

1 SN =

EIGKOD = 2514 + 3314 : 53

UCC =

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Magnesiumgebrek bij tomaat

Y.W. Aalbersberg

Naaldwijk, oktober 1984

Intern verslagno. 46

224 3699

1. Doel	1
2. Proefopzet	1
3. Water en bemesting	1
3.1 Samenstelling voedingsoplossing	1
3.2 Water en toegediende voeding	2
3.3 Samenstelling retourwater	4
3.4 EC en pH van de voedingsoplossingen	7
4. Gebreksziekte	9
4.1 IJzergebrek	9
4.2 Magnesiumgebrek	9
5. Opbrengsten	11
6. Kwaliteit	14
7. Gewasanalyses	16
8. Samenvatting en conclusies	27
Literatuur	28

1. Doel

In dit onderzoek is nagegaan wat de invloed van de kationenverhouding in de voedingsoplossing is op het optreden van magnesiumgebrek bij tomaat.

2. Proefopzet

In de proef werden vijf behandelingen in viervoud opgenomen. De volgende concentraties werden toegediend (zie tabel 1).

Tabel 1. Kationenverhoudingen in de vijf verschillende voedingsoplossingen (mmol.l^{-1})

Behandeling	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
1	0,5	9,0	2,5	1,0
2	0,5	7,0	3,5	1,0
3	0,5	5,0	4,5	1,0
4	0,5	7,3	3,65	0,7
5	0,5	6,7	3,35	1,3

Verder werd er gebruik gemaakt van de standaardvoedingsoplossing voor tomaat in recirculatie, schema Ao.o.o. In bovenstaande tabel is behandeling 2 de standaard voedingsoplossing. In de proefopzet kunnen twee reeksen van drie behandelingen worden gemaakt, waarvan de ene een toenemend kali- bij een afnemend calciumgehalte vertoont en de andere een toenemend magnesiumgehalte.

De tomaten werden geteeld in een recirculatiesysteem, op een steenwolstrook van $15 \times 7,5$ cm. Het ras is Abunda.

3. Water en bemesting

3.1 Samenstelling voedingsoplossing

Er werd gestart met de standaardvoedingsoplossing voor tomaat in recirculatie. Omdat in augustus het ijzergehalte en het sulfaatgehalte in het recirculerende water hoog werd, is op 25 augustus de geconcentreerde moederoplossing aangevuld met een oplossing waarin geen ijzer zat en die verdund $0,75 \text{ mmol.l}^{-1}$ zwavelzure kali minder en $1,50 \text{ mmol.l}^{-1}$ kalisalpeter meer bevatte. Met de zo verkregen oplossing is gedurende de rest van de proef gewerkt. Zink was aanvankelijk voldoende in het gietwater aanwezig. Door weinig regenval werd in augustus veel gebruik gemaakt van osmosewater, waardoor het zinkgehalte in de recirculerende voedingsoplossing daalde. In die periode werd enige malen zink gedoseerd. De hoeveelheden staan vermeld in tabel 2.

Tabel 2. Toegevoegde hoeveelheden zink (umol) per behandeling

Behandeling	ZnSO ₄
1	247
2	234
3	221
4	208
5	221

De samenstelling van de tweehonderd maal geconcentreerde moederoplossingen is opgenomen in bijlage 2.

3.2 Water en toegediende voeding

Het waterverbruik is opgenomen in tabel 3.

Tabel 3. Waterverbruik in $l \cdot m^{-2} \cdot dag^{-1}$

Behandeling	Periode		
	15-7 t/m 30-9	1-10 t/m 21-11	gemiddeld
1	2,14	1,07	1,71
2	2,07	1,37	1,79
3	1,89	0,82	1,46
4	1,84	0,46	1,29
5	1,89	0,66	1,40

Het waterverbruik van behandeling 4 blijft in de tweede periode wat achter. Ook de behandelingen 3 en 5 wijken wat af van de standaard voedingsoplossing (behandeling 2).

Het mestverbruik treft u aan in tabel 4.

Tabel 4. Mestverbruik A + B (200x geconcentreerd) in ml.m⁻².dag⁻¹

Behandeling	Periode		
	15-7 t/m 30-9	1-10 t/m 21-1	gemiddeld
1	9,48	3,49	7,09
2	8,96	4,74	7,27
3	8,15	2,87	6,04
4	7,60	1,39	5,11
5	8,07	1,99	5,64

Het mestverbruik van de behandeling met een laag magnesiumgehalte is laag. Ook het mestverbruik van de behandelingen 3 en 5 is wat lager als dat van de standaard voedingsoplossing.

De verdunning van de mest per behandeling is weergegeven in tabel 5.

