan te geven.

20.2.1. Chemische eisen

De resultaten van chemische analyses van potgronden moeten aan onderstaande eisen voldoen als is bemest met 1,2 kg PG-mix per m³ potgrond.

Tabel 20.1. Chemische eisen.

Bepaling	Eis (analysecijfer, met uitzondering van pH, bepaald in het 1:1,5 volume extract)
pH-water	5,0-6,5
EC (geleidbaarheid)	niet hoger dan 1,5 mS per cm bij 25°C
Chloride	niet hoger dan 2,2 mmol per liter extract
Stikstof totaal	tenminste 4,0 mmol per liter extract
Fosfor	tenminste 0,6 mmol per liter extract
Kali	tenminste 1,2 mmol per liter extract
Magnesium	tenminste 0,4 mmol per liter extract

20.2.2. Fysische eisen

De fysische eigenschappen van potgronden moeten aan de volgende eisen voldoen:

- volumefractie lucht bij pF 1,5 minstens 0,2 m³ per m³ (20%);
- krimp na drogen, ten hoogste 30% (volume).

Deze eisen kunnen met de volgende worden aangevuld:

- watergetal ten hoogste 0,8 g per g (vochtgehalte maximaal 80% (volume));
- gehalte organische stof minstens 0,4 g per g (40%);
- poriëfractie minstens 0,8 m³ per m³ (poriëvolume 80%);
- watergetal bij 32 cm drukhoogte minstens 0,55 g per g (watergehalte bij pF 1,5 minstens 55% (volume)).

20.2.3. Waardering analysecijfers

In het hierna volgende overzicht wordt een globale beoordeling gegeven van de analysecijfers van potgrondmonsters. Deze cijfers worden verkregen door de zogenaamde 1:1,5 volume extract methode, zoals die op advies van het proefstation wordt toegepast door het BLGG.

Op het analyseverslag worden organische stof en koolzure kalk uitgedrukt in procenten van de droge grond. De pH wordt gegeven als pH-water. Chloride, stikstof (ammonium + nitraat), fosfor, kali, magnesium, calcium en sulfaat worden opgegeven in millimol per liter extract. Het totaal zoutgehalte (EC) wordt opgegeven in milliSiemens per cm bij 25°C.

De globale waardering van de analysecijfers vindt plaats volgens tabel 20.2.

Tabel 20.2. Waardering analysecijfers.

Waardering	Organische stof	Koolzure kalk	pH	Geleidbaarheid
Zeer laag			-4,4	
Laag	-15	-0,5	4,5-4,9	
Vrij laag	16-30	0,6-1,0	5,0-5,4	-1,2
Normaal	31-60	1,1-2,0	5,5-5,9	1,3-1,8
Vrij hoog	61-75	2,1-3,0	6,0-6,5	1,9-2,7
Hoog	76-	3,1-5,0	6,6-	2,8-3,6
Zeer hoog		5,1-		3,7-

Waardering	Chloride	Sulfaat	Calcium	Stikstof (NH ₄ +NO ₃)
Zeer laag				
Laag		-0,6	-0,4	- 2,4
Vrij laag	-1,1	0,7-1,2	0,5-0,8	2,5- 4,9
Normaal	1,2-2,2	1,3-2,4	0,9-2,4	5,0- 7,4
Vrij hoog	2,3-4,4	2,5-3,6	2,5-4,0	7,5- 9,9
Hoog	4,5-6,6	3,7-4,8	4,1-5,6	10 -12
Zeer hoog	6,7-	4,9-	5,7-	13 -

Waardering	Fosfor	Kali	Magnesium	Natrium
Zeer laag				
Laag	-0,29	-0,5	-0,2	
Vrij laag	0,30-0,59	0,6-1,1	0,3-0,4	-1,1
Normaal	0,60-0,89	1,2-2,3	0,5-0,8	1,2-2,2
Vrij hoog	0,90-1,19	2,4-3,5	0,9-1,6	2,3-4,4
Hoog	1,20-1,49	3,6-4,7	1,7-2,4	4,5-6,6
Zeer hoog	1,50-	4,9-	2,5-	6,7-

Het gehalte aan bicarbonaat (HCO₃) moet in verse niet betaalde potgrond lager zijn dan 0,5.

20.2.4. Waardering spoorelementen in potgrond

De spoorelementen worden eveneens bepaald in het 1:1,5 volume extract. Ook voor spoorelementen zijn normen voor de globale beoordeling van potgrondanalyses opgesteld. De gehalten zijn opgegeven in micromol per liter extract.

Tabel 20.3. Waardering spoorelementen.

Waardering	IJzer	Mangaan	Zink	Borium	Koper
Weinig	- 2,5	- 2,0	- 1,2	-10	-0,3
Matig	2,6- 5,0	2,1- 4,0	1,3- 2,4	11-20	0,4-0,9
Normaal	5,1-10,0	4,1- 8,0	2,5- 5,0	21-40	1,0-2,0
Flink	10,1-15,0	8,1-12,0	5,1- 7,5	41-60	2,1-3,0
Veel	15,1-20,0	12,1-16,0	7,6-10,0	61-80	3,1-4,0
Zeer veel	20,1-	16,1-	10,1-	81-	4,1-

20.3. Controle op de samenstelling van potgronden

20.3.1. De Stichting R.H.P.

In Nederland wordt door de Stichting R.H.P. (Regeling Handelspotgronden) controle uitgeoefend op de samenstelling van potgronden. Tot 1 januari 1986 was de R.H.P. in handen van de proefstations te Aalsmeer, Boskoop en Naaldwijk. Als gevolg van privatisering is op 1 juli 1986 de Stichting Regeling Handelspotgronden en Kwaliteitsonderzoek Basisgrondstoffen (kortweg Stichting R.H.P.) in het leven geroepen. De Stichting R.H.P. is opgericht door:

- Vereniging van Potgrondfabrikanten in Nederland.
- Vereniging van Nederlandse Verveniers en Veenimporteurs.
- Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek/Naaldwijk.

De Stichting R.H.P. beoordeelt en controleert veenprodukten en overige grondstoffen, potgrondsamenstellingen en veensubstraten op gestelde normen en eisen.

20.3.2. De Technische Commissie R.H.P.

De kwaliteitsnormen en eisen zijn opgesteld en worden bewaakt door de Technische Commissie van de R.H.P. bestaande uit de bodemkundige medewerkers van de proefstations Aalsmeer, Boskoop en Naaldwijk en het Consulentenschap voor Bodem, Water en Bemesting in de Akker- en Tuinbouw te Wageningen.

De Technische Commissie heeft bindende voorwaarden en voorschriften opgesteld, waaraan potgrondfabrikanten die aan de R.H.P. willen deelnemen, moeten voldoen. Deze voorwaarden zijn opgesteld voor kwaliteitseisen van grondstoffen en eindprodukten, wijze van opslag en verwerking en de wijze van receptuur en samenstelling.

20.3.3. Werkwijze R.H.P.

Beoordeling en controle

Alle onderdelen in de produktieketen van potgronden en veensubstraten worden regelmatig door specialisten van de Stichting R.H.P. onderzocht en gecontroleerd. Dit betekent controle van grondstof tot eindprodukt.

Grondstoffen

Veenprodukten en overige grondstoffen worden onderzocht op chemische en fysische eigenschappen, op eventuele aanwezige schadelijke stoffen, verwekkers van bodemziekten en verontreinigingen met onkruidzaden.

Bedrijfsbezoeken

Bij de regelmatige bezoeken wordt bij de deelnemende potgrondfabrikanten de kwaliteit van de grondstoffen, de wijze van grondstoffenopslag, de bedrijfsuitrusting en de bedrijfshygiëne gecontroleerd.

Bemonstering

Uit de afnemersbestanden van de R.H.P.-deelnemers worden adressen geselecteerd waar monsters worden genomen voor chemisch en fysisch onderzoek. Deze monsters worden geanalyseerd en beoordeeld door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek/Naaldwijk. De kweker of afnemer op wiens bedrijf een monster is genomen, ontvangt een afschrift van het analyseverslag.

20.3.4. Deelnemers R.H.P.

De Stichting R.H.P. is gestart met een Regeling voor Potgrondfabrikanten. In 1988 is er een aparte Regeling voor Potgrondhandelaren (verpakkers) bijgekomen. Per 1 januari 1989 zijn 24 potgrondfabrikanten en 6 potgrondhandelaren deelnemer aan de R.H.P.

21. BETEKENIS VAN DE ANALYSECIJFERS BIJ TEELTEN IN SUBSTRAAT

Onder telen in substraat wordt verstaan: het telen in andere materialen dan de grond. De volgende substraatsoorten kunnen worden onderscheiden: steenwol, diverse schuimmaterialen (Oasis, Agrofoam, Sublimat), veenmengsels, geëxpandeerde kleikorrels (Argex, Leica), grind, lavabrokken enzovoort en tenslotte ook voedingsfilm (NFT).

Er zijn twee vormen van substraatonderzoek, te weten de analyse van de voedingsoplossing bij de teelt in voedingsfilm, steenwol, schuimmateriaal en dergelijke en de analyse van venige materialen. Het laatstgenoemde onderzoek wordt uitgevoerd met behulp van het zogenaamde 1:1,5 extract. 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 (zie hoofdstuk 3).

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 in hoofdstuk 20.

21.1. Analyses substraat

21.1.1. Onderzoekpakketten

Tijdens de teelt kan door de opname door de plant, maar ook door uitspoeling, verdamping en onjuiste dosering van de meststoffen de voedingstoestand in het substraat veranderen. 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 zullen hier enkele bepalingen bijkomen. Op het laboratorium worden voor de teelt in substraat meestal als standaard de volgende onderzoekpakketten uitgevoerd:

1. Venige substraten (1:1,5 extract):

- a. Hoofdelementen.
- b. Spoorelementen.

2. Substraten waaruit de voedingsoplossing vrij gemakkelijk kan worden opgezogen of opgevangen (steenwol, voedingsfilm, enzovoort):

- a. Hoofdelementen.
- b. Spoorelementen.

Het hoofdelementenonderzoek omvat meestal de volgende bepalingen:

pH	ammonium	NH ₄	nitraat	NO ₃
EC	kalium	K	chloride	Cl ₃
	natrium	Na	sulfaat	SO ₄
	calcium	Ca	bicarbonaat	HCO ₃
	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 (mS.cm^{-1} bij 25°C).

De hoeveelheden kat- en anionen worden opgegeven in millimolen per liter (mmol.l^{-1}) voedingsoplossing of extract.

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

ijzer	Fe	borium	B
mangaan	Mn	koper	Cu
zink	Zn		

De hoeveelheden spoorelementen worden opgegeven in micromolen per liter ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) 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.

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

21.1.3. 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. 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 enkele pagina's verder op gegeven bij de waardering van de analysecijfers.

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. Onder lichtarme omstandigheden wordt hiervan gebruik gemaakt. Een lage EC-waarde kan met gebreksverschijnselen gepaard gaan, doordat de voedselvoorraad in het wortelmilieu snel uitput.

21.1.4. Hoofdelementen

Ammonium

Ook als ammonium wordt toegediend, wordt het niet of nagenoeg niet in de analyse teruggevonden. 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 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 opneemt. Relatief veel kalium kan de calciumopname verstoren. Dit is vooral van belang bij tomaat, paprika en anjer. 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. 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 als de pH vrij laag is en een te hoge EC wordt aangehouden. Ook kan het optreden van magnesiumgebrek in de hand gewerkt worden

door een lage temperatuur van het substraat en door een geringe verdamping.

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 (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 (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 wordt meer aangetroffen, doordat sulfaat in een aantal gevallen 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.

21.1.5. Sporelementen

Evenals voor hoofdelementen dient ook bij de beoordeling van analyseresultaten van sporelementen, de EC te worden betrokken. Een hoge EC brengt min of meer automatisch een hoog niveau aan voedingselementen, 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 of 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 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

Zink en koper worden doorgaans goed door de plant opgenomen. 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. Bij hoge zinkgehalten in het substraat, bijvoorbeeld als gevolg van toepassing van gegalvaniseerde onderdelen in het systeem, wordt de ijzeropname bemoeilijkt. 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.

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

21.2.1. Beoordeling per gewas en teeltsysteem

De waardering van de analysesresultaten 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 om wille van de overzichtelijkheid niet alle worden weergegeven. U vindt ze echter wel 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 21.1. Streefcijfers roos op basis van EC(c)*.

NH ₄	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	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 (NH₄) 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 (HCO₃) staat in relatie met de pH van de voedingsoplossing. Hoge gehalten gaan meestal gepaard met een hoge pH. Een gehalte groter dan 0,6 mmol bicarbonaat per liter is meestal ongewenst.

Voor natrium (Na) en chloride (Cl) zijn gehalten boven 4 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 21.2. Standaardvoedingsoplossing roos.

NH ₄	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	H ₂ PO ₄	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 21.3. Hoofdelementen.

	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	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 21.4. 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 21.5. De regels 1 t/m 5 in deze tabel corresponderen met de regels in de tabellen 21.3 en 21.4.

Tabel 21.5. Aanpassingen.

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

21.2.2. EC(c)

De hoogte van de analyseresultaten staat zoals al eerder is opgemerkt 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-waar-

de: EC(c) (c = aanbevolen concentratie die per gewas wordt 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, $\text{EC(c)}:\text{EC(v)}$ = factor. Met deze factor (quotiënt) worden de analysecijfers vermenigvuldigd. De dan verkregen cijfers worden vergeleken met de hiervoor gegeven tabellen.

Omdat ieder gewas zijn 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 eerder genoemde serie "Voedingsoplossingen Glastuinbouw". Dat de waardering op basis van de EC(c) sterk kan gaan verschillen moge blijken uit enkele EC(c) die hierna voor een paar gewassen worden weergegeven.

Tabel 21.6. 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 vanuit steenwolmaten worden de gehalten voor Na, Cl, HCO_3 en Mn uitgesloten. De Na- en Cl-gehalten worden namelijk niet beïnvloed door het instellen van een EC-waarde. 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 vindt bijvoorbeeld oxidatie van Mn plaats. Dit is dan niet meer in oplossing waardoor er te veel mangaan zou kunnen worden toegediend!

Tot slot wordt het een en ander in een rekenvoorbeeld uitgewerkt.

Rekenvoorbeeld (roos) EC(c): 1,9

Enkele analyse resultaten	EC	Na	Ca	NO_3	Cl	Fe
	3,0	3,3	7,0	17 ³	1,7	26

Berekening

$\text{EC} - (0,1 \times \text{Na}) = \text{EC(v)} \rightarrow \text{EC(c)}:\text{EC(v)} = \text{factor} \times \text{Ca, NO}_3, \text{Fe, enz}$
 $3,0 - (0,1 \times 3,3) = 2,7 \rightarrow 1,9 : 2,7 = 0,70 \times 7,0, 17, 26$

Na berekening: Ca = 4,9; NO_3 = 12; Fe = 18,3

Aanvankelijk leken de gehalten aan genoemde elementen wat hoog, maar na invoering van de EC(c) blijken Ca en NO_3 normaal te zijn en Fe (ijzer) juist wat te laag. Het advies voor dit voorbeeld zou moeten luiden: Verlaag de EC-waarde en voeg tijdelijk 25% extra ijzerchelaat toe.

21.3. Globale waardering van de 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 op deze plaats wordt volstaan met een globale waardering van de analyseresultaten.

21.3.1. 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 21.7. Globale waardering analysecijfers voor hoofdelementen.

Waardering	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	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 (NH₄) 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 (HCO₃) staat in relatie met de pH van het substraat. Hoge gehalten gaan meestal gepaard met een hoge pH. Een gehalte groter 0.5 mmol bicarbonaat per liter is meestal ongewenst.

21.3.2. Sporelementenonderzoek

De gehalten aan sporelementen worden weergegeven in umol 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 21.2.2). Voor een nader advies hieromtrent kunt u uw voorlichter of de eventueel voorhande zijnde brochure raadplegen.

Tabel 21.8. Globale waardering analysecijfers voor spoorelementen.

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

22. 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.

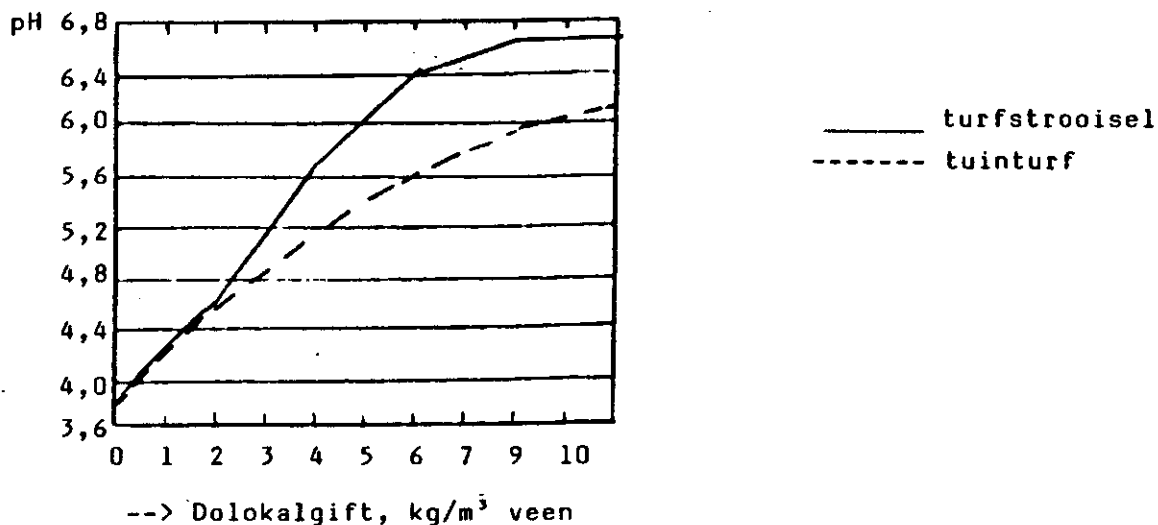
In de bemestingsadviesbasis glastuinbouw wordt ingegaan op de bemesting bij teelten in venige substraten op basis van analyse van het 1:1,5 volume-extract. Per groep van potplanten en andere gewassen, zoals anjer, worden adviezen gegeven voor de samenstelling van de voedingsoplossing uitgaande van een analyse van de potgrond.

22.1. Voorraadbemesting

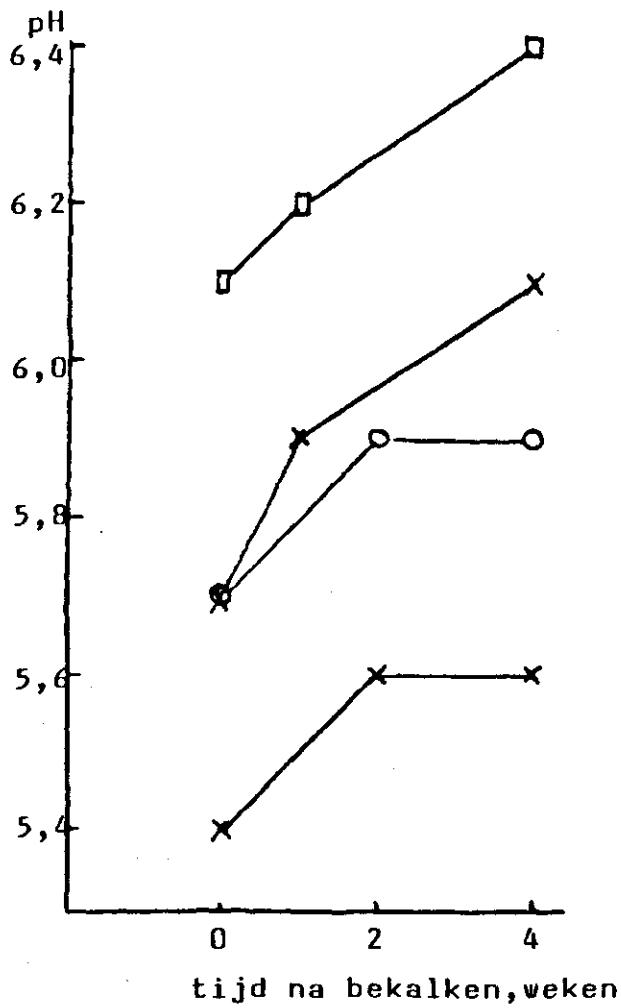
22.1.1 Bekalking

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.

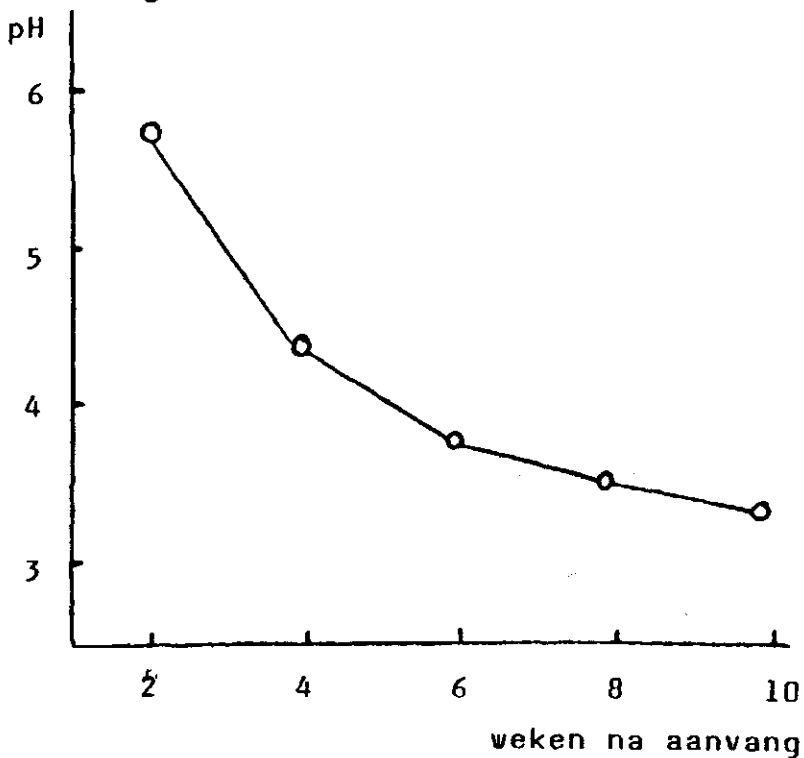
Bij toevoegen van kalk zal bij een veen met een groot adsorptiecomplex (tuinturf) meer geadsorbeerd worden, waardoor de pH minder stijgt dan bij toevoegen van éézelfde hoeveelheid kalk aan een veensoort met een gering adsorptiecomplex (turfstrooisel). Uit figuur 22.1 is af te leiden hoeveel kalk toegevoegd moet worden om een bepaalde pH te krijgen. Om een pH van 5,8 te krijgen moet aan turfstrooisel 4 en aan tuinturf 7 kg Dolokal per m³ substraat worden toegevoegd. Aan een mengsel van 75% turfstrooisel en 25% perlite moet 0,75 x 4 = 3,2 kg Dolokal per m³ substraat worden toegevoegd. Uiteraard is er per plant een groot verschil in de gewenste pH. Direct na toevoegen van Dolokal is de pH nog niet op niveau. In vier weken stijgt de pH tot de niveau's zoals aangegeven in figuur 22.2.



Figuur 22.1. De pH die in turfstrooisel en tuinturf wordt gevonden in relatie tot Dolokal-gift.



Figuur 22.2. pH in opgezakt veensubstraat (verschillend substraat en Dolokal-gift).



Figuur 22.3. Verloop van pH in eb/vloed bevoelingswater.

22.1.2 Hoofdelementen

Het gaat bij de voorraadbemesting om de elementen N, P, K en Mg. Dolokal heeft een hoog Mggehalte. 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 m³ veensubstraat ontstaat een verhoging in het 1:1,5 volume-extract van 1 mmol per liter N. Bij toevoeging van iedere 160 mg P₂O₅ per m³ 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 K₂O per m³ veensubstraat 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 P₂O₅ en 190 g K₂O per m³ 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:P₂O₅:K₂O 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, op basis van fosfaat 0,5 en op basis van kalium 1,0 kg PG-mix per m³ veensubstraat worden toegevoegd. Er moet dan een soort gemiddelde gekozen worden: bijvoorbeeld 0,75 kg PG-mix per m³ veensubstraat.

In mengmeststoffen bestaat meestal 50% of meer van de stikstof uit NH₄. Deze NH₄ wordt door nitrificatie binnen 2-4 weken omgezet tot NO₃. Hierbij treedt meestal een ongewenste pH-daling op. Een zo laag mogelijk NH₄-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:P₂O₅:K₂O verhouding voor veensubstraat 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 NH_4 -deel van het totale N-deel 48%, terwijl het in de PG-mix-oud 14+16+18, 60% is. Het NH_4 -deel is dus verlaagd. Bij een gift van 0,8 kg PG-mix 13+11+23 per m^3 veensubstraat worden de gemiddeld gewenste N-, P- en K-concentraties in het 1:1,5 volume-extract verkregen.

22.1.3 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. In tabel 22.1 worden deze normen gegeven. De minimale hoeveelheid is die hoeveelheid die minimaal voor een lange teelt, maar niet langer dan 1 jaar, nodig is voor een goede plantegroei. De maximale hoeveelheid is de hoeveelheid waarboven overmaatsverschijnselen 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 de nieuwe PG₃-mix 13+11+23 en 12+14+24 op basis van een gift van 1 kg per m^3 . 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 m^3 de juiste hoeveelheden B, Cu, Mo en Fe gegeven, maar Mn en Zn zijn te laag.

Tabel 22.1. Minimaal en maximaal toe te dienen hoeveelheid sporelementen bij een lange teelt (circa 1 jaar) in g_3 per m^3 en de toegediende hoeveelheid bij een gift van 1 kg per m^3 PG-mix.

Element	Toe te dienen hoeveelheid g_3 per m^3		Toegediende hoeveelheid bij 1 kg_3 per m^3		
	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 g per m^3 gewenst

In tabel 22.2 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 g per m^3), maar Micromax niet, omdat het geen Fe bevat.

Tabel 22.2. Gehalten (%) aan sporelementen van enkele meststoffen.

Element	Libre- mix B	Microsol rood blauw	Librel FTE 32 BMX	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	0,2 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 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 m³ 12+14+24 wordt voldoende Mo, maar te weinig aan alle andere sporelementen gegeven. Er moet tijdens de teelt worden bijgemest.

22.2. Bijmesten

Wanneer tijdens de teelt bijgemest wordt, dan spelen de volgende aspecten een rol.

22.2.1 Voorraadbemesting

Het is goed mogelijk om met een onbemest veensubstraat (alleen bekalkt) te beginnen met een teelt. Belangrijk is dan dat direct met een hoge concentratie hoofd- en sporelementen wordt bijgemest. Deze werkwijze is goed toe te passen bij teeltmethoden waar water en voedingsstoffen op de juiste plaats en tijdstip gedoseerd kunnen worden.

22.2.2 Soort veensubstraat

Er zijn materialen, die sporelementen 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 (Al(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.

22.2.3 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 samen-

stellen van de voedingsoplossing moet hiermee rekening gehouden worden.

22.2.4 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 22.2). 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.

22.2.5 Concentratie in 1:1,5 volume extract

In tabel 22.3 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 22.3. Streefwaarden 1:1,5 volume extract voor "gemiddelde" gewasgroep pot- en perkplanten.

K	Ca	Mg	NH ₄ +NO ₃	S	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu
1,6	1,7	1,0	4,0	1,5	0,5	5,1-10,0	1,0-3,0	1,5-2,5	10-25	0,5-1,0

In hoofdstuk 21 wordt uitgebreider ingegaan op de relatie tussen de gehalten in het 1:1,5 volume-extract en de gewenste bemesting.

23. 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 bij 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. Hierbij gaat het niet alleen om de absolute hoeveelheden, maar vooral ook om de onderlinge verhoudingen. Is dit niet het geval dan kunnen zich ongewenste accumulaties in het wortelmilieu voordoen. Dit laatste vindt ook plaats als water gebruikt wordt waarin zich te hoge concentraties van bepaalde zouten voordoen (zie hoofdstuk 30).

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 de voor de betreffende teelt optimale concentratie en verhoudingen.

23.1. De 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 zodanige concentraties, waarvan tot dusver uit onderzoek gebleken is dat deze de meest optimale zijn voor gewas en teeltwijze. In tabel 23.1 is een voorbeeld gegeven van de standaardvoedingsoplossingen voor tomaat, voor de teelt in substraat met vrije drainage en in 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 betrekkelijk eenvoudig. Voor de spoorelementen wordt dit niet gedaan, omdat het niet nodig is rekening te houden met het begeleidende kat- of anion in de meststof. Zie voor de berekeningsmethode brochure nr 10, uit de reeks Voedingsoplossingen Glastuinbouw.

Een overzicht van voor diverse teelten en teeltsystemen vastgestelde standaardvoedingsoplossingen is te vinden in brochure nr. 11 uit deze reeks. Deze brochure wordt regelmatig herzien, op basis van onderzoeksresultaten.

De verhoudingen en concentraties van de elementen in de voedingsoplossingen zijn zodanig gekozen dat deze bestemd zijn om te worden toegediend aan het water dat in het teeltsysteem wordt gebracht. Dat wil zeggen bij teelten in substraat met vrije drainage: aan het druppelwater en bij een gesloten teeltsysteem: aan het water dat wordt bijgevuld in het recirculatie bassin. De concentraties die in een standaardvoedingsoplossing 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

Tabel 23.1. De standaardvoedingsoplossing voor tomaat.

		Teeltsysteem met vrije drainage	Gesloten teeltsysteem
EC waarde	mS.cm^{-1}	2,3	1,5
NO_3^-	mmol.l^{-1}	14,0	11,0
H_2PO_4^-	"	1,0	1,0
SO_4^{--}	"	3,75	1,5
NH_4^+	"	1,25	1,0
K^+	"	8,75	6,5
Ca^{++}	"	4,25	2,75
Mg^{++}	"	2,0	1,0
Fe	umol.l^{-1}	15	15
Mn	"	10	10
Zn	"	5	4
B	"	30	20
Cu	"	0,75	0,75
Mo	"	0,5	0,5

Dit leidt tot verschuivingen in de onderlinge ionenverhoudingen en in de concentratie (EC). De optimale verhoudingen voor de ionen in het wortelmilieu zijn aan de hand van onderzoek per gewas vastgesteld. De concentraties in de standaardvoedingsoplossing zijn zodanig gekozen dat in het wortelmilieu min of meer optimale verhoudingen en concentraties ontstaan. 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 21 en 26.

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.

23.2. 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 24).

23.3. 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 23.1.

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 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.

24. BEMESTING BIJ PLANTENTEELT ZONDER AARDE

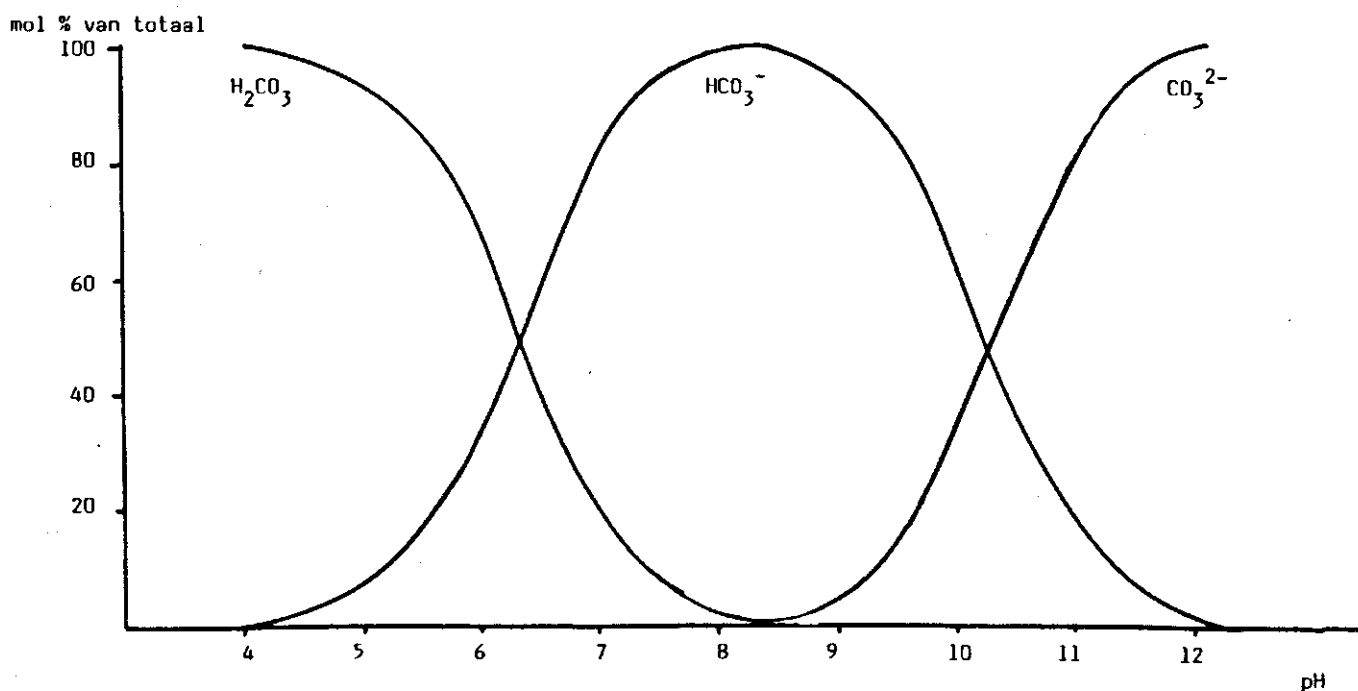
24.1. Uitgangspunten

Het principe van de bemesting bij plantenteelt zonder aarde is dat continu via water voedingselementen gedoseerd worden volgens een standaardvoedingsoplossing (zie hoofdstuk 23). Voorts moet het gietwater voldoen aan de kwaliteitseisen die daarvoor gesteld worden (zie hoofdstuk 27). 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".

24.2. Aanpassing aan de waterkwaliteit

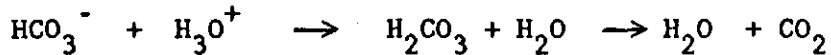
24.2.1. Calcium, magnesium en bicarbonaat

Water kan bepaalde zouten bevatten. Bij de samenstelling van de voedingsoplossing moet hiermee rekening worden gehouden. Bicarbonaat (HCO_3^-) veroorzaakt pH-stijging in het wortelmilieu. Dit is zichtbaar in figuur 24.1., waar het verband tussen de HCO_3^- -concentratie en de pH is weergegeven.



Figuur 24.1. Verdeling van de carbonaatvormen in oplossingen afhankelijk van de pH.

Het is noodzakelijk dat voor teelten in substraat HCO_3^- in het water geneutraliseerd wordt 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_3^- in het water is 1 mmol zuur nodig is. Uit oogpunt van stabiliteit van de regeling van de pH is het beter dat niet alle HCO_3^- geneutraliseerd wordt, maar dat enkele tienden millimol als rest worden overgelaten. De geringe pH-stijging die deze rest HCO_3^- 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_3^- 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.

24.2.2. Schemacode

Voor gietwater met uiteenlopende concentraties HCO_3^- , 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_3^- , 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_3^- . 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_3^- -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_3^- 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 24.1. is een voorbeeld van de keuze van een schema gegeven.

Tabel 24.1. Voorbeeld voor het bepalen van het juiste schema aangepast aan de kwaliteit van het water.

Stel: Analyse gietwater	
HCO ₃	4,7 mmol per liter
Ca	1,9
Mg	0,4
Bepaling eerste codecijfer:	
HCO ₃ 4,7 - 0,5 = 4,2	- afgerond 4,0
Vermenigvuldiging:	2 x

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
	4 x

3e cijfer:	1
Het best passende schema is dus schema A 8.7.1	

24.2.3. Bijzondere schema's

Naast HCO₃, Ca en Mg kan ook SO₄, K of NO₃ 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. SO₄ wordt in stappen van 0,25 mmol per liter en NO₃ 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 SO₄, NO₃ 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 moet 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.