Tabel 5. Verhouding l.water/l. A + B

Behandeling	Periode		
	15-7 t/m 30-9	1-10 t/m 21-1	gemiddeld
1	226	307	241
2	231	289	246
3	232	286	242
4	242	331	252
5	234	332	248

Grote verschillen komen hier niet naar voren. Wel zijn in de tweede periode de verdunningen bij de behandelingen 1, 4 en 5 wat groter.

Aan de voedingsoplossing is, om de pH te regelen, zowel salpeterzuur als landbouwpoederkalk en kalibicarbonaat toegevoegd. In tabel 6 zijn de gegevens betreffende het salpeterzuur opgenomen.

Tabel 6. Verbruikt salpeterzuur in mmol per liter verbruikt water

Behandeling	Periode		
	15-7 t/m 30-9	1-10 t/m 21-11	gemiddeld
1	0,69	-	0,52
2	0,56	-	0,39
3	0,45	-	0,35
4	0,52	0,23	0,48
5	0,54	0,27	0,49

Bij een afnemende calciumtoediening in de voedingsoplossing neemt het zuurverbruik toe. Het zuurverbruik van zowel de behandeling met relatief veel als die met relatief weinig magnesium, ligt in de tweede periode hoger als dat van de standaard voedingsoplossing. De verbruikte hoeveelheden landbouwpoederkalk en kalibicarbonaat treft u aan in tabel 7.

Tabel 7. Verbruikte hoeveelheden $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en KHCO_3 in mmol per liter verbruikt water

Behandeling	$\text{Ca}(\text{OH})_2$			KHCO_3
	15-7 t/m 30-9	1-10 t/m 21-11	gemiddeld	gemiddeld
1	0,045	-	0,034	-
2	0,062	0,140	0,086	-
3	0,136	0,204	0,151	0,024
4	0,078	0,362	0,119	-
5	0,025	-	0,020	-

Er is meer landbouwpoederkalk toegediend naarmate de calciumtoediening in de voedingsoplossing groter was. Bij een afnemende magnesiumtoediening neemt het verbruik van landbouwpoederkalk eveneens toe. Overigens was de toediening van deze pH-regulatoren niet alleen afhankelijk van de activiteiten van de planten. In de voorraadbak had, vooral in september, de pH nogal eens de neiging te dalen. Dit was vermoedelijk een gevolg van bacteriegroei.

3.3 Samenstelling retourwater

Gedurende de proef is de steenwolmat 7 maal bemonsterd. De gemiddelde analyseresultaten zijn weergegeven in tabel 8.

Tabel 8. Gemiddelde analyseresultaten van monsters uit de steenwolmat.
 a.: 15-7 t/m 30-9; b.: 1-10 t/m 21-11. Concentraties in
 mmol.l⁻¹ (hoofdelementen) en umol.l⁻¹ (spore elementen)

Bepaling	Behandeling									
	1		2		3		4		5	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
NH ₄ ⁺	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
K ⁺	9,6	8,6	5,7	5,1	2,2	0,3	7,4	1,2	5,1	0,3
Na ⁺	1,4	1,5	1,5	1,1	1,3	1,2	1,9	2,2	1,6	1,9
Ca ²⁺	3,1	3,6	5,4	5,6	8,3	10,2	7,2	10,0	5,9	8,9
Mg ²⁺	1,3	2,0	1,9	2,1	2,4	2,6	1,8	2,3	2,6	5,0
NO ₃ ⁻	11,8	16,9	13,1	17,0	13,9	19,7	14,5	19,1	13,4	20,9
Cl ⁻	0,6	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1
SO ₄ ²⁻	3,3	2,1	3,5	2,0	3,7	3,5	4,8	4,1	4,3	4,5
HCO ₃ ⁻	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
P	1,0	1,0	1,0	1,4	1,2	1,0	1,0	0,9	1,2	0,8
EC	2,4	2,6	2,5	2,5	2,5	2,8	2,9	2,8	2,8	3,0
pH	6,1	5,7	5,8	5,3	5,5	5,6	5,8	5,8	5,8	5,7
Fe	55	13	69	15	73	47	91	95	88	92
Mn	4,5	2,6	6,3	4,3	9,7	6,3	6,5	3,0	6,7	3,1
Zn	5,2	5,3	5,3	4,2	5,8	7,6	5,0	9,0	3,8	9,5
B	51	61	55	52	55	62	60	84	59	86
Cu	0,6	0,9	1,0	1,0	1,5	1,8	1,2	1,5	0,9	1,6

In de reeks waarbij de toegediende concentratie kalium afneemt, blijkt dat in de mat het kaligehalte afneemt, terwijl de calcium- en magnesiumconcentratie toenemen. In de eerste periode neemt het ijzergehalte toe bij een afnemende kaliumconcentratie. In de tweede periode is alleen de derde behandeling, die met de hoogste calciumtoediening, beduidend hoger. Ook het mangaan- en het kopergehalte nemen toe bij een toenemende calciumconcentratie.

In de reeks met een toenemend magnesiumgehalte is in de eerste periode bij een hoger magnesiumgehalte in de voedingsoplossing een afnemend kalk- en kopergehalte waar te nemen. Het magnesiumgehalte neemt toe, waarbij het verschil tussen de behandeling met een lage magnesiumtoediening en de standaard voedingsoplossing gering zijn. Opmerkelijk is het lage magnesiumgehalte van behandeling 1. Het calciumgehalte is wat hoger bij de laagste magnesiumtoediening. In de tweede periode is het kaligehalte het hoogst bij de standaard voedingsoplossing. Het magnesiumgehalte van deze behandeling is lager dan dat van de behandeling waarbij een lage magnesiumconcentratie werd toegediend. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de hogere EC in deze laatste oplossing. Op basis van dezelfde EC zijn de gehalten in beide oplossingen gelijk.

De behandeling met een grote magnesiumtoediening heeft wel een hoger magnesiumgehalte in de recirculerende oplossing. De gehalten koper, borium, zink, ijzer en calcium zijn lager in de behandeling met de standaard voedingsoplossing als de reeks met oplopend magnesium wordt vergeleken. De ionensommen staan vermeld in tabel 9.

Tabel 9. Ionensommen (m.e.)

Behandeling	Ionensom	
	15-7 t/m 30-9	1-10 t/m 21-11
1	40,0	43,7
2	43,5	44,4
3	47,9	55,2
4	53,0	56,6
5	47,5	61,1

Gedurende de hele teelt is de ionensom van behandeling 4 wat hoog. In de 2^e periode wordt de ionensom van behandeling 5 ook wat hoger. De ionensommen stemmen goed overeen met de gemiddelde EC-waarden in de recirculerende voedingsoplossing.

In tabel 10 zijn de gehalten van de ionen uitgedrukt in een percentage van de ionensom weergegeven.

Tabel 10. Gehaltes van de ionen in percentages van de ionensom
a = 15-7 t/m 30-9; b = 1-10 t/m 21-11

Bepaling	1		2		3		4		5	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
NH ₄ ⁺	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
K ⁺	24,0	19,7	13,1	11,5	4,6	5,4	14,0	2,1	10,7	0,5
Na ⁺	3,5	3,4	3,4	2,5	2,7	2,2	3,6	3,9	3,4	3,1
Ca ²⁺	15,5	16,5	24,8	25,2	34,7	37,0	27,2	35,3	24,8	29,1
Mg ²⁺	6,5	9,2	8,7	9,5	10,0	9,4	6,8	8,1	10,9	16,4
NO ₃ ⁻	29,5	38,7	30,1	38,3	39,0	35,7	27,4	33,7	28,2	34,2
Cl ⁻	1,5	0,2	0,9	0,2	0,6	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2
SO ₄ ²⁻	16,5	9,6	16,1	9,0	15,4	12,7	18,1	14,5	18,1	14,7
HCO ₃ ⁻	0,3	0,2	0,2	0,5	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,3
P	2,5	2,3	2,3	3,2	2,5	1,8	1,9	1,6	2,5	1,3

In de serie met een toenemende calciumtoediening en een afnemende kali-toediening is in beide perioden dit in de recirculerende voedingsoplossing te zien. In de eerste periode neemt het magnesiumpercentage hierbij toe en het chloorpercentage af. In de tweede periode neemt het natriumgehalte af bij afnemende kalitoediening. Dit kan veroorzaakt zijn door een kalitekort bij de behandeling met de laagste kalitoediening. Deze planten vertoonden ook kaligebreksverschijnselen.

In de serie waarin het magnesiumgehalte in de toediening varieert, is bij een grotere magnesiumtoediening een afname van het kaligehalte en een toename van het magnesium- en fosfaatgehalte te zien in de eerste periode. In de tweede periode is dit effect voor wat betreft magnesium gelijk. In deze periode zijn nogal wat uitschieters geconstateerd. Dit geldt vooral voor de kali-, calcium-, sulfaat- en fosfaatgehaltes.

3.4 EC en pH van de voedingsoplossingen

Twee maal per week werden de EC en de pH van de recirculerende voedingsoplossingen gemeten. De meetwaarde van de oplossingen in de recirculatiebakken staan vermeld in tabel 11.