24.2.4. 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 water 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 6.8.1/3.0.0 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). 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 6.8.1/3.0.0) 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".

24.2.5. 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.

24.3. Richtlijnen voor het bereiden van voedingsoplossingen

Schema's voor voedingsoplossingen worden standaard berekend voor 1 m³ geconcentreerde oplossing. De calciumhoudende meststoffen (bijvoorbeeld kalksalpeter) moeten apart opgelost worden van de meststoffen die sulfaat bevatten (bijvoorbeeld bitterzout, kaliumsulfaat). 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. 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 CO₂ 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 hogere EC-waarde dan die van de standaardvoedingsoplossing (zie 24.4.1.), zijn niet meer 100 maal geconcentreerd, maar lager. De oplossing zou anders te hoog geconcentreerd kunnen worden, wat problemen zou kunnen geven voor het oplossen van een aantal meststoffen.

De voedingsoplossingen worden dus bereid in twee gescheiden oplossingen. 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.

24.4. Bemesting tijdens de teelt

24.4.1. EC-waarde

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 orchi-

deeen 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. In tabel 24.2. is een voorbeeld gegeven van het effect van de EC op vruchtkwaliteit. Daaruit komt naar voren dat zowel de houdbaarheid als de interne kwaliteit toeneemt door hogere EC-waarden.

Tabel 24.2. Effect van de EC-waarde op vruchtkwaliteit bij tomaat.

EC Wortel- milieu ₁ mS.cm	Wan- kleurig (%)	Goud- spikkels index 0-3	Door- kleuring 0-3 dagen	Uitstal- leven dagen	Vruchtesap		
					EC mS.cm ⁻¹	Zuur mmol.l ⁻¹	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. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in tabel 24.3. 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.

Tabel 24.3. 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
Anjer				
2,0	67,7	28,6	5,3	-
4,0	67,5	28,8	4,3	-
6,0	64,7	26,7	3,5	-
Anthurium				
0,5	29,0	65,9	-	11,9
2,1	26,1	61,6	-	11,2
4,0	24,9	58,0	-	10,8

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

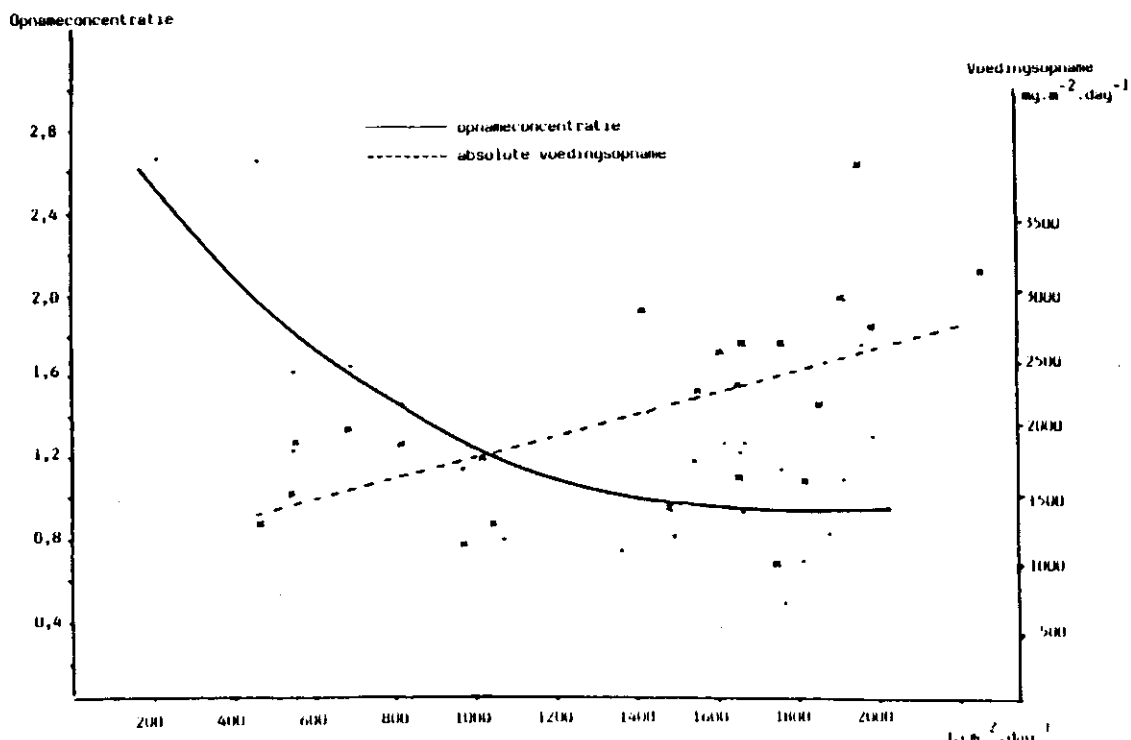
wordt nagestreefd in de mat. Dit komt doordat de zogenaamde opnameconcentratie van de plant (dat is de voedingsopname gerelateerd aan de wateropname) lager is dan de concentratie die wordt nagestreefd in het wortelmilieu.

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 24.2. Hier is het verloop van de absolute voedingsopname en de opnameconcentratie weergegeven bij een tomatenteelt. Ook tijdens perioden 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 24.2. Het verband tussen de instraling en de opnameconcentratie en de absolute voedingsopname bij tomaat.

EC-waarde druppelwater

Hoewel de EC-waarde van de voedingsoplossing in het wortelmilieu als uitgangspunt geldt, is EC-waarde van het druppelwater ook bepalend voor de reactie van de plant. Immers onder de druppelaar bevinden zich de meeste (actieve ?) wortels. Uit recente proeven ('87 en '88) blijkt dat tomatenplanten geteeld met gescheiden wortelsysteem zich vooral richten op EC-waarden van 2,5. Combinaties met hogere of lagere waarden gaven geen duidelijk andere resultaten. Wel bleek bij combinaties met lage EC de vruchtkwaliteit negatief beïnvloed. In tabel 24.4. zijn wat resultaten samengevat.

De resultaten geven aanwijzingen dat de EC-waarde van het druppelwater voor de planten belangrijk is. Het advies is voor de vruchtgewassen 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 24.4. Resultaten van een proef met verschillende EC-waarden bij gescheiden wortelsysteem bij tomaat.

Druppel-EC		kg.m ⁻²	vruchtgewicht gram
links	rechts		
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.

Gedurende de teelt van een gewas zal dus 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 HCO₃ 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 HCO₃-concentratie in het gietwater, waardoor de pH te laag wordt. Andersom wordt onvoldoende HCO₃ geneutraliseerd en blijft de pH te hoog. Er is een zekere speelruimte, omdat niet alle HCO₃ geneutraliseerd wordt. Bovendien is

het mogelijk via de doseerinstallatie de pH enigszins 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 HCO_3 , ook de aanpassingen aan Ca, Mg en eventueel 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^3 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 voorgescreven 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, 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 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 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 HCO_3 nodig zou zijn, daar anders de EC-instelling om de juiste afstemming te krijgen te hoog wordt.

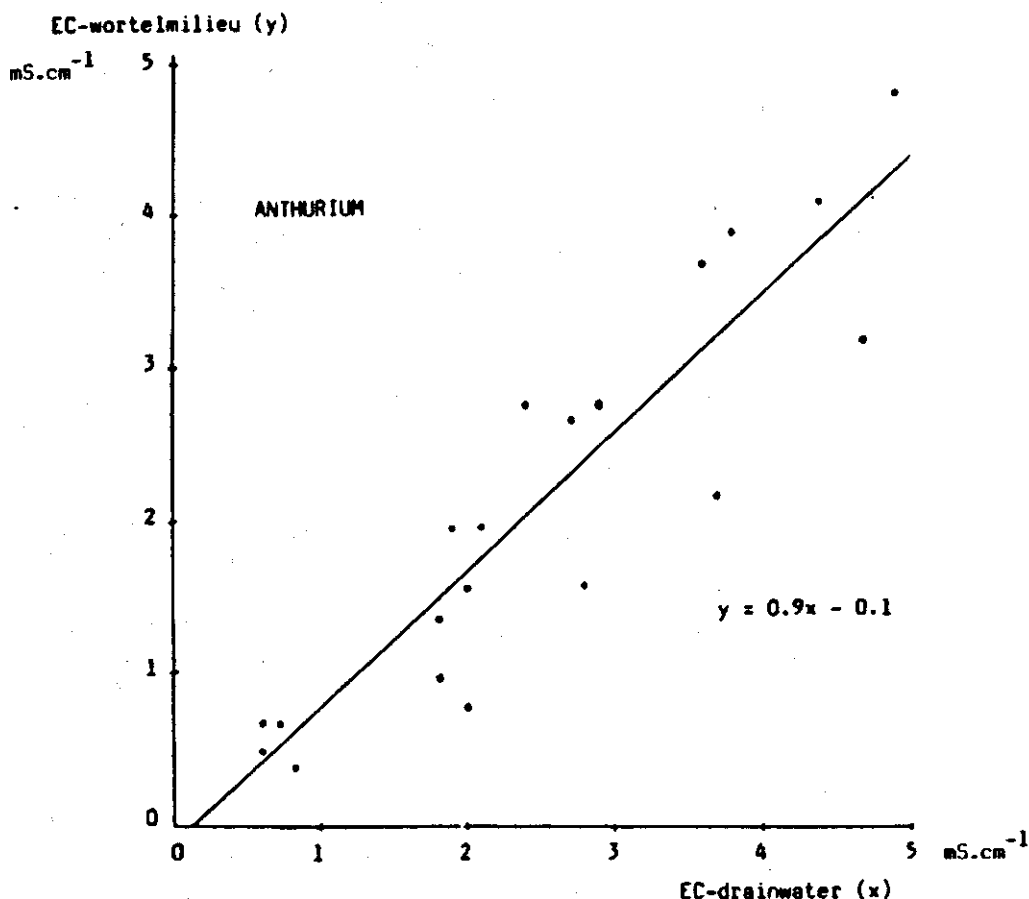
Metten van de EC

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 ge-

mengd monster vrij sterk. Uit de gegevens van het onderzoek vermeld in tabel 24.4. 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 24.3. 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 dichter bij elkaar. Bij lage doorspoelpercentages (< 10%) is er geen duidelijke relatie meer.



Figuur 24.3. Het verband tussen de EC-waarden van het drainwater en die in het wortelmilieu.

24.4.2. 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 uit-

eenlopende pH-waarden. Beneden waarden van 4 kan schade optreden, omdat het wortelweefsel wordt aangetast. Ook kan de opname van Mn zo sterk worden dat mangaanovermaat 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 24.5. is het effect van de pH op de gehalten aan P, Fe, Mn, Zn, B, Cu en Mo gegeven in jong 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 24.5. Effect van de pH op de gehalten aan P, Fe, Mn, Zn en B in jong 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 HCO_3 in het gietwater. Ophoping van HCO_3 geeft sterke pH-verhoging in het wortelmilieu. Naast de toevoer van HCO_3 via het water, kan zich echter ook HCO_3 in het wortelmilieu ophopen doordat de wortels 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 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. Ophoping van HCO_3^- doet zich dan voor door worteluitscheiding, of door vastlegging van door de wortels uitgescheiden CO_2 (afkomstig van de wortelademhaling).

De opnameverhouding van kat- en anionen is te beïnvloeden door wijziging van de NO_4/NO_3 -verhouding in de toe te dienen voedingsoplossing. Voor de meeste gewassen is 10-20 % van de N in NH_4 -vorm voldoende voor een min of meer stabiele pH. Verhoging van het 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 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 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 veroorzaakt, doordat 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 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 NH_4 toegediend. Verhoging van de NH_4 -gift is echter aan grenzen gebonden. Door hoge NH_4 -concentraties kan de Ca-opname worden belemmerd. Dit geldt vooral voor gewassen die gevoelig zijn voor Ca-gebrek (neurot), zoals paprika en tomaat.

Bij te lage pH-waarden in het substraat wordt als eerste de hoeveelheid NH_4 in de voedingsoplossing verlaagd, of geheel weggelaten. Heeft dit onvoldoende effect, dan kan in het uiterste geval met HCO_3 de pH omhoog gebracht worden. Hiervoor wordt meestal kalibicarbonaat gebruikt. Dit moet apart van de voedingsoplossing gedoseerd worden, omdat anders neerslagen kunnen ontstaan.

Bedacht moet worden dat met de vaste meststof kalksalpeter, per mol Ca altijd 0,2 mol NH_4 gegeven wordt. Verhoging van de hoeveelheid (vaste) kalksalpeter betekent daarom ook altijd verhoging van de 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 m³. 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 HCO₃ 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. Zie hoofdstuk 20.

Ook polyfenolschuim reageert zuur. De hoeveelheid buffer is echter veel geringer dan van weinig 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 wordt de voorkeur gegeven aan een bekalking met koolzure kalk. Een gift van 0,75 kg per m³ 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 puur steenwolgranulaat, zoals cymbidium, wordt daarom extra NH₄ 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 twee druppelaars. Dit wordt veroorzaakt doordat NH₄ relatief sneller wordt opgenomen dan andere ionen. Tussen de druppelaars kan zich dan bicarbonaat ophopen. Worden zogenaamde gemengde monsters gemaakt, dus vloeistof van beide plaatsen tezamen gevoegd, dan zorgt dit HCO₃ 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 24.6. 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 24.6. 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

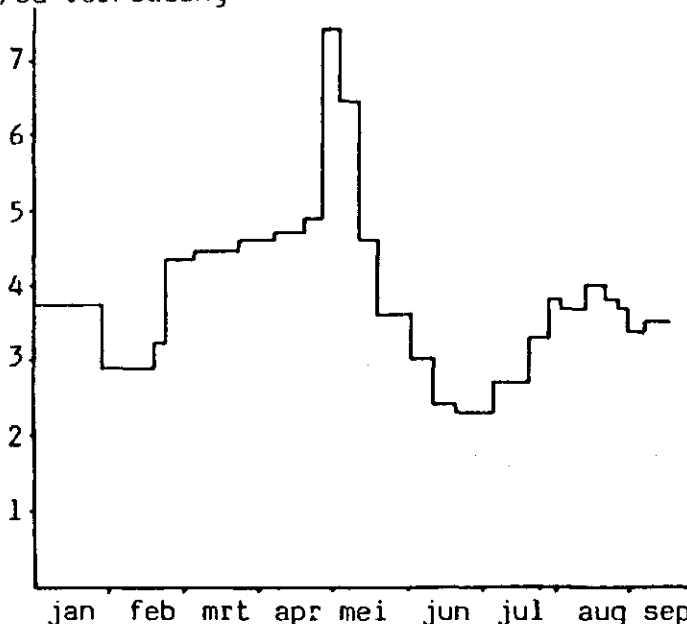
Uit onderzoek is gebleken dat de pH in drainwater sterk kan afwijken van de pH in het wortelmilieu. Meestal kan er ook geen duidelijke relatie tussen beide waarden gelegd worden. Daarom is meting van de pH in drainagewater van weinig belang voor het bepalen van de pH in het wortelmilieu.

24.4.3. De voedingsoplossing tijdens de teelt

Verhoudingen tijdens de teelt

De standaardvoedingsoplossing (zie hoofdstuk 23) reflecteert in grote lijnen de opnameverhoudingen tussen de voedingselementen gedurende de teelt. Echter doordat planten meestal verschillende stadia doorlopen is ook de opname verhouding niet constant. Dit wordt duidelijk geïllustreerd aan de hand van figuur 24.4. Hierin is het verloop van de opnameverhouding van K en Ca bij tomaat weergegeven. Er is een duidelijke piek in de kali-opname te zien, samenhangend met de vruchtuigroei. Andere voorbeelden van veranderde opnameverhoudingen zijn: sterke Ca-opname tijdens vegetatieve groei, vooral bij jonge planten), grote fosfaatopname 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.

K/Ca-verhouding



Figuur 24.4. 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 NH_4 wordt verlaagd, ten einde pH-daling in het begin, veroorzaakt door een relatief groot 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, NH_4 en NO_3 in het wortelmilieu relatief lager dan die van de tweewaardige ionen, zoals Ca, Mg en 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 er accumulatie plaatsvindt. Bij lage concentraties is de plant niet in staat voldoende op te nemen. Dit geldt ook voor bepaalde spoorelementen. Dit kan worden geïllustreerd aan de hand van het voorbeeld in tabel 24.7. Bij anjers en tomaten in een recirculatiesysteem werden K-, Ca- en Mg-verhoudingen toegediend.

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 tomaten 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.

Tabel 24.7. Accumulatiefactoren voor K, Ca en Mg bij tomaat en anjer, bij uiteenlopende K-, Ca- en Mg-verhoudingen in de toegediende voedingsoplossing, bij teelt in recirculatie.