Tabel 11. EC (mS/cm) en pH van de oplossingen in de recirculatiebakken

Behandeling	15-7 t/m 30-9		1-10 t/m 21-11		gemiddeld	
	EC	pH	EC	pH	EC	pH
1	2,2	6,0	2,5	5,6	2,4	5,8
2	2,2	5,8	2,3	5,3	2,3	5,6
3	2,3	5,5	2,5	5,6	2,4	5,6
4	2,5	5,8	2,7	5,8	2,6	5,8
5	2,4	5,8	2,9	5,8	2,7	5,8

Er treden hier geen grote verschillen op. De EC- en pH-waarden van de voedingsoplossing in de steenwolmat worden vermeld in tabel 12.

Tabel 12. EC (mS/cm) en pH van de voedingsoplossingen in de steenwolmat

Behandeling	15-7 t/m 30-9		1-10 t/m 21-11		gemiddeld	
	EC	pH	EC	pH	EC	pH
1	2,2	5,9	2,5	5,7	2,4	5,8
2	2,4	5,7	2,4	5,4	2,4	5,6
3	2,3	5,5	2,6	5,7	2,5	5,6
4	2,6	5,6	2,8	5,9	2,7	5,8
5	2,5	5,7	2,9	5,8	2,7	5,8

De kleine verschillen die hier optreden, komen overeen met die tussen de voedingsoplossingen in de recirculatiebakken. De EC- en pH-waarden van het retourwater zijn te vinden in tabel 13.

Tabel 13. EC (mS/cm) en pH van het retourwater

Behandeling	15-7 t/m 30-9		1-10 t/m 21-11		gemiddeld	
	EC	pH	EC	pH	EC	pH
1	2,4	6,1	2,5	5,8	2,5	6,0
2	2,4	5,8	2,4	5,4	2,4	5,6
3	2,4	5,6	2,6	5,7	2,5	5,7
4	2,6	5,8	2,7	5,9	2,7	5,9
5	2,5	5,8	2,9	5,9	2,7	5,9

Ook hier treden nauwelijks verschillen op. Wel is in de eerste periode in de pH van de oplossingen waarvan het calcium- en kaligehalte varieert in zowel de recirculatiebak, het retourwater, als in de steenwolmat een toenemende pH te vinden waar het calciumgehalte lager is. Dit ondanks dat er aan de behandelingen met een lagere calcium- en een hogere kalitoediening meer zuur en minder kalibicarbonaat en landbouwpoederkalk per liter gebruikt water werd toegevoegd. In de voorraadbakken is bij deze behandelingen in de eerste periode een lagere pH te vinden (zie tabel 14). Verder zijn er geen verschillen te vinden.

Tabel 14. EC (mS/cm) en pH van de voedingsoplossingen in de voorraadbakken

Behandeling	15-7 t/m 30-9		1-10 t/m 21-11		gemiddeld	
	EC	pH	EC	pH	EC	pH
1	1,7	5,1	1,7	5,7	1,7	5,4
2	1,6	5,3	1,7	5,7	1,7	5,5
3	1,6	5,4	1,4	5,9	1,5	5,7
4	1,6	5,4	1,4	5,8	1,5	5,6
5	1,6	5,4	1,3	5,6	1,5	5,5

4. Gebreksziekten

4.1 IJzergebrek

Half oktober trad in de toen uitgroeiende dieven ijzergebrek op. Dit werd eenmaal beoordeeld. De resultaten vindt u in tabel 15. Per plant werd een cijfer van 0 (geen gebrek) tot 4 (zeer ernstig ijzergebrek) gegeven.

Tabel 15. IJzergebrek beoordelingscijfer gemiddeld per plant
0 = geen ijzergebrek, 4 = zeer ernstig ijzergebrek

Behandeling	IJzergebrek
1	3,2
2	3,2
3	3,4
4	1,6
5	2,0

Het calcium- en het kaligehalte hadden geen invloed op het optreden van ijzergebrek. Wel treedt het minder op bij zowel een hoog als een laag magnesiumgehalte. Mogelijk is dit een gevolg van een lagere plantbelasting.

4.2 Magnesiumgebrek

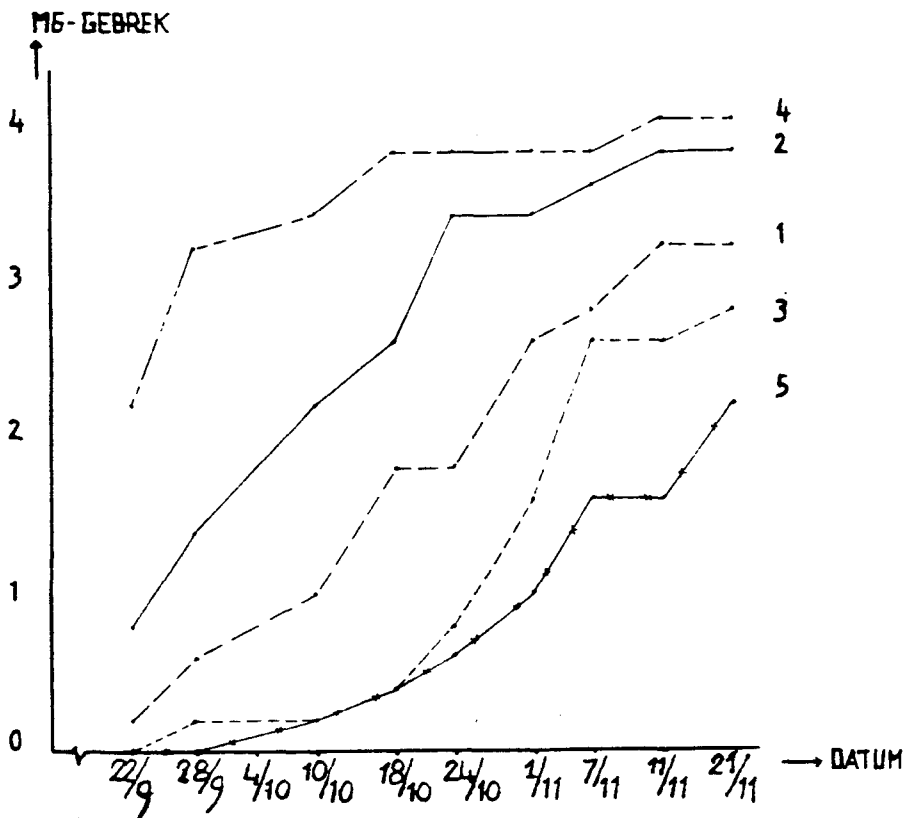
Magnesiumgebrek trad half september op en is negen maal beoordeeld. In tabel 16 zijn van drie beoordelingen de gemiddelde resultaten weergegeven. Het verloop van het magnesiumgebrek is grafisch weergegeven in figuur 1. Bij geen aantasting werd het cijfer 0 gegeven. Naarmate de aantasting sterker was, werd het cijfer 1, 2, 3 of 4 gegeven, waarbij de planten die het cijfer 4 kregen vrijwel geheel geel waren.

Tabel 16. Gemiddelde beoordelingscijfers per plant voor magnesiumgebrek op 3 data
0 = geen magnesiumgebrek, 4 = geheel geel

Behandeling	magnesiumgebrek		
	22-9	18-10	21-11
1	0,2	1,8	3,2
2	0,8	2,6	3,8
3	0	0,4	2,8
4	2,2	3,8	4,0
5	0	0,4	2,2

Bij een lager wordende magnesiumtoediening treedt magnesiumgebrek eerder en sterker op. Opvallend is, dat bij de standaard voedingsoplossing vrij ernstig magnesiumgebrek optreedt, terwijl dit bij de behandeling met meer calcium en minder kali en die met minder calcium en meer kali minder is. Mogelijk wordt deze reeks verstoord door het kaligebrek dat bij behandeling 3 optrad. Ook kan de plantbelasting hierbij een rol spelen. Het optreden van magnesiumgebrek wordt het best tegengegaan door een grotere magnesiumtoediening.

Figuur 1. Magnesiumgebrek op verschillende beoordelingsdata.
0 = geen magnesiumgebrek, 4 = geheel geel



5. Opbrengsten

In tabel 17 zijn de aantallen 'geogste' vruchten per m² weergegeven.

Tabel 17. Aantal geogste goede vruchten per m² op 4 peildata

Behandeling	Datum			
	21/9	20/10	10/11	28/11
1	21,7	93,0	132,4	182,4
2	27,7	100,3	142,9	188,2
3	27,1	92,0	122,2	165,2
4	24,5	98,1	126,3	150,2
5	26,3	96,0	128,5	176,7

Behandeling 3 blijft vanaf 10 november wat achter. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door kaligebrek. Behandeling 4 blijft in november eveneens achter. Hier speelt magnesiumgebrek een rol.

In tabel 18 zijn de opbrengsten weergegeven.