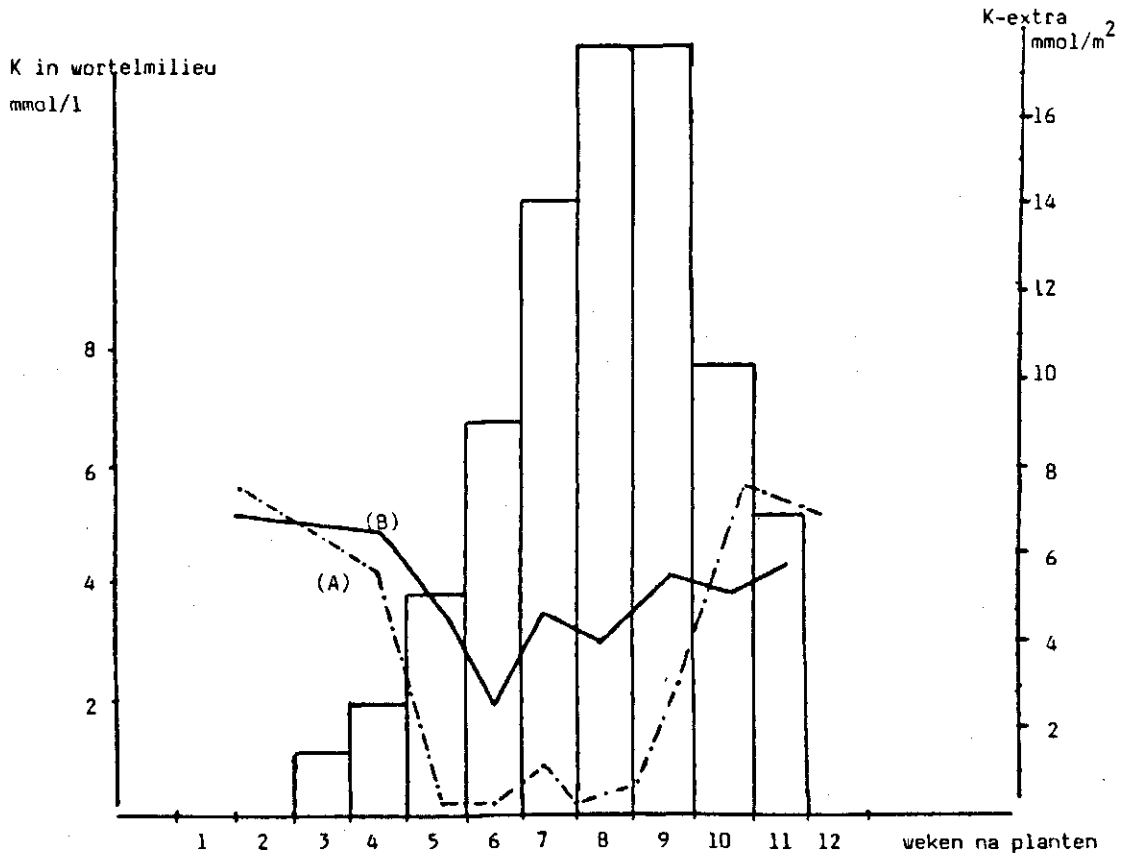
Tomaat						Anjer					
Toediening			Accumulatiefactor			Toediening			Accumulatiefactor		
K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
3,2	2,9	0,6	0,5	5,1	3,5	2,7	2,4	0,4	1,8	1,8	3,3
4,7	2,3	0,7	0,9	5,0	3,6	3,2	1,9	0,5	1,9	1,7	2,9
6,3	1,7	0,7	1,7	3,6	2,4	4,3	1,0	0,7	2,0	1,9	2,2
7,5	1,0	0,7	2,3	2,1	1,7	5,1	0,6	0,8	2,0	2,7	1,8

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 21 en 26.

24.5.3. Aanpassingen bij recirculatiesystemen

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 ophoping 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 opnamebehoefte 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.

In figuur 24.5. is een voorbeeld gegeven van zo'n model. Bij een heteluchtteelt van vleestomaten in recirculatie is aan de hand van schatting van het aantal trossen, de uitgroeisnelheid, de vruchtgrootte en het kaligehalte in de vrucht een schatting gemaakt van het verloop van de kali-opname in de tijd, met name de periode van de uitgroei van de eerste trossen. Aan de hand hiervan is extra K toegediend via de voedingsoplossing. Hoewel dit doseringsmodel nog niet optimaal is, is dit een duidelijke verbetering ten opzichte van eerdere teelten, waarbij achteraf aan de hand van de analyse werd bijgestuurd.



Figuur 24.5. Het verloop van de K-concentratie in het wortelmilieu in een teelt met aanpassing achteraf (A) en een teelt met aanpassing vooraf (B), alsmede het verloop van de extra K-gift.

25. BEMESTING POTPLANTEN

25.1. Soort potplant

Er worden zeer veel verschillende soorten potplanten in de Nederlandse glastuinbouw geteeld. Uitgebreid onderzoek met iedere soort is erg tijdrovend. Toch is het nuttig om richtlijnen te hebben voor de bemesting. Daarom is er een voorlopig advies opgesteld door de Commissie Standaardisatie Bemestingsadvies Glastuinbouw. Hierbij is gebruik gemaakt van onderzoekresultaten, maar vooral van ideeën die leven bij onderzoekers, voorlichters en de praktijk.

Wat betreft de voedingsbehoefte zijn de meest geteelde planten ingedeeld in vijf klassen. Bij de eerste vier klassen loopt de behoefte van 1 tot en met 4 op, van lage naar hoge behoefte. De vijfde klasse bestaat uit gewassen met een verhoogde K-behoefte, dat zijn de Bromeliceae. Onafhankelijk van de klassen van de voedingsbehoefte zijn er klassen voor de pH en de zoutgevoeligheid. Het geheel is opgenomen in het concept "Bemestingsadvies glastuinbouw". Hieronder wordt voor enkele planten een aantal richtlijnen gegeven. Anthurium andreanum heeft een zeer lage voedingsbehoefte. Een lage EC heeft een gunstige invloed op de breedte en de lengte van de schutbladen van de bloemen; de schutbladen worden breder en langer. Veel N zal daarentegen een sterkere vegetatieve groei geven. Voor begonia is de optimale EC in voedingsoplossing 0,6-0,9 mS per cm en in het 1:1,5 volume extract 1,3 mS per cm. Bij lagere EC's worden versgewicht, aantal bladeren, bladoppervlak en planthoogte minder. Hetzelfde geldt voor een hogere EC. Wat betreft de bloemontwikkeling is er waarschijnlijk een interactie tussen lichtintensiteit en bemesting. In de winter geeft een hoge EC een snellere bloemontwikkeling. In de zomer geeft een hoge EC juist een langzamere bloemontwikkeling.

Bromeliaceae zijn zoutgevoelig en hebben een grote K-behoefte.

Cyclaam heeft een middelmatige voedingsbehoefte. De bemesting kan invloed hebben op de bloemkleur.

Bij Hortensia wordt bij lage pH en toevoegen van Al de bloem blauw. In de bloem ontstaat een blauw organisch Al-complex. Normaal is de bloemkleur rood.

Poinsettia heeft veel N nodig. Bij weinig N wordt het blad te licht groen en blijft de plant te klein. De opname van P is zeer hoog. In het blad is de P-concentratie 300-400 mmol per kg droge stof. Bij lage pH is Poinsettia gevoelig voor Mo-gebrek. De bracteeën groeien dan niet goed uit.

25.2. Voorraadbemesting

Op potgrond wordt afhankelijk van het soort potplant en de latere bijbemesting bemest met 0,5 tot 1,5 kg PG-mix. Zaaigrond wordt bemest met 0,5 kg PG-mix. Stekgrond wordt niet bemest, omdat de wortelontwikkeling van stekken nadelig wordt beïnvloed door "zout". Uiteraard wordt stekgrond wel bekalkt.

Voor de meeste potplanten is het gunstig om de voorraadbemesting laag te houden. In het begin van de teelt is de voedingsopname door de kleine plant gering. Een grotere plant heeft een grotere opname. Een dosering van 0,5 kg PG-mix 12+14+18 geeft in het 1:1,5 volume extract ongeveer een EC van 0,8 mS per cm. Bij 1,0 en 1,5 kg PG-mix

is dit respectievelijk 1,2 en 1,6 mS per cm. Een tweede argument om de voorraadbemesting te beperken is de dan geringere hoeveelheid NH_4 in het substraat. Veel NH_4 is giftig voor de plant. Weliswaar wordt de NH_4 in twee tot vier weken omgezet in NO_3 (nitrificatie) en/of door de plant opgenomen, maar in beide situaties treedt een verzuring op van het wortelmilieu.

25.3. Soort substraat

Om de teeltduur te verkorten kan men de plant met een hoge gietfrequentie snel laten groeien. Water in het substraat is dan altijd in grote hoeveelheden makkelijk beschikbaar voor de plant. Deze hoge gietfrequenties stellen wel hoge eisen aan de fysische eigenschappen van het substraat. Onder zeer natte omstandigheden moet de luchtdiffusie nog voldoende blijven.

Bij planten die met opzet "langzaam geteeld" worden, bijvoorbeeld Cycloam, tellen deze fysische eisen niet zo sterk. Er kan dan met substraat worden gewerkt met een lager volume fractie lucht. Er kan klei worden toegevoegd. Klei adsorbeert fosfaat en kalium. De P- en K-gehalten in potgrond met kleitoevoeging zijn dan altijd lager dan in een vergelijkbare potgrond zonder de kleitoevoeging.

Bij de verdergaande vertering van boomschors gedurende de teelt kan N door micro-organismen worden vastgelegd (N-immobilisatie). Extra N-dosering bij aanvang (bijvoorbeeld als langzaamwerkende N-meststof) of als bijmesting kan dan nodig zijn. 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.

25.4. Watergeefstelsel

Bij watergeven van onderaf (bevoeiingsmat en eb/vloed) ontstaat een opwaartse waterbeweging. Water verdampt vanaf het potgrondoppervlak en er treedt een aanrijking op van zouten in de toplaag. Bij watergeven met druppelbevloeiing en/of regenleiding van bovenaf treedt naast de opwaartse beweging door verdamping tevens een neerwaartse waterbeweging op. Zouten worden (weer) naar beneden verplaatst. Dit verschil wordt geïllustreerd in tabel 25.1.

Tabel 25.1. Chemische samenstelling van 10 cm hoge potkluit bij Poinsetta met een hoge meststofdosering (in voedingsoplossing $\text{EC} = 1,8 \text{ mS.cm}^{-1}$). Concentraties in 1:1,5 volume extract. EC in mS.cm^{-1} , elementgehalten in mmol per liter.

e - eb/vloed watergeefstelsel

d - druppelbevloeiing (van bovenaf)

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

vervolg tabel 25.1.

Hoogte potkluit in cm	Mg		NO ₃		Cl		SO ₄		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

Op kleine verschillen in potkluihoogte komen dus zeer grote verschillen voor in de concentratie van zouten.

Bij vaak watergeven ten opzichte van weinig frequent watergeven met een gelijke EC in de voedingsoplossing zal bij het eb/vloed systeem de verzouting bovenin de pot toenemen. Er worden immers meer voedingsstoffen toegevoerd. Bij verhogen van de gietfrequentie moet daarom de EC van de voedingsoplossing verlaagd worden.

25.5. De voedingsoplossing

Voor het prepareren van de voedingsoplossing worden veelal samengestelde meststoffen gebruikt. Een aanzienlijk deel van de N komt in deze meststoffen voor als NH₄ en/of ureum. Bij opname door de plant en omzetting in het substraat geeft dit pH-verlaging. De samengestelde meststoffen bevatten geen Ca. Er komt voldoende Ca vrij uit de Dolokal. Ook het uitgangswater kan Ca leveren. Zodoende treedt geen Ca-gebrek op.

Wanneer een voedingsoplossing wordt gemaakt uit enkelvoudige meststoffen met A/B-bak systeem bestaat de mogelijkheid Ca te geven. Belangrijker is echter de mogelijkheid om de NH₄-concentratie laag te houden of zelfs nul te maken.

25.6. Analyse potgrond en aanpassing voedingsoplossing

Voorstellen voor aanpassing van de voedingsoplossing gebaseerd op analyse van de potgrond (1:1,5 volume extract) zijn gedaan door de Commissie Standaardisatie Bemestingsadvies Glastuinbouw. Een probleem is nog hoe de potkluit bemonsterd moet worden (zie hoofdstuk 25.4). De beste methode lijkt het niet meebemonsteren van de bovenste 2 cm van de potkluit. Bij een systeem waarbij de niet door de potgrond opgenomen voedingsoplossing wordt opgevangen, kan ook de voedingsoplossing worden geanalyseerd. Bij zeer frequent watergeven is dit een goede benadering van de situatie die in het wortelmilieu heerst.

25.7. Gewasstadium

Een zeer hoge EC remt de vegetatieve ontwikkeling van de plant. Dat wordt toegepast bij perkplanten. Een hoge EC, bij zeer lage lichtintensiteit (huiskamer), geeft bij Codiaem bladval. Waarschijnlijk geldt dit ook voor veel andere kamerplanten. Aan het eind van de teelt zou daarom het zoutgehalte in het wortelmilieu voldoende laag moeten zijn.

De indruk bestaat dat in een vegetatief stadium van een plant er

een grote behoefte aan N is en een lage behoefte aan K is, terwijl diezelfde plant in een generatief stadium een lage N- en een hoge K-behoefte heeft. Dit "bemestingsconcept" wordt al zeer lang toegepast en voorlopig zal dat wel zo blijven.

Betrouwbare proefresultaten ter ondersteuning van deze hypothese ontbreken. Het tegendeel is ook niet aangetoond. Veel N geeft wel een grote vegetatieve ontwikkeling, maar er is dan waarschijnlijk ook een grote K-behoefte.

26. COMPUTERADVIES STEENWOL

In dit hoofdstuk wordt het bemestingsadvies voor teelten in steenwol beschreven aan de hand van het bemestingsadvies voor komkommer (met vrije drainage). Voor andere teeltwijzen of gewassen verloopt de advisering op analoge wijze. Deze adviezen staan vermeld in de "Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw" uitgegeven door het Consulentenschap voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Akker- en Tuinbouw te Wageningen.

26.1. Bemestingsadvies

Bij het opstellen van bemestingsadviezen voor teelten in steenwol dient naast de analysecijfers te worden beschikt over de standaardvoedingsoplossing voor het te adviseren gewas en over 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.

Voorts 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 26.1. Standaardvoedingsoplossing komkommerteelt, EC(c) = 2,7.

NH ₄	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	H ₂ PO ₄	Fe	Mn	Zn	B	Cu	MO
1,25	8,0	4,0	1,375	16,0	1,375	1,25	15	10	5	25	0,75	0,5

Tabel 26.2. Streefcijfers komkommerteelt op basis van EC(c).

NH ₄	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	P	pH	Fe	Mn	Zn	B	Cu
<0,5	8,0	6,5	3,0	18,0	3,5	0,90	5,5	15,0	7,0	7,0	50,0	1,0

26.2. Analysecijfers

Het advies wordt verstrekt op basis van analysecijfers verkregen door het onderzoeken 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⁻¹ bij 25°C. Bij de advisering worden de volgende bepalingen betrokken:

- Kationen: NH₄, K, Na, Ca, Mg.
- Anionen : NO₃, Cl, SO₄, P.
- Spoorelementen: Fe, Mn, Zn, B, Cu.
- EC.
- pH en HCO₃.

26.3. 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, HCO₃ en Mn uitgesloten. Natrium en chloride worden niet beïnvloed door het niveau van de EC. HCO₃ wordt eveneens niet beïnvloed door de EC, maar hangt sterk samen met het pH-niveau. Met mangaan 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 gehalte aan HCO₃ dat bij de analyse wordt gevonden. Zie voor de grenswaarden tabel 26.3.

Tabel 26.3. Waardering gecorrigeerd op EC(c).

Element		NH ₄	K	Na*	Ca	Mg	NO ₃	Cl*	SO ₄	P
laag	<		6,0		5,0	1,5	15,0		2,2	0,60
hoog	>	0,5	10,0	6,0	8,0	4,5	24,0	6,0	4,5	1,20

Buiten AVW	<		3,0		2,0	0,8	7,5		0,8	0,25
Buiten AVW	>	1,0	16,0	10,0	14,0	6,0	30,0	10,0	6,0	3,0

Element		HCO ₃ *	EC	pH	Fe	Mn*	Zn	B	Cu
laag	<		2,0*	5,0**	9,0	3,0	5,0	40,0	0,5
hoog	>	1,0	4,0*	6,5	25,0	10,0	10,0	70,0	1,5

Buiten AVW	<		1,5*	6,0***	3,0	0,5	1,5	15,0	
Buiten AVW	>	2,0	5,0	7,5	65,0	20,0	50,0	125,0	6,0

* Geen correctie EC(c) ** HCO₃ < 0,5 *** HCO₃ > 0,5

26.4. 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 en wel een A- en een B-serie. De A-serie wordt gebruikt voor watersoorten die vrijwel uitsluitend Ca, Mg en HCO₃ bevatten. Een schanummer uit de A-serie is opgebouwd uit drie codes: de eerste code voor de hoeveelheid HCO₃, 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 millimolen.

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 Ca, Mg en HCO₃ ook SO₄, NO₃ 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).

26.5. Aanpassing van de 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 26.4. en 26.5. De grootte van de aanpassingen staan vermeld in tabel 26.6. 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 26.1). De aanpassing van het element P in het traject waar extra wordt gedoseerd, is afhankelijk van de pH.

Tabel 26.4. Grenzen voor aanpassingen hoofdelementen bij EC(c).

	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	P
1	< 4,5	< 3,5		<11,5		<0,30
2	4,5- 5,9	3,5- 4,9	<1,5	11,5-14,9	<2,2	0,30-0,59
3	6,0-10,0	5,0- 8,0	1,5-4,5	15,0-24,0	2,2-4,5	0,60-1,20
4	10,1-13,0	8,1-11,0	>4,5	24,1-27,0	>4,5	1,21-1,75
5	>13,0	>11,0		>27,0		>1,75

Tabel 26.5. Grenzen voor aanpassingen spoorelementen bij EC(c).

	Fe	Mn*	Zn	B	Cu
1	< 6,0		< 3,0	< 25,0	<0,30
2	6,0- 8,9	< 3,0	3,0- 4,9	25,0- 39,0	0,30-0,49
3	9,0-25,0	3,0-10,0	5,0-10,0	40,0- 70,0	0,50-1,50
4	26,0-40,0	11,0-15,0	11,0-15,0	71,0-100,0	1,51-2,50
5	>40,0	>15,0	>15,0	>100,0	>2,50

* geen correctie op Ec(c)

Tabel 26.6. Aanpassingen.

	Hoofdelementen in mmol.l ⁻¹						Spoorelementen in %				
	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu
1+	2,0	1,5		3,0		0,5	1+	50	50	50	50
2+	1,0	0,75	0,25	1,5	0,25	0,25*	2+	25	25	25	25
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3	0	0	0	0
4-	1,0	0,75	0,25	1,5	0,25	0,25	4-	25	25	25	25
5-	2,0	1,5		3,0		0,5	5-	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 26.7.