Tabel 18. Opbrengsten (kg/m²) inclusief neusrot op 4 peildata

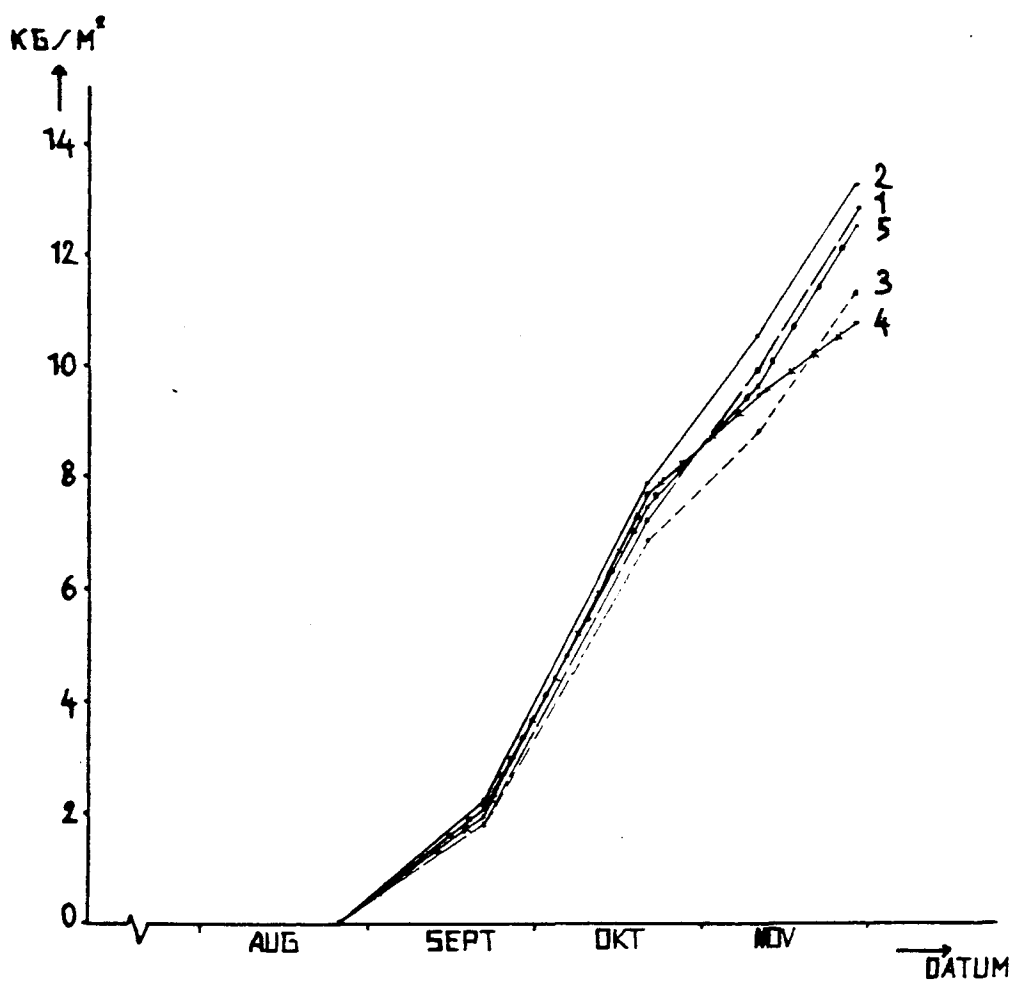
Behandeling	Datum			
	21/9	20/10	10/11	28/11
1	2,16	7,91	10,57	13,49
2	2,46	8,10	10,73	13,51
3	1,95	6,95	8,87	11,37
4	2,20	8,01	9,72	11,04
5	2,33	7,88	10,01	12,91

De opbrengsten van de behandelingen 3 en 4 blijven duidelijk achter. Ook de opbrengst van behandeling 5 heeft de tendens wat lager te zijn. Het oogstverloop is grafisch weergegeven in figuur 2. Het gemiddeld vruchtgewicht van de goede vruchten is weergegeven in tabel 19.

Tabel 19. Gemiddeld vruchtgewicht (gram/vrucht) op 4 peildata

Behandeling	Datum			
	21/9	20/10	10/11	28/11
1	84,9	77,7	74,4	70,1
2	83,2	78,4	73,8	70,3
3	71,7	75,1	72,4	69,2
4	85,2	79,0	74,7	71,5
5	84,0	78,7	75,6	71,6

Figuur 2 : Oogstverloop. Opbrengst goede vruchten in kg/m^2



De vruchtgewichten ontlopen elkaar weinig. De verschillen zijn niet betrouwbaar.

In tabel 20 treft u het percentage neusrotte vruchten aan.

Tabel 20. Neusrotte vruchten in procenten van het totale aantal

Behandeling	Datum			
	21/9	20/10	10/11	28/11
1	22,5	13,4	9,7	7,2
2	8,2	3,7	2,6	2,0
3	1,8	1,9	1,4	1,1
4	7,2	4,7	3,7	3,1
5	9,2	6,8	5,2	3,9

Bij behandeling 1, de behandeling waar weinig calcium toegediend is, trad het meeste neusrot op. Met het toenemen van de toegediende hoeveelheid calcium nam het percentage neusrotte vruchten af. Bij de behandeling waar veel magnesium gedoseerd werd, behandeling 5, trad eveneens wat meer neusrot op. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door een antagonisme tussen magnesium en calcium.