Tabel 26.7. Extra aanpassing ionen.

<u>Factor K/Ca > 1,5</u>	
analysecijfer	
K	Ca
6,0-10,0	5,0-8,0
aanpassing	
- 0,5 K	
+ 0,25 Ca	

Na de correctie is het mogelijk dat de kationensom ongelijk is aan de anionensom. Indien het verschil niet groter is dan een bepaalde grenswaarde wordt dit verrekend over een van de voedingselementen. Bij de teelt van komkommers is het maximale verschil tussen de ionensommen 1,5 mmol per liter waarbij dit verschil verrekend wordt over het element N. Is het verschil in dit geval groter dan 1,5 mmol per liter, dan wordt er geen advies gegeven volgens het gehanteerde adviessysteem.

Indien de verschillen tussen de sommen geaccepteerd en verrekend zijn, wordt een nieuwe voedingsoplossing uitgerekend op basis van het schanummer. Aanpassingen moeten doorgaans niet langer dan twee weken worden gehandhaafd.

26.6. EC advisering

Een te hoge of te lage EC wordt alleen gesignaleerd op basis van de waarden vermeld in tabel 26.3.

26.7. Na en Cl advisering

Indien Na of Cl de waarden overschrijden vermeld bij de norm hoog, dan wordt geadviseerd door te spoelen.

26.8. Waardering en aanpassing pH

De waardering van de pH vindt plaats volgens waarden vermeld in tabel 26.3. 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 NH_4 uit de oplossing weglaten en in extreme gevallen kan 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. Globaal kan het volgende worden gehanteerd. De hoeveelheden ammoniumnitraat die per gewas worden gebruikt (x) zijn in tabel 26.8. vermeld.

$\text{pH} < 5,0$ en $\text{HCO}_3 < 0,5$

Zo mogelijk de pH van het druppelwater verhogen, echter niet boven pH 6,2. Eventueel de ammoniumnitraat uit de voedingsoplossing weglaten of afzonderlijk (zonder voedingsoplossing) een keer per dag kalibicarbonaat bij druppelen (EC 1).

$6 < \text{pH} \leq 6,5$ en $\text{HCO}_3 > 0,5$

Zo mogelijk de pH van het druppelwater verlagen, echter niet beneden pH 5,0. Eventueel extra ammoniumnitraat vlb toedienen (x kg per m³ geconcentreerde voedingsoplossing).

$6,5 < \text{pH} \leq 7,5$ en $\text{HCO}_3 \leq 1,0$

Zo mogelijk de pH van het druppelwater verlagen, echter niet beneden pH 5,0. Eventueel extra ammoniumnitraat vlb toedienen (x kg per m³ geconcentreerde voedingsoplossing).

$6,5 < \text{pH} \leq 7,5$ en $\text{HCO}_3 > 1,0$

De pH zal moeilijk te verlagen zijn. De pH van het druppelwater op pH 5,0 brengen en extra ammoniumnitraat vlb toedienen (x kg per m³ geconcentreerde voedingsoplossing).

Tabel 26.8. Correctie pH met ammoniumnitraat.

Analyscijfer		Extra NH ₄
pH	HCO ₃	
6,0-6,5	> 0,5	0,4
6,6-7,5	≤ 1,0	0,6
6,6-7,5	> 1,0	0,8

Bij een aantal gewassen worden afhankelijk van het teeltstadium of teeltsysteem bepaalde aanpassingen standaard voorgeschreven; bij de teelt van komkommers zijn dit de opmerkingen 1 en 2.

1. Het voldruppelen van de matten:
Hierbij wordt de 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 zware vruchtdracht:
Gedurende een aantal weken wordt extra K en NO₃ gegeven.
4. Bij teelten met recirculerende voedingsoplossing, in beperkt volume steenwol, wordt 35 umol Fe per liter gedoseerd. Het streefcijfer op basis van EC(c) wordt dan 35 umol Fe per liter. De waardering laag, hoog wordt respectievelijk 25 en 45 umol per liter. De grenzen voor aanpassing zijn:
 1. <18
 - 2 19-24
 - 3 25-45
 - 4 46-60
 - 5 >60

De grens voor beperkt volume steenwol is 3 liter steenwol per m² kasoppervlakte.

Voor gerichte informatie over deze aanpassingen wordt verwezen naar de brochures uit de serie "Voedingsoplossingen Glastuinbouw" uitgegeven door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk.

27. ADVIESBASIS VOOR WATERKWALITEIT

In dit hoofdstuk zijn gegevens opgenomen over waardering van analysesresultaten 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.

27.1. Elektrisch geleidingsvermogen, natrium en chloor

Het elektrisch geleidingsvermogen (EC) van gietwater is een maat voor het totale gehalte aan ionen. Het verschaft 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 (HCO_3) en sulfaat (SO_4). Indien de ionensamenstelling niet te eenzijdig is, kan voor de waardering van gietwater voor de glastuinbouw de volgende indeling worden gehanteerd.

Tabel 27.1. Indeling voor de waardering van gietwater voor de glastuinbouw.

Kwaliteitsklasse	EC ⁻¹ mS.cm ⁻¹ (25°C)	Na ⁻¹ mmol.l ⁻¹	Cl ⁻¹ mmol.l ⁻¹
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

Bij de gegeven kwaliteitsklassen behoort de volgende toelichting:
Klasse 1. Water van deze kwaliteit is geschikt voor alle doeleinden.

Klasse 2. Niet geschikt voor teelten in een beperkt wortelvolumen, 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 wortelvolumen.

Bij waarden van EC, Na en Cl boven deze genoemd in klasse 3 moet in feite gezegd worden dat het water ongeschikt is 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 Sonneveld en De Kreij, 1986, 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).

27.2. 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.

27.3. 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.

Voor wat betreft het nadelige effect van calcium en magnesium moet dus in feite worden gesteld dat ze slechts schadelijk zijn indien de gehalten bepaalde grenzen overschrijden. Dit geldt slechts, indien met de aanwezigheid van calcium en magnesium bij de bemesting rekening wordt gehouden en de benodigde calcium en magnesium niet met de bemesting wordt toegediend of door de grond zelf wordt geleverd.

Bij de meeste gewassen treden geen specifieke ioneffecten op, indien niet zeer hoge calcium of magnesiumgehalten worden bereikt. In het algemeen kan worden gesteld dat 0,5 tot 1,0 mmol per liter magnesium en 2,0 tot 2,5 mmol per liter calcium voor de plantevoeding 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.

27.4. Sulfaat

Vrijwel alle grond- en oppervlaktewater bevat enig sulfaat; soms worden zelfs hoge gehalten gevonden. Sulfaat is in bepaalde concentraties noodzakelijk voor de plantegroei. 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 onnodig het zoutgehalte van het gietwater verhogen zijn ze toch nadelig voor de plantegroei 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 gips vrijwel niet meer in oplossing is te krijgen.

27.5. 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.

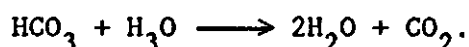
Bicarbonaat in water kan verschillende nadelen hebben. In de eerste plaats kan het neerslaan met calcium en magnesium. Indien het water zelf niet voldoende calcium en magnesium bevat, zal dit aan de bodemoplossing worden onttrokken, waardoor deze te arm aan deze elementen wordt. Een tweede aspect is de stijging van de pH van de grond die door bicarbonaathoudend water wordt 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 tesamen, 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 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.

27.6. 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 H_3O ionen worden grotendeels op deze wijze geneutraliseerd en de veranderingen in pH zijn slechts gering zolang nog HCO_3 aanwezig is.

Hoge pH-waarden komen voor in water waarin algen groeien. Dit wordt veroorzaakt door onttrekken van CO_2 aan het water. Het 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 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.

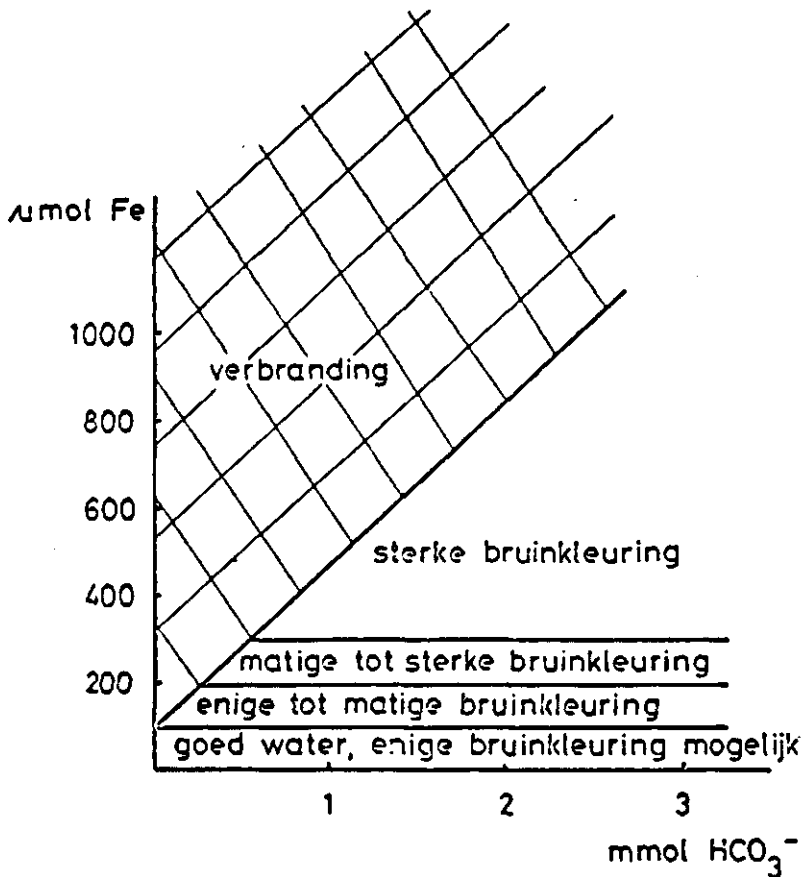
27.7. IJzer

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 27.1. Dit houdt in dat met een ijzergehalte tot 100 μmol 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 laagsporende regenleidingen wordt gewerkt, worden hogere ijzergehalten dan 100 μmol 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 μmol 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 μmol 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 μmol per liter.



Figuur 27.1. Schema voor beoordeling van ijzergehalten in gietwater voor tuinbouwgebruik.

27.8. Micro-elementen

Bepaalde elementen kunnen in gietwater bij zeer lage concentratie reeds schadelijk zijn voor de plantegroei. 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.

27.8.1. Borium

In het algemeen wordt gesteld dat boriumvergiftiging kan optreden bij een gehalte van 100 μmol per liter borium in het wortelmilieu. Als met enige accumulatie rekening wordt gehouden, mag dan liefst niet meer dan 50 μmol 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 μmol per liter.

27.8.2. 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 μmol per liter blijven en voor andere gewassen beneden 50 μmol per liter.

27.8.3. 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 aan zink niet meer nodig dan 2 tot 4 μmol 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 μmol per liter zijn en als in een recirculatiesysteem wordt geteeld liefst beneden 5 μmol per liter. Voor de teelt in kasgronden zal niet spoedig schade optreden door een wat hoog zinkgehalte van gietwater, omdat zink sterk wordt geadsorbeerd aan het adsorptie-complex. 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 aan zink liefst niet meer dan 25 μmol 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 μmol zal niet spoedig bladverbranding optreden.

27.8.4. 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 μmol per liter zijn. Voor berekening van teelten in de kasgrond zullen hogere gehalten niet spoedig 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.

27.8.5. Koper

Voor de voeding van de gewassen is niet meer koper nodig dan 0,5-1,0 μmol per liter. Bij gehalten van 2 à 3 μmol 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.

27.8.6. 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 μmol per liter. Voor het gieten van de gewassen is dit echter veel te hoog. Het gehalte moet dan in ieder geval beneden 40 μmol per liter zijn. Met substraatteelten is geen ervaring opgedaan met bromidehoudend water. Een laag gehalte is bij dergelijke teelten zeker vereist.

28. 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 hoe deze stoffen chemisch opgebouwd zijn. Verder over hoe men ze uit de bodemoplossing afscheidt en bepaalt. 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.

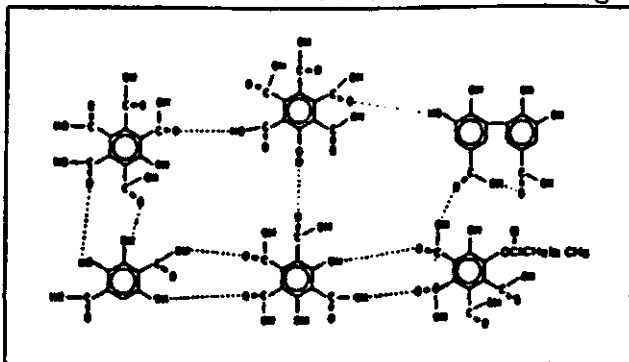
28.1. Humus

Veel gronden bevatten naast minerale delen een organisch gedeelte, dat men humus noemt. Ook wordt in de potplantenteelt gebruik gemaakt van substraten die een hoog percentage veen als grondstof bevatten en waarin het humuspercentage dus ook erg hoog is.

De afkomst van de humus kan zeer verschillend zijn. Meestal zijn het plantaardige materialen zoals bladeren in een bos. Ze zijn 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 plantenteelt verandert de humus verder.

28.1.1. 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 28.1. geeft een indruk van de moleculaire opbouw van de humus of in dit geval een onderdeel daarvan 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 carbonzuurgroepen aanwezig. Tussen zuurstof- en waterstofatomen aan de verschillende groepen is er een interactie, die men "waterstofbrug" noemt die zich uit in een aantrekkingskracht.



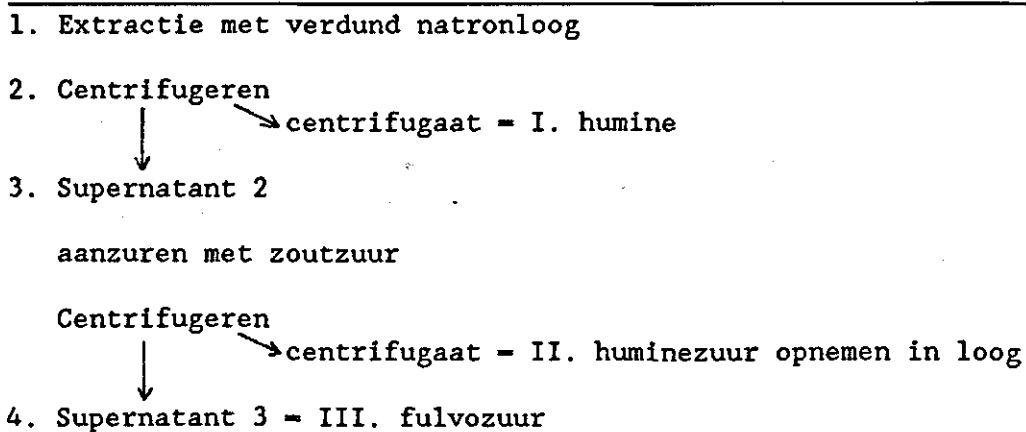
Figuur 28.1. Gedeelte structuur fulvozuur (M. Schnitzer in R.G. Burns et al; Humic substances (REDA): 26).

In tabel 28.1. is een globale verdeling gegeven over de manier waarop de koolstof in het "huminezuurgedeelte" van de humus voorkomt. De vaste humus wordt volgens het schema uit tabel 28.2. gescheiden in drie fracties.

Tabel 28.1. 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%

Tabel 28.2. Scheidingsschema voor de vaste humus.



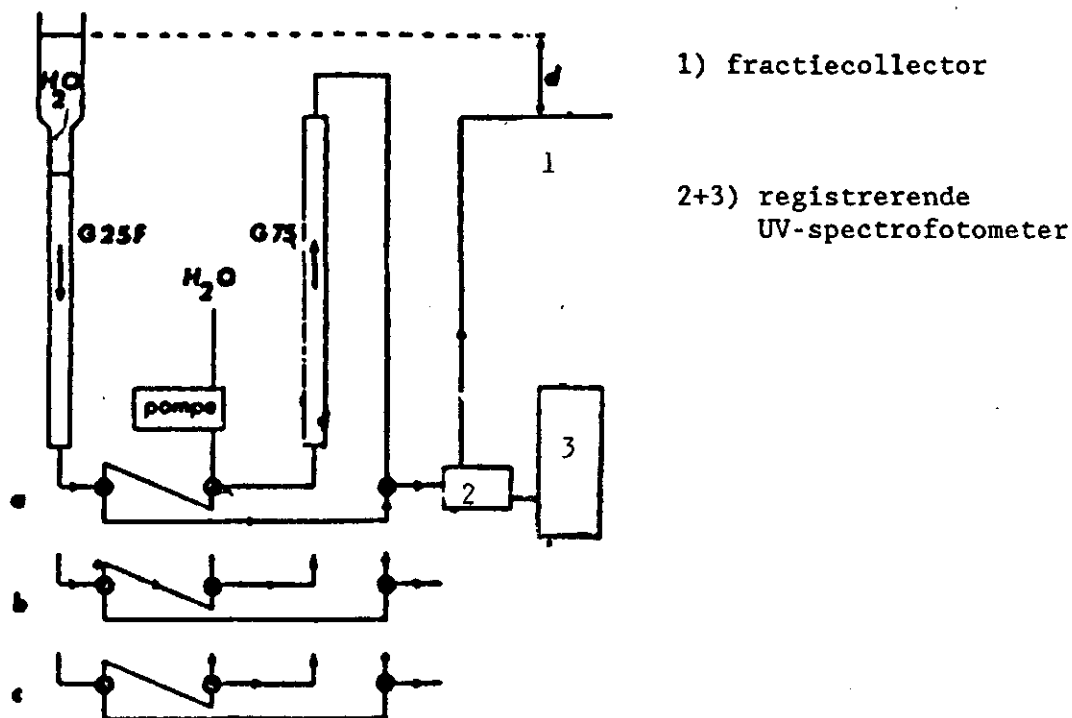
Verschillen berusten onder andere op verschillen in molecuulgrootte en zuursterkte. Zo zijn de fulvozuren kleiner moleculair en bevatten meer sterker zure groepen dan huminezuren. Voor het ionentransport en de ionenopname zullen nog kleinere brokstukken belangrijker zijn. Gedeeltelijk zullen ze wat betreft chemische structuur gelijksoortig zijn, maar er kunnen ook verschillen zijn.