Tussen de planten van de behandelingen 1, 2 en 4 stonden wat vleestomaten. De opbrengsten hiervan zijn niet meegerekend in bovenstaande tabellen. Wel zijn de weergegeven opbrengsten teruggerekend naar eenzelfde plantgetal. De eindopbrengsten van de vleestomaten zagen er als volgt uit (zie tabel 21).

Tabel 21. Opbrengsten van vleestomaten per m²

Behandeling	totaal			waarvan neusrot		
	aantal	kg.	gvg (gram)	aantal	kg.	gvg (gram)
1	80,8	13,01	161	0,9	0,18	
2	64,2	11,51	176	0,9	0,29	
4	57,4	10,78	188	-	-	

Door het ontbreken van twee behandelingen en het geringe aantal planten, zijn hieruit geen conclusies te trekken.

6. Kwaliteit

Gedurende de proef zijn drie maal de doorkleuring en het uitstalleven bepaald. Met doorkleuring wordt bedoeld het aantal dagen van oogst tot 100% oranje. Het uitstalleven is het aantal dagen vanaf kleurstadium 100% oranje totdat de vruchten zacht worden. In tabel 22 is de doorkleuring vermeld.

Tabel 22. Doorkleuring (aantal dagen van oogst tot kleurstadium 100% oranje)

Behandeling	oogstdatum			
	19/9	3/10	17/10	gemiddeld
1	3,5	3,6	3,5	3,5
2	3,7	4,1	3,6	3,8
3	4,1	4,3	3,4	3,9
4	3,9	3,3	3,1	3,4
5	4,2	4,1	3,6	4,0

Naarmate het calciumgehalte in de voedingsoplossing toeneemt en het kaligehalte afneemt, duurt de doorkleuring iets langer. Dit geldt ook voor toenemend magnesiumgehalte. De behandeling met de laagste magnesiumtoediening kleurt, naarmate de teelt vordert sneller door. Bij behandeling 3 vindt de doorkleuring op de laatste datum eveneens in een korte tijd plaats. Dit is vermoedelijk een gevolg van kaligebrek. Het uitstalleven staat in tabel 23 vermeld.

Tabel 23. Uitstalleven (aantal dagen van kleurstadium 100% oranje totdat de vruchten zacht worden)

Behandeling	oogstdatum			
	19/9	3/10	17/10	gemiddeld
1	8,4	8,4	3,0	6,6
2	8,4	8,7	3,9	7,0
3	8,2	11,5	4,8	8,2
4	7,6	10,3	2,3	6,7
5	7,0	12,2	2,9	7,4

Gemiddeld is het uitstalleven langer naarmate de calciumtoediening groter en de kalitoediening kleiner is. Bij een grotere magnesiumtoediening neemt het uitstalleven eveneens toe. De spreiding tussen de verschillende tomaten van dezelfde behandeling en de niet systematische verschillen die in de tabel zijn weergegeven, maken de gemiddelde cijfers niet betrouwbaar. Op 2 data zijn de EC van de vruchten, het percentage citroenzuur en de refraktie bepaald. In tabel 24 en tabel 25 zijn ze weergegeven.

Tabel 24. Inwendige kwaliteit van de vruchten op 14 oktober

Behandeling	EC (onverdund)	EC (1 : 10)	% citroenzuur	refraktie
1	4,04	0,60	0,47	4,3
2	3,89	0,55	0,45	3,9
3	3,14	0,46	0,39	4,2

Bij toename van het calciumaanbod en afname van de kalitoediening nemen de EC van de vruchten en het zuurgehalte van de vruchten af. Beide aspecten hangen samen met het kaligehalte van de vrucht. De refraktie verandert nauwelijks.

Tabel 25. Inwendige kwaliteit van de vruchten op 8 november

Behandeling	EC (onverdund)	EC (1 : 10)	% citroenzuur	refraktie
1	4,06	0,61	0,49	4,9
2	4,01	0,60	0,51	4,4
3	3,12	0,47	0,40	4,8
4	4,23	0,63	0,53	4,6
5	3,35	0,50	0,42	4,3

Bij behandeling 3 zijn de EC van de vrucht en het percentage citroenzuur duidelijk lager. Dit is een gevolg van het kaligebrek. Toename van het magnesiumgehalte in de voedingsoplossing geeft eveneens een verlaging van de EC van de vrucht en van het percentage citroenzuur. De refraktie lijkt ook wat af te nemen. Opvallend is, dat op beide data de refraktie van de vruchten van behandeling 2 wat lager ligt dan van de behandelingen 1 en 3.