28.1.2. 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. De scheidingsmethoden die toegepast worden 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 in een groot aantal maten van de gaten in de handel, waardoor verschillende gebieden van molecuulgrootte gescheiden kunnen worden. Bij ultrafilters zijn het juist de kleinere moleculen die door het filter kunnen passeren.

Door een aantal kolommen in serie te schakelen (figuur 28.2.) kan een snelle scheiding in één keer verkregen worden. Scheiding op lading is een andere mogelijkheid. Dit kan gebeuren op ionenwisselaars en via elektroforese.

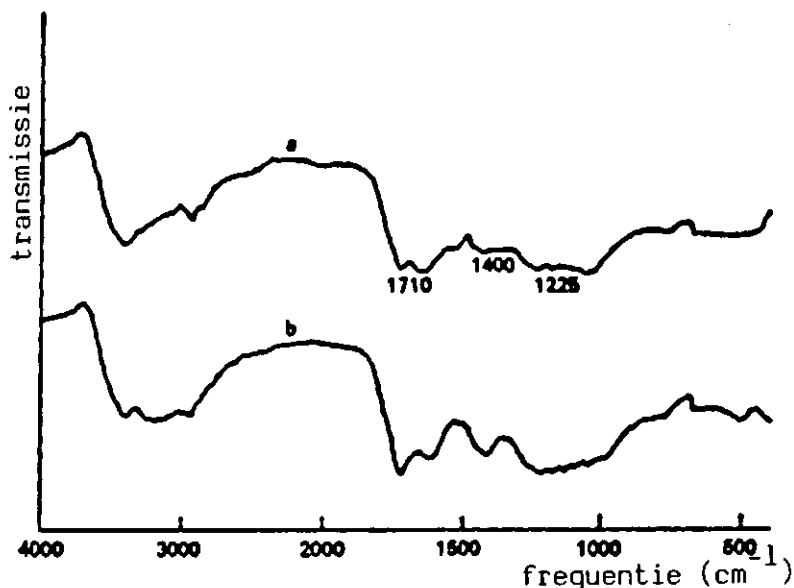


Figuur 28.2. Opstelling voor scheiding op Sephadex G 25 en G 75 (J.R. Bailly, Plant & Soil, 44: 49-62).

28.1.3. Detectie van humusachtige stoffen

Als een scheiding aangebracht is, kunnen de humuscomponenten met verschillende (meestal fysische) methoden gedetecteerd worden. Zo gebeurt dat in figuur 28.2. 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 (figuur 28.3.) 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.



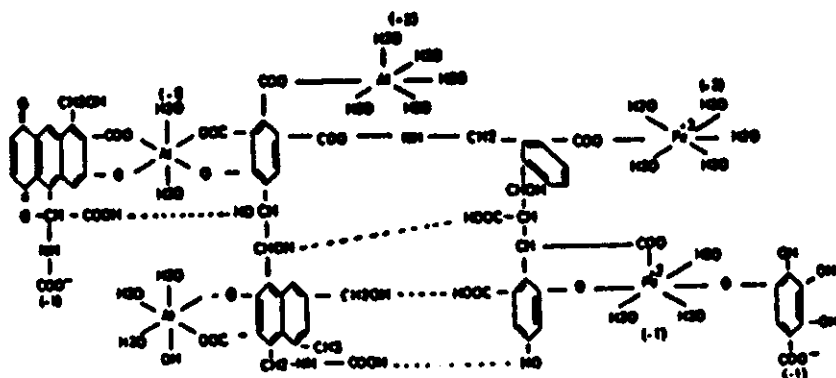
Figuur 28.3. Infrarood spectrum van de zure vorm van humus met een molecuulgewicht van (a) meer en (b) minder dan 100000 (G. Dell 'Agnola et al; J. Soil Sc. 22: 342-349).

28.1.4. Complexen van "humus"stoffen en nutriënten

Hierbij is het vooral belangrijk begrip te krijgen van de binding van een aantal micro-elementen aan organische stoffen in het wortelmilieu. Vraag is dan aan welke groepen gaan ze vastzitten en hoe is de variatie aan molecuulgrootte in het wortelmilieu. Verder hoe is het verschil in gedrag tussen verschillende elementen.

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) nogal belicht. Met behulp van de bindingsconstanten van de complexvorming konden voor het waterig milieu reeds modellen gemaakt worden aan de hand waarvan de beschikbaarheid ingeschat kan worden.

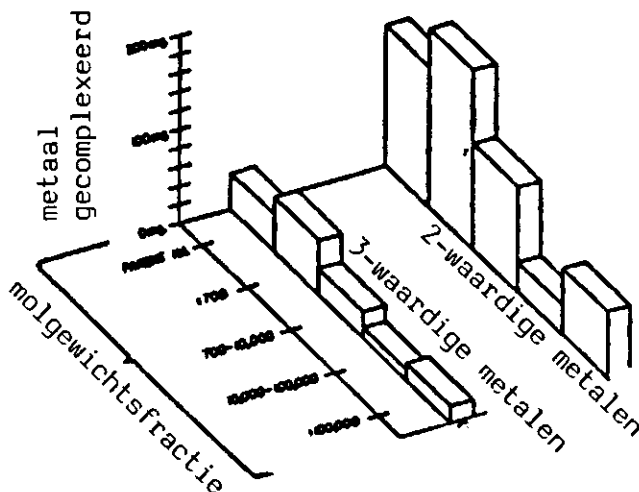
Een voorbeeld van de binding is weergegeven in figuur 28.4. voor Al^{3+} en Fe^{3+} en Fe^{2+} . De carbonzuurgroepen en fenolgroepen spelen een grote rol bij de binding.



Figuur 28.4. Hypothetische structuur voor de binding van 3-waardig Al en 2- en 3-waardig Fe aan "humus" (De Coninck, 1980).

Over de molecuulgrootte van de bindende groepen is door proeven met gelfiltratie over molecuulzeven informatie beschikbaar gekomen. 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 28.5. 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 apolaire aromaten binden. De interpretatie wordt gecompliceerder, omdat ook met hydroxygroepen en chloride complexen gevormd worden, bijvoorbeeld van het type $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$. Voor milieucontaminant cadmium werd naast het Cd-ion ook een neutraal complex in grond gevonden, dat gedeeltelijk organisch zou zijn.

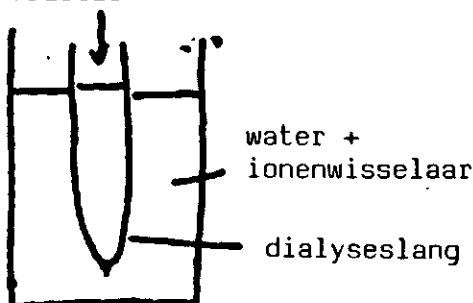


Figuur 28.5. Vergelijking van het metaalbindend vermogen van een aantal mariene humusfracties (M.A. Rashid; Soil Science 111: 298-306).

De bindingsconstante voor het humus-metaal complex. Als de reactie van het metaalion met de humusfractie voorgesteld wordt als:

$a M + L \rightleftharpoons M_a L_b$, waarin M = metaal en L = ligand (humusfractie), dan is de bindingsconstante: $K = \frac{(M_a L_b)}{(M)^a (L)^b}$

ion + humus-
fractie

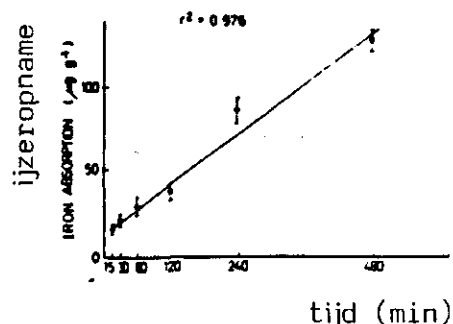
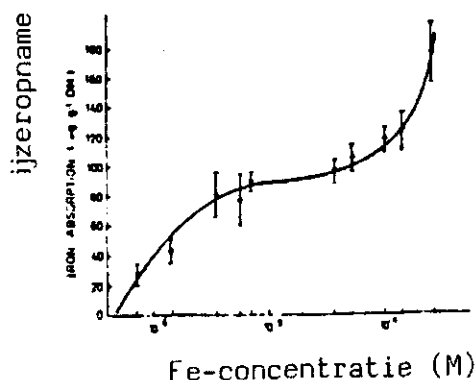


Figuur 28.6. Principe meetopstelling voor de bepaling van de bindingsconstante van een nutriënt en een humusfractie.

De bindingsconstante kan bepaald worden in een opstelling als in figuur 28.6. 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 evenwichtsinstelling uit de concentraties de bindingsconstante voor de fractie berekend worden.

28.2. Opname van de complex gebonden nutriënten

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 afgebromen waarna het driewaardige Fe-ion apart in de plant opgenomen wordt. De kinetiek van de Fe-opname blijkt uit de figuren 28.7a. en 28.7b.



Figuur 28.7a. IJzeropname door afgesneden gerstewortels uit Fe-humaat oplossingen van verschillende concentraties (180 min. bij 25°C).

Figuur 28.7b. Opname van ijzer door afgesneden gerstewortels uit een Fe-humaat oplossing (10⁻⁵M aan Fe) als een functie van de tijd. Temperatuur 20°C.

J.C. Lobartini & G.A. Orioli, Plant & Soil 106: 153-157.

28.3. Wortellexydaten

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 sporelementen 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.

28.4. Conclusies

- In het wortelmilieu van een grondteelt komen 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 zijn langzamerhand 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".

29. VERDAMPING EN WATERVOORZIENING

In de glastuinbouw is de watervoorziening een essentieel onderdeel van de teelt. Het is daarom van groot belang de waterbehoefte van diverse gewassen die onder glas worden geteeld te kennen. De waterbehoefte bestaat uit de hoeveelheid water die nodig is voor de verdamping en voor de vastlegging van water door het gewas ten gevolge van groei.

Als in de grond wordt geteeld treedt er naast verdamping via de plantedelen (transpiratie) ook verdamping via het grondoppervlak (evaporatie) op. Dit is niet het geval als de grond wordt afgedekt. Afhankelijk van het gewas en het seizoen bleek de verdamping via het grondoppervlak te variëren van gering tot meer dan 50% van de verdamping van gewas plus grond samen (evapotranspiratie). Voor een stooktomatenteelt, die liep van januari tot en met juli, werd gevonden dat ruim 10% van de totale verdamping uit verdamping via de grond bestond. De verdamping via de grond was in verhouding 's nachts groter (circa 30%) dan overdag (wat minder dan 10%). De hoeveelheid verdamping via de grond is mede bepalend voor de grootte van de benodigde watergift. Bij de teelt in substraat zal er in het algemeen geen of slechts een geringe verdamping via de mat plaatsvinden.

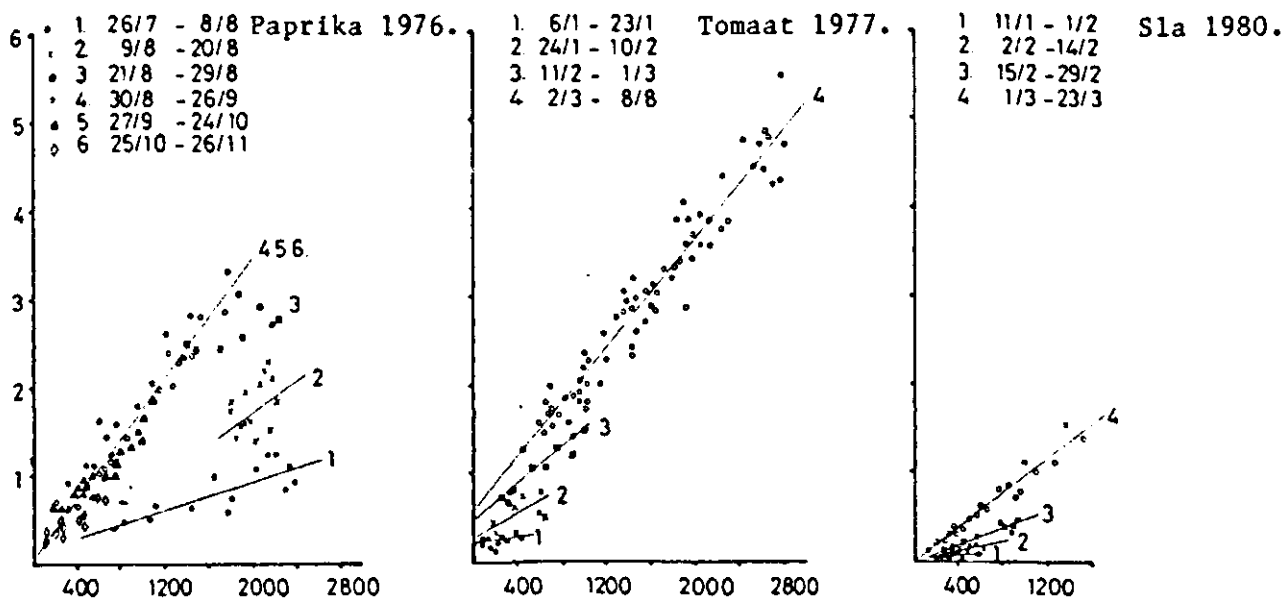
29.1. Verdamping

De verdamping wordt sinds een aantal jaren op het proefstation te Naaldwijk bestudeerd. Dit onderzoek wordt gedaan met zogenaamde lysimeters waarmee de verdamping van dag tot dag kan worden bepaald. Verder worden weegschalen gebruikt waarmee gedetailleerde metingen van de verdamping over korte perioden (tot 10 minuten, zowel overdag als 's nachts) met individuele planten of groepen van enkele planten geteeld in bakken kunnen worden verricht. De gegevens verkregen met lysimeters en weegschalen worden onderling vergeleken en in verband gebracht met een aantal klimaatsfactoren dat van grote invloed is op de verdamping, zoals de globale straling het dampspanningsdeficit tussen blad en kaslucht, CO₂-gehalte en de energie die via stoken in de kas is gebracht. Tot nu toe werden onder andere de volgende resultaten verkregen.

Voor de verdamping geldt dat de variatie in de weersgesteldheid en het ingestelde kasklimaat de voornaamste oorzaken zijn van verschillen in verdamping. Dit geldt zowel voor de verdamping van dag tot dag als over korte perioden. De verdamping van de getoetste gewassen (paprika, tomaat, komkommer, sla, chrysant en aubergine) hing met uitzondering van de wintermaanden, nauw samen met de dag- of 10-minuten-som van de globale straling (figuur 29.1. en 29.2.).

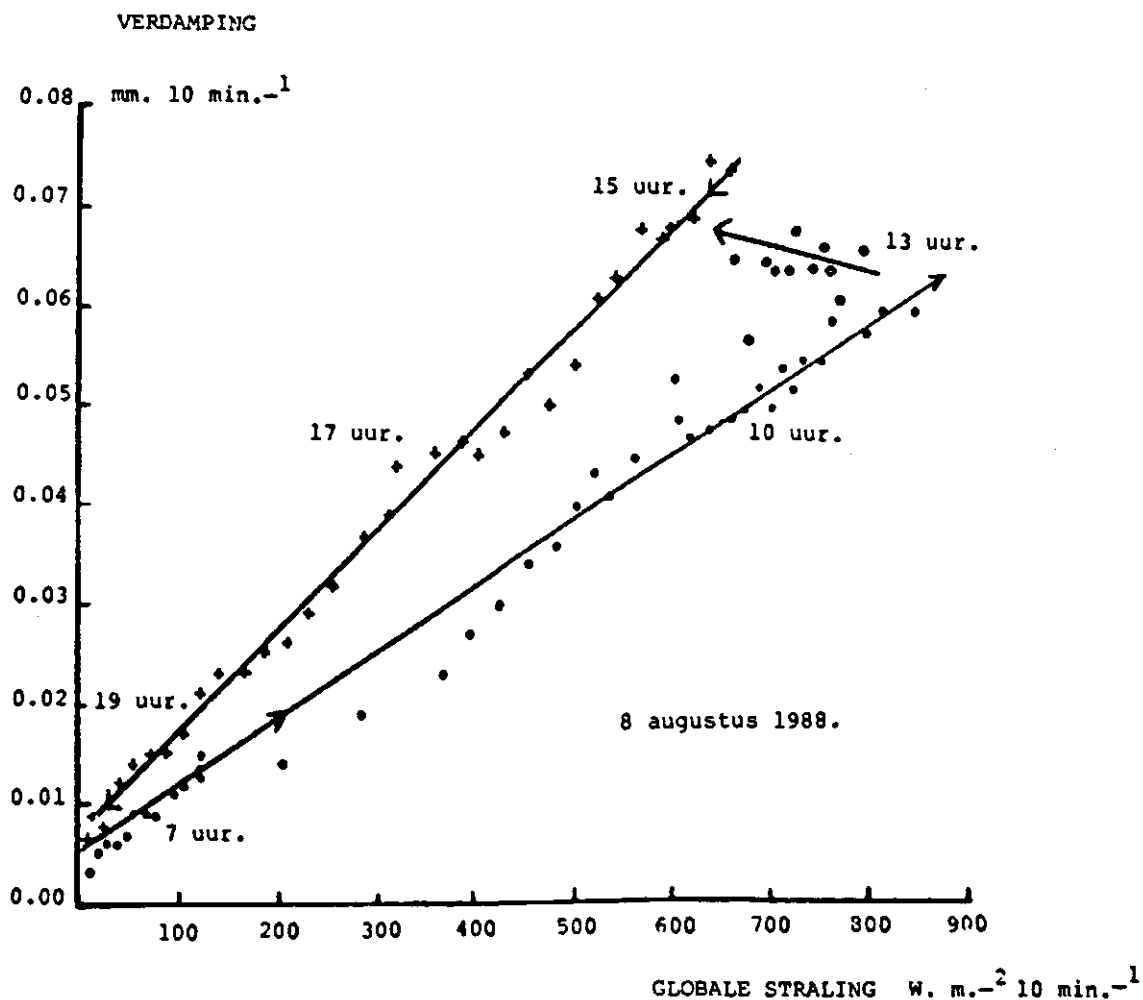
Vergelijking van figuur 29.1. met 29.2. laat zien dat het verband tussen globale straling en verdamping over korte perioden (10 minuten) een ander beeld geeft dan over perioden van 24 uur. In figuur 29.2. is duidelijk zichtbaar dat er twee verschillende verbanden bestaan tussen globale straling en de verdamping. 's Morgens is bij een gegeven hoeveelheid globale straling de verdamping kleiner dan bij eenzelfde hoeveelheid globale straling in de middag (zie 10 uur ten opzichte van 15 uur). De verklaring hiervoor is dat 's morgens bij een bepaalde hoeveelheid straling de kasluchttemperatuur lager is dan 's middags bij eenzelfde hoeveelheid straling.

Verdamping mm dag-1.



Globale straling J. cm-2 dag-1.

Figuur 29.1. Verband tussen de globale straling en de verdamping bij drie gewassen.

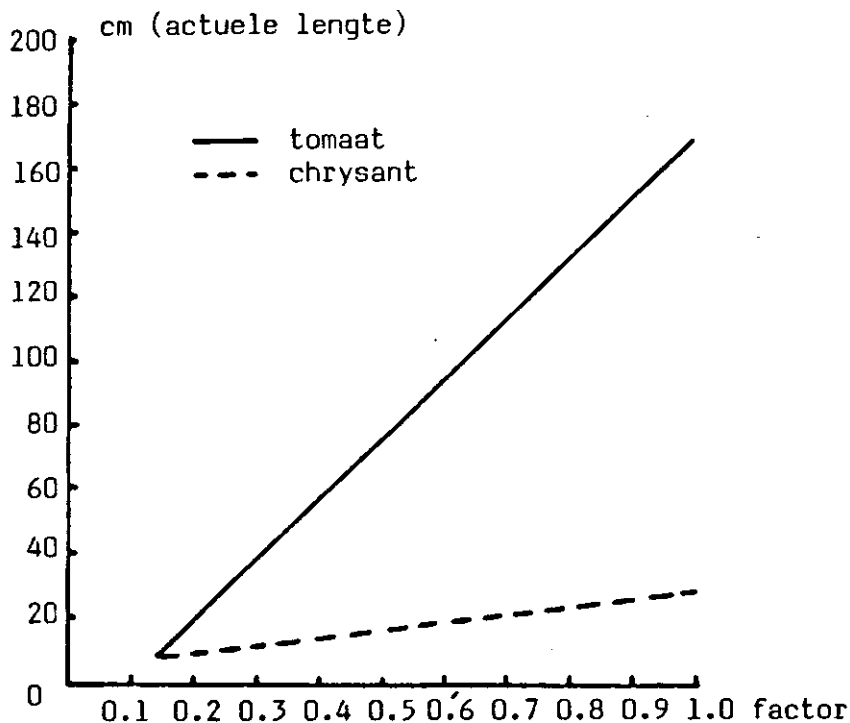


Figuur 29.2. Verband tussen globale straling en verdamping van tomaat.

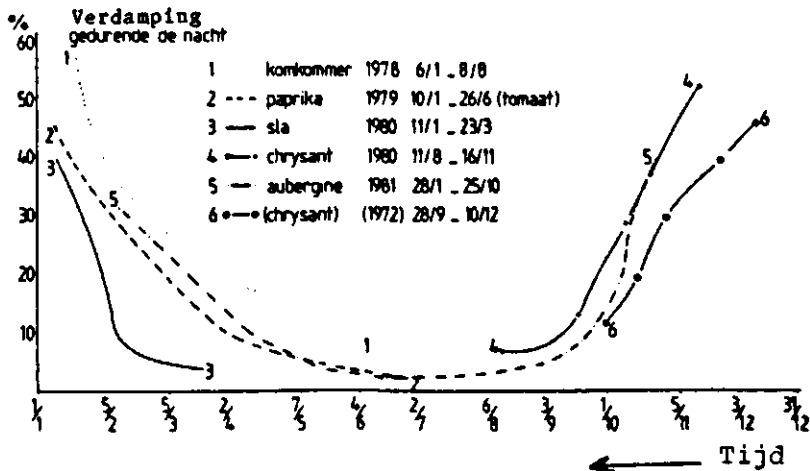
De temperatuurverschillen treden vooral op bij veel straling. De hogere temperatuur 's middags ten op zichte van 's morgens heeft tot gevolg dat 's middags de bladtemperatuur hoger is dan 's morgens. Een hogere bladtemperatuur resulteert in een hogere dampspanning in het blad. Het gevolg hiervan is een groter dampspanningsdeficit tussen blad en kaslucht, wat weer leidt tot een verhoging van de verdamping. Een en ander houdt in dat het regelen van de watergift op basis van alleen de globale straling, voor korte perioden op zonnige dagen, tot vrij grote onnauwkeurigheden leidt. In die gevallen zal tevens rekening moeten worden gehouden met het temperatuur-effect.

Voor dagperioden geldt dit probleem niet, omdat hierbij van de totale verdamping en totale globale straling per dag wordt uitgegaan. Een theoretisch betere werkwijze zou zijn om uit te gaan van de relatie dampspanningsdeficit/verdamping. Een probleem hierbij is echter dat een goede meting van de luchtvochtigheid niet eenvoudig is en het meten van de (juiste) bladtemperatuur praktisch nog niet mogelijk is.

Voor enkele gewassen kon de plantgrootte (lengte of oppervlakte) worden bepaald, waarbij een toestand van maximale bodembedekking en stralingsinterceptie werd bereikt (figuur 29.3.). Uit de waarnemingen bleek dat de verdamping tijdens de nacht zowel absoluut als relatief bijzonder groot kan zijn. In de zomermaanden vond circa 5-8% van de totale verdamping gedurende de nacht plaats. In perioden met lange nachten en veel stoken kon dit percentage oplopen tot meer dan 50%. Een overzicht van het verloop van de verdamping van een aantal gewassen gedurende de nacht in procenten van de totale verdamping per etmaal geeft figuur 29.4.

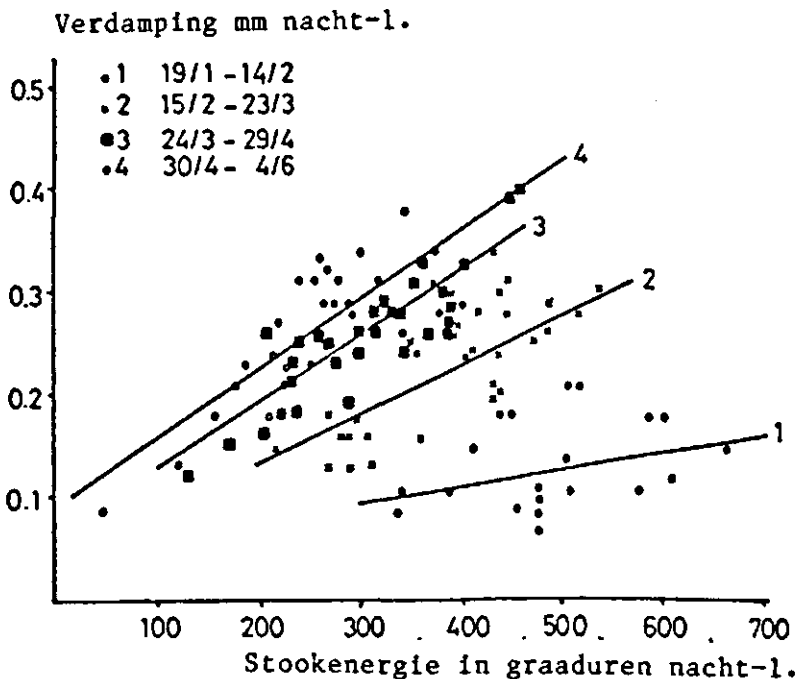


Figuur 29.3. Verband tussen de plantlengte en de verhouding tussen de transpiratie van een onvolgroeide plant en een volgroeide plant (factor = actuele lengte/lengte volgroeide plant).



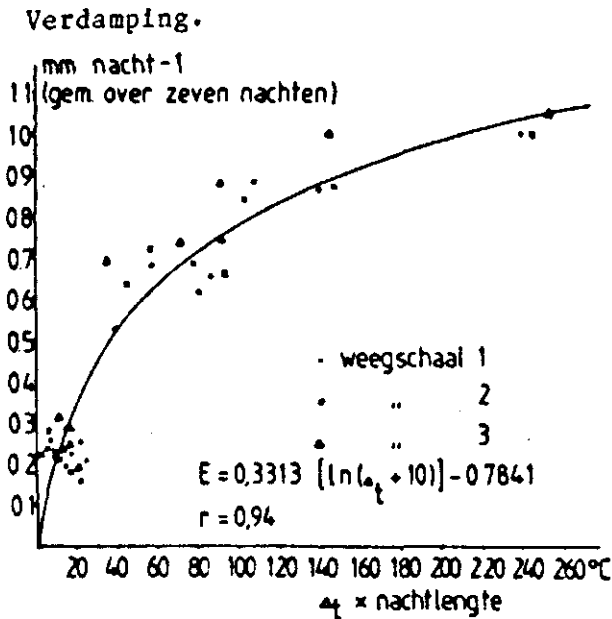
Figuur 29.4. Verloop van de verdamping van onder glas geteelde gewassen gedurende de nacht in procenten van de verdamping per etmaal.

De invloed van stoken op de verdamping kan, vooral als er flink wordt gestookt, bijzonder groot zijn. De invloed van de stookenergie is in de wintermaanden zelfs vaak groter dan de invloed van de globale straling. Ook gedurende de nacht werd er ten gevolge van stoken een vrij grote verdamping gemeten, vooral bij komkommer en chrysant met een in verhouding hoog stookniveau. Voor volgroeide komkommerplanten werd, wat de nacht betreft, gedurende de winter- en voorjaarsmaanden een betrouwbaar lineair verband gevonden tussen de verdamping en de met stoken in de kas gebrachte hoeveelheid energie (figuur 29.5.). Als maat voor de hoeveelheid in de kas gebrachte energie werden 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 29.5. Verband tussen de verdamping van komkommerplanten gedurende de nacht en de stookenergie.

Voor herfstchrysanten werd gedurende de nacht een kromlijng verband tussen de temperatuur binnen de kas min temperatuur buiten vermenigvuldigd met de nachtlengte en de transpiratie gevonden (figuur 29.6.). Vergelijking van chrysant met komkommer is niet goed mogelijk, omdat de komkommerplanten in de bakken op de weegschalen niet optimaal groeiden en hierdoor in transpiratie achterbleven. De invloed van stoken op de verdamping wordt voorts beïnvloed door buisligging en hoeveelheid bladmassa.



Figuur 29.6. Verband tussen de $\Delta t \times \text{nachtlengte}$ (temperatuur binnen min temperatuur buiten vermenigvuldigd met de nachtlengte) en de verdamping van chrysant gedurende de nacht, 1980.

29.2. Watergift

Uitgaande van bovengenoemde onderzoekresultaten kunnen we vrij goed de verdamping berekenen van onder glas geteelde gewassen. Bij het bepalen van de grootte van de watergift moet 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 en 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 watergeven. 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% 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. De bufferende werking van het substraat is echter vrij gering en een te kleine of te late watergift zal direct merkbaar zijn om tot goede teeltresultaten te kunnen komen. Een zekere hoeveelheid water doorspoelen (30-40%) tijdens de teelt is bij substraatteelten in de praktijk gebruikelijk. In de nabije toekomst moet echter naar een hergebruik van water worden gestreefd (recirculatie).

29.3. Berekening van de grootte van de waterbehoefte

De verdamping kan vrij goed worden berekend. De watergift kan echter, zeker bij teelten in de grond, van bedrijf tot bedrijf sterk uiteenlopen. Toch 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.

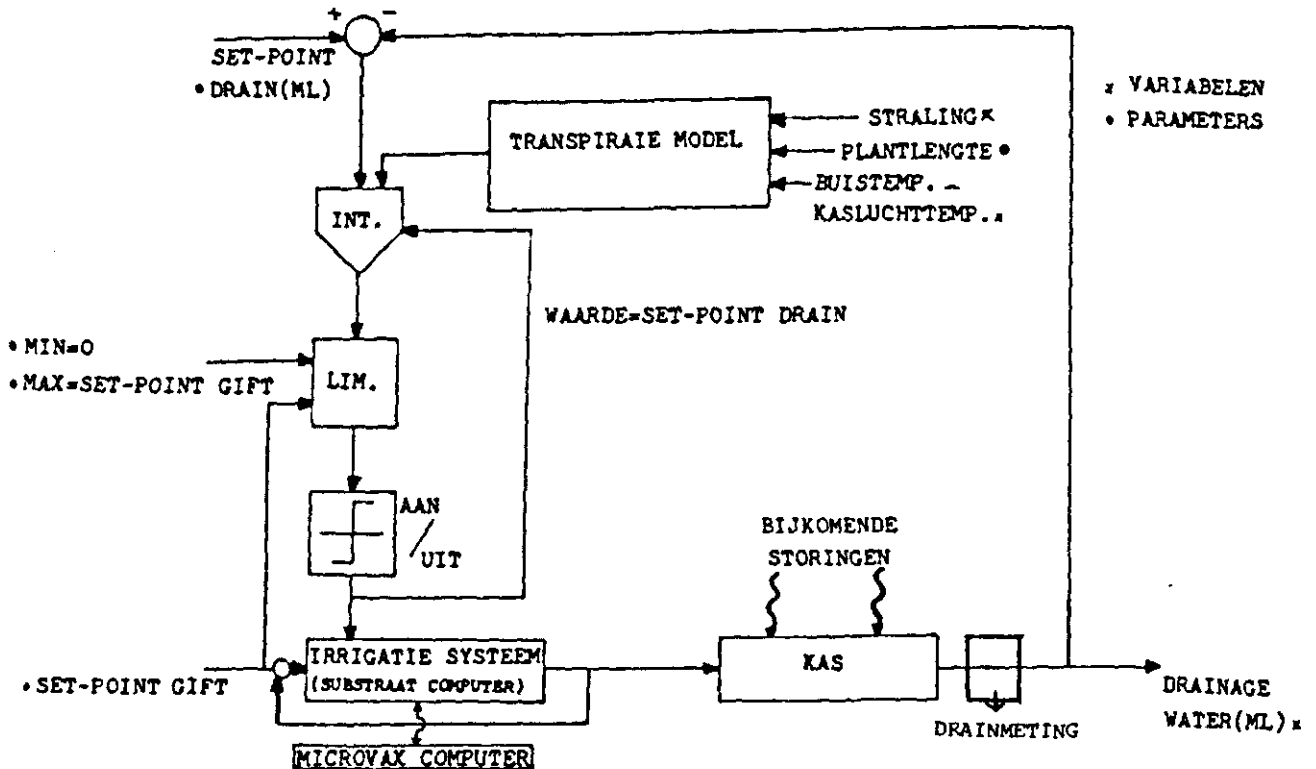
Voor teelten op substraat, waarbij voor korte perioden water wordt gegeven, is het goed mogelijk om de watergift te automatiseren. Automatisering is mogelijk met behulp van meer of minder geavanceerde startbakken (zie hoofdstuk 30) of een watergeefrekenmodel.

29.4. 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 mei 1989 maakten 50-100 bedrijven gebruik van een dergelijk systeem.

Essentieel bij een watergeefrekenmodel 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 praktisch plaats

door de pauzetijs, 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. Dit is namelijk geen eenvoudige zaak. Bovendien kan de verdamping van planten binnen een kas, zelfs over korte afstanden, sterk variëren (30-40%). Een schematisch overzicht van het watergeefrekenmodel ontwikkeld door het proefstation te Naaldwijk is weergegeven in figuur 29.7. Een transpiratiemodel vormt hier een onderdeel van (figuur 29.8).



Figuur 29.7. Overzicht watergeefrekenmodel.

"SIMPEL" TRANSPIRATIEMODEL NAALDWIJK VOOR TOMAAT

$$Tr = (a \times R_{bu} + b \times Gr_{min}) \times c$$

Tr - Transpiratie in mm

R_{bu} - Globale straling buiten

a - 1,78 x 10⁻³ (tomaat)

Gr_{min} - Graad-minuut (een graad-minuut is het verschil tussen buistemperatuur en kasluchttemperatuur van een graad gedurende een minuut)

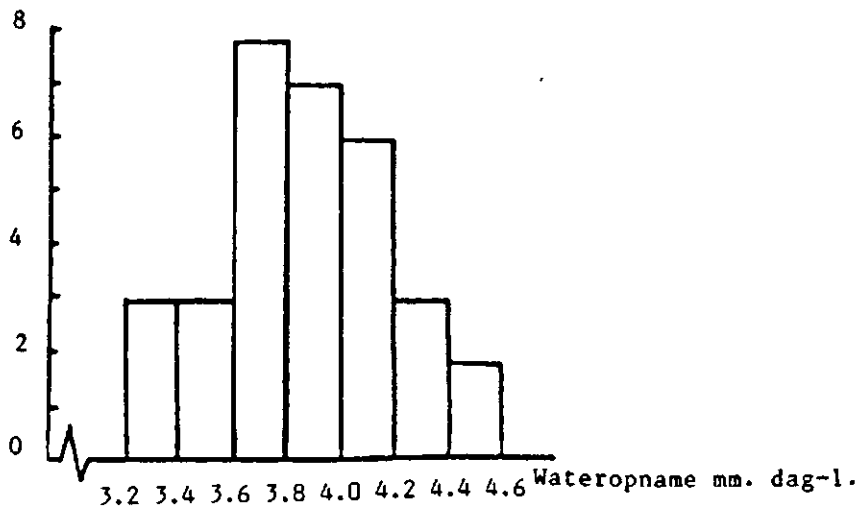
b - 0,22 x 10⁻⁴ (tomaat)

c - Plantgrootte factor - actuele lengte/langte van een volgroeide plant

Figuur 29.8. Transpiratiemodel voor tomaat. Voor andere gewassen kunnen a, b en c andere waarden hebben.