7. Gewasanalyses

Op 1 september is het gewas voor de eerste maal bemonsterd. Op dat moment was er nog geen magnesiumgebrek zichtbaar. Bemonsterd werden oud blad en bladsteel, dat ter hoogte van de tweede tros zat en jong blad en bladsteel. De resultaten vindt u in tabel 26 t/m 29.

Tabel 26. Resultaten van gewasanalyses van monsters van jong blad. Elementen in mmol per kg droge stof

Behandeling	% droge stof	Na	K	Ca	Mg
1	11,8	31	1043	384	143
2	11,8	33	1043	477	126
3	11,4	32	942	556	140
4	11,6	36	1069	520	103
5	11,7	30	1004	496	137

In de reeks waarbij de toegediende hoeveelheid kali afneemt en calcium toeneemt, is een duidelijke toename van het calciumgehalte in het blad waar te nemen. Alleen bij de derde behandeling is het kaligehalte lager. Het blad van de tweede behandeling vertoont een lager magnesiumgehalte.

De reeks waarin de magnesiumtoediening toeneemt, laat een duidelijke afname van het natriumgehalte en een lichte afname van het kaligehalte van het jonge blad zien. In dit monster is al te zien welke behandelingen ernstig magnesiumgebrek zullen krijgen.

Tabel 27. Resultaten van gewasanalyses van monsters van oud blad. Elementen in mmol per kg droge stof

Behandeling	% droge stof	Na	K	Ca	Mg
1	11,6	24	1058	1240	238
2	11,9	29	929	1380	208
3	12,7	30	798	1489	214
4	11,6	28	814	1517	152
5	11,8	24	891	1302	251

Behandeling 3, de behandeling met een lage kali- en een hoge calciumdoser-
ring, heeft een hoger droge stofgehalte als bij de behandelingen met ho-
gere kali- en lagere calciumtoedieningen. Bij een grotere calcium- en
een kleinere kaligift nemen het natrium- en het calciumgehalte toe en het
kaligehalte af. Bij een toenemend magnesiumgehalte in de voedingsoplossing
neemt het magnesiumgehalte van het oude blad toe. Het calciumgehalte neemt
daarbij af.

Tabel 28. Resultaten van gewasanalyses van monster van jonge bladstelen.
Elementen in mmol per kg droge stof

Behandeling	% droge stof	Na	K	Ca	Mg
1	7,5	38	2052	299	91
2	7,9	40	1906	364	91
3	8,4	37	1713	386	109
4	8,8	35	1801	357	67
5	8,2	35	1849	334	102

Bij een grotere calcium- en een kleinere kalitoediening nemen het droge stof-
gehalte, het calcium- en het magnesiumgehalte toe en het kaligehalte af. Bij
een toenemende magnesiumdosering neemt alleen het magnesiumgehalte in de blad-
steel toe.

Tabel 29. Resultaten van gewasanalyses van monsters van oude bladstelen.
Elementen in mmol per kg droge stof

Behandeling	% droge stof	Na	K	Ca	Mg
1	10,4	20	1195	706	444
2	10,9	24	1247	703	357
3	11,2	25	1116	821	418
4	11,1	25	1280	811	292
5	10,5	20	1400	608	424

Bij grotere calciumtoedieningen, gepaard gaande met lagere kalitoedieningen,
nemen het droge stof-, het natrium- en het calciumgehalte van de oude blad-
stelen toe. Behandeling 2, de behandeling in deze reeks waarbij het meeste
magnesiumgebrek optrad, heeft een lager magnesiumgehalte in de bladstelen.
Bij een grotere magnesiumdosering nemen het droge stof-, het natrium- en het
calciumgehalte af. Het kaligehalte is bij de hoogste magnesiumdosering wat
hoger, terwijl het magnesiumgehalte toeneemt.

Op 18 oktober is het blad voor de tweede maal bemonsterd. Magnesiumgebrek was toen al goed zichtbaar. Het bemonsterde blad kreeg een cijfer toegekend voor de kleur, waarbij 0 geheel groen was en 4 geheel geel. Van de behandeling waarbij de magnesiumtoediening laag was en waarbij dus erg veel magnesiumgebrek optrad, is jong en oud blad en blad uit het midden van de plant verzameld. De resultaten staan in onderstaande tabellen.

Tabel 30. Resultaten van gewasanalyses van monsters van jong blad (zonder bladsteel) en de kleur van het blad. Element gehalten in mmol.kg⁻¹ droge stof.

0 = geen chlorose, 4 = geheel chlorotisch blad

Behandeling	% droge stof	Na	K	Ca	Mg	kleur