Het gebruikte transpiratiemodel is een "simpel" model, waarbij gebruik wordt gemaakt van ook in de praktijk gemakkelijk te meten factoren (globale straling, kasluchttemperatuur, buistemperatuur en de plantlengte). Eén en ander is weergegeven in figuur 29.8. Indien andere nauwkeurigere 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 29.9.).

Aantal meetplaten



Figuur 29.9. 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:

Gift = transpiratiedeel + drainagedeel + 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

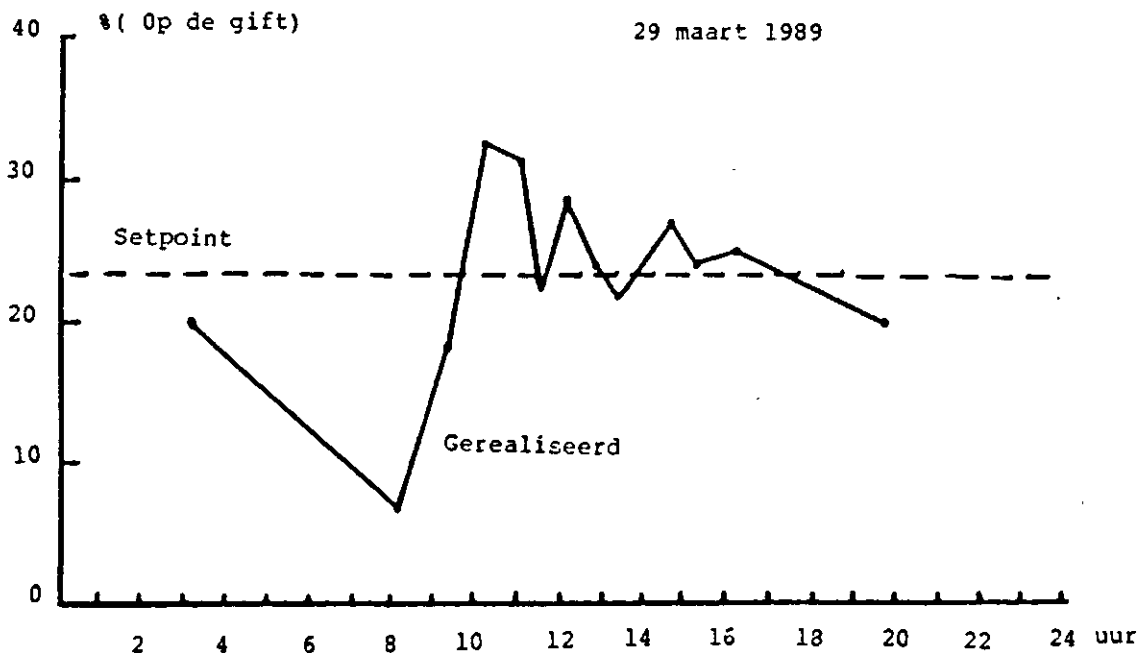
Drainagedeel = Een variabele berekende hoeveelheid drainwater.

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 het 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 watergeefrekenmodel. Figuur 29.10. geeft een voorbeeld 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.



Figuur 29.10. 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.

30. WATERHUISHOUDING BIJ TEELT OP SUBSTRAAT

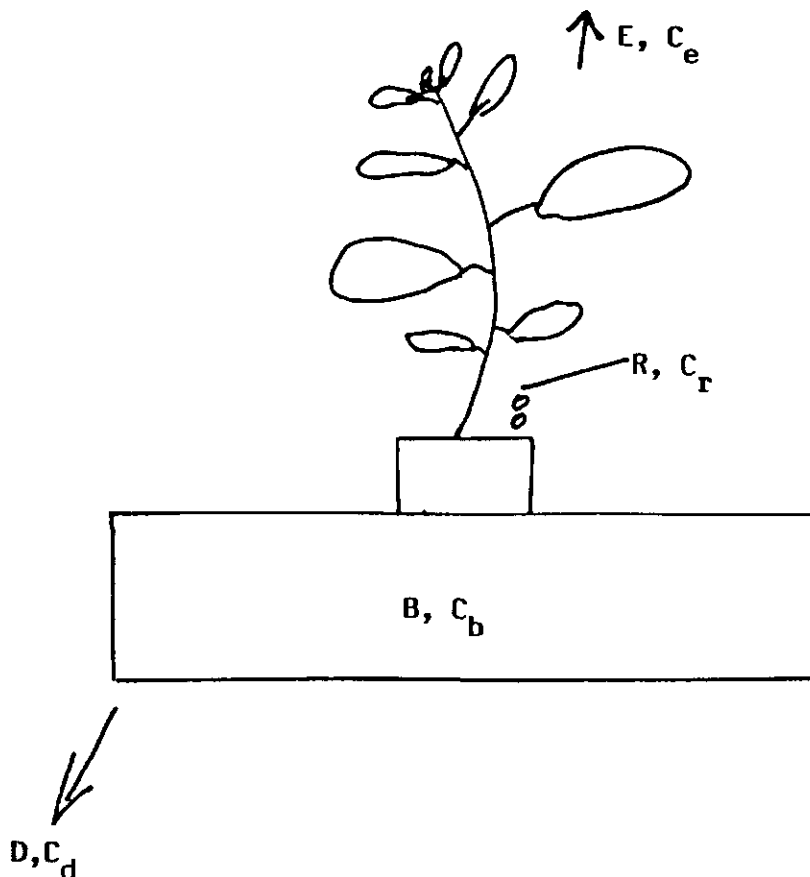
Bij teelt op substraat zijn enkele systemen van watervoorziening te onderscheiden.

- Drainagesysteem met vrije drainage;
- Drainagesysteem met hergebruik van drainwater;
- Voedingsfilm met recirculatie.

30.1. 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 overgedoseerd. Hiertoe worden openingen gemaakt in het plasticfolie of aan het eind van de goten, waardoor het overtollige drainwater kan weglopen.

De waterhuishouding van het drainagesysteem kan worden geschematiseerd zoals in figuur 30.1. is weergegeven.



Figuur 30.1. De waterhuishouding en de concentraties in de waterstromen geschematiseerd.

Deze figuur 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:

$$R = E + D \quad (1)$$

$$\text{en } R \times C_r = (E \times C_e) + (D \times C_d) \quad (2)$$

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;

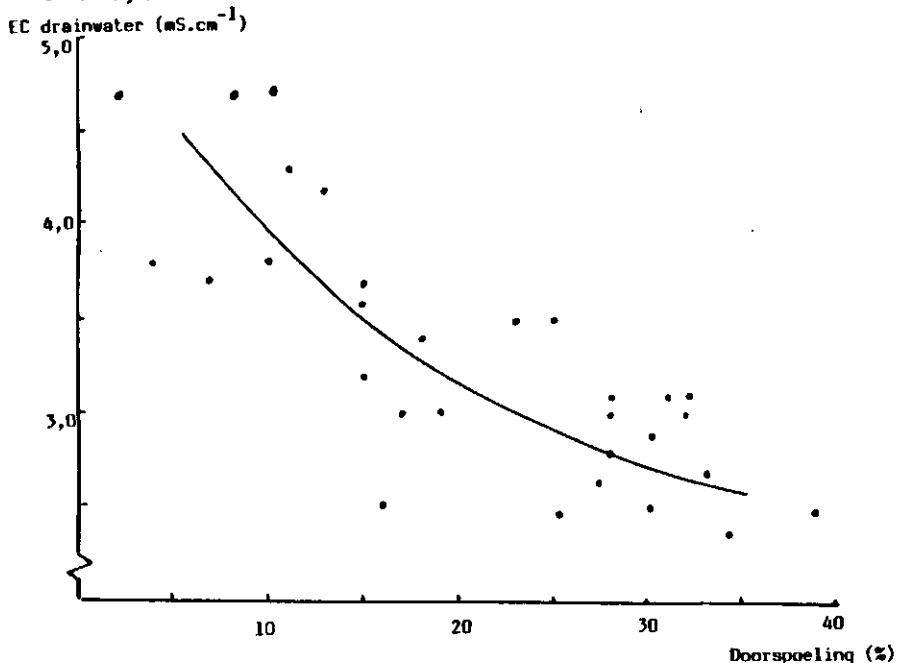
E en C_e = de wateropname door het gewas en de concentratie in de opnamestroom;

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 29.9) en de concentratie aan voedingszouten in de opnamestroom blijkt sterk afhankelijk te zijn van de instraling (zie figuur 24.2.).

In de praktijk hebben bovenstaande formules de volgende betekenis:

- De watergift moet worden aangepast aan opnamesnelheid (zie hoofdstuk 29).
- De hoeveelheid drainwater uitgedrukt als percentage van de gift (zie paragraaf 30.4.) 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 30.2.).



Figuur 30.2. Verband tussen de EC in het drainwater en het doorspoelpercentage. 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 $2,0 \text{ mS.cm}^{-1}$.

30.2. Waterberging bij de plant

Bij een rijenteelt op steenwol bevindt zich doorgaans ongeveer 10 liter steenwol per m² (100 m³ 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 m². 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.

30.2.1. Vochtigheid steenwolmat

De vochtigheid van de steenwolmat heeft twee aspecten:

- De watervoorziening van de planten.
- De luchtvoorziening bij de wortels.

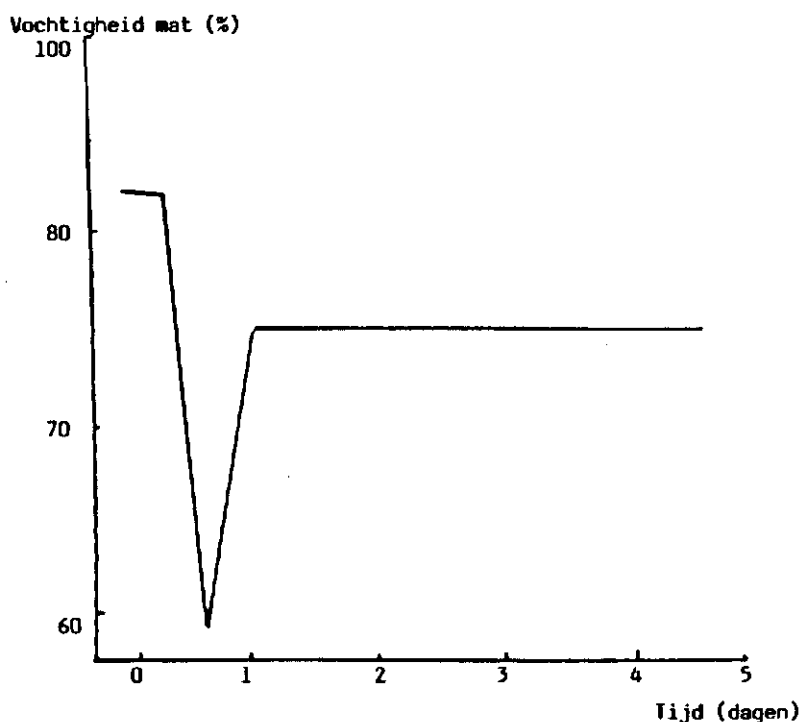
Bij de teelt in steenwol kan de plant ook bij lage vochtgehalten over voldoende water beschikken, omdat bij een laag vochtgehalte de vochtspanning nog laag is (zie figuur 18.4.). Niet de vochtspanning maar het oplopen van de EC bij indroging van de mat is limiterend voor de mate van indroging van de 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.

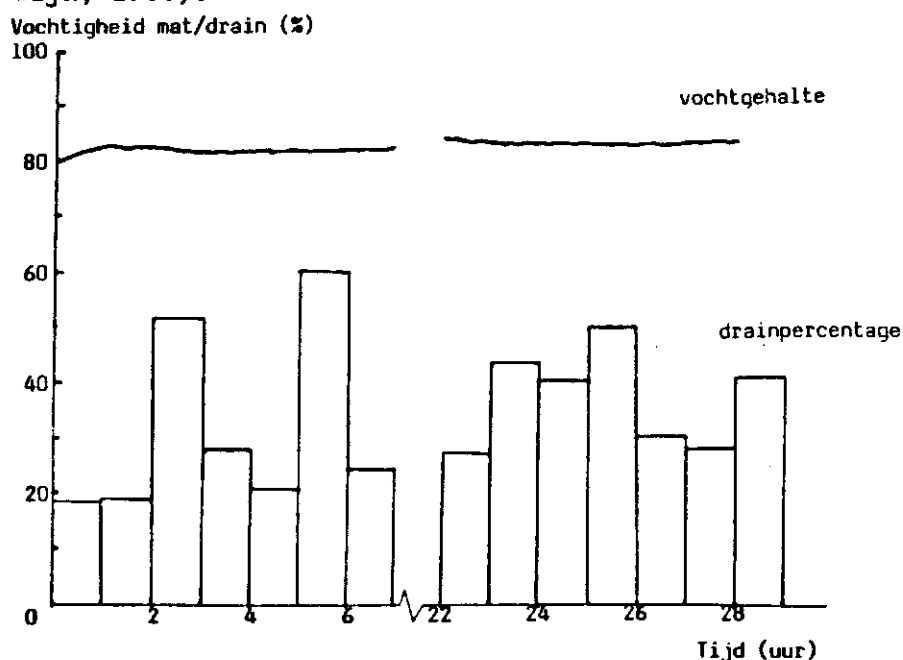
Een beperkte mogelijkheid voor het verlagen van de vochtigheid van de steenwolmat is het tijdelijk geen watergeven, bijvoorbeeld 's nachts of op een donkere dag. Daarna moet alleen de gewasverdamping worden aangevuld. Bedacht moet worden dat wanneer men de vochtigheid in de steenwolmat eenmaal heeft 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 30.3.).

Drainage treedt pas op bij een bepaald vochtigheidsniveau van de mat. Is dit niveau eenmaal bereikt, dan neemt de mat nagenoeg geen water meer op. Uit figuur 30.3. blijkt verder dat de mat niet meer zo nat wordt als voor het indrogen.

In de praktijk wordt wel beweerd dat naarmate meer wordt doorgespoeld de mat natter wordt. Uit figuur 30.4. blijkt echter dat het drainpercentage nagenoeg geen invloed heeft op het vochtgehalte van de mat.



Figuur 30.3. Het verloop van de vochtigheid van een steenwolmat, bepaald via weging. Na een periode van indroging (door verdamping van een komkommengewas) werd intensief watergegeven (Proefstation Naaldwijk, 1986).



Figuur 30.4. De invloed van het percentage drainwater op de vochtigheid van de steenwolmat (proef Grodan, 1987).

30.2.2. Groei beheersen

Bij een vroege stookteelt wordt getracht de groei van jonge tomatenplanten 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.

30.2.3. 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.
- Plugmethode. Uit een steenwolmat wordt met behulp van een cilindervormige boor een steenwolplug verwijderd. Bij een meting wordt de steenwolplug, na in water te zijn gedompeld, terug in de mat geplaatst. Door weging van de plug kan het vochtgehalte worden bepaald (proef Proefstation Naaldwijk).
- Capacitatieve methode. Tussen twee elektrisch geladen platen geplaatst in een steenwolmat wordt de sterkte van het elektrische veld gemeten. Verandering van het vochtgehalte in de mat geeft verandering van de sterkte van het elektrische veld (ontwikkeld door TFDL, Wageningen).

De twee laatste systemen worden nog op hun betrouwbaarheid getoetst.

30.3. Watervoorziening

Bij teelt op steenwol met een drainagesysteem vindt de watervoorziening doorgaans via druppelaars plaats. (De technische aspecten zijn uitvoerig beschreven in de informatiereeks no. 86). 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 30.1. toont de resultaten van een proef met gietfrequenties in een herfstteelt in 1988. Uit de resultaten van 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 30.1. De resultaten van een onderzoek naar gietfrequentie 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	ml per gietbeurt	Produktie (kg.m ⁻²)		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 de vraag 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 m² geoogst. De verschillen tussen de behandelingen bedroegen toen maximaal 0,2 kg per m² (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.

30.3.1. 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 m² per uur (zie figuur 29.9.). Wanneer men ervan uitgaat dat continu een drainpercentage van circa 30% moet worden gehaald, moet de druppelinstallatie een capaciteit van 1,0 liter per m² bedrijfsoppervlak per uur hebben. Als men op het midden van de dag echter een lager drainpercentage accepteert, wat geen bezwaar behoeft te zijn, kan met een kleinere capaciteit worden volstaan. Om toch op een gemiddeld drainpercentage van circa 30% uit te komen kan later op de dag extra water worden gegeven.

30.3.2. 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 labyrinth- 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 30.2.

Tabel 30.2. 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 labyrinthdruppelaars. De gelijkmatigheid in druppelafgifte blijkt van bedrijf tot bedrijf en in de loop van de tijd sterk te verschillen (zie tabel 30.3.).

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. Het reinigen van druppelaars is beschreven in de brochure 86.

Om tijdig verstopping van het druppelsysteem te onderkennen dient regelmatig (1x per maand) de vc in een steekproef van circa 30 druppelaars te worden nagegaan. Ook door het registreren van het debiet per kraanvak en 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.

Tabel 30.3. 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	-

30.4. 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⁻¹. 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 30.4.). Ondanks de vrij extreme behandelingsniveaus werd geen betrouwbaar effect op de produktie waargenomen.

Tabel 30.4. Resultaten van een onderzoek naar het doorspoelpercentage bij een komkommerteelt in steenwol (Venlo, 1986).

	16 mei	6 juni	27 juni
20% drain	2,6	7,4	12,0
60% drain	2,6	7,0	11,4

30.4.1. 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 (zie brochure 86). 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.

30.5. 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 ($2,0-2,5 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$) 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.

30.6. 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. Verder treden er tijdens de teelt nogal eens problemen met het wortelstelsel op. Dit systeem wordt 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 echter een veelvoud van de wateropname door het gewas. Ontsmetting van dergelijke hoeveelheden is te kostbaar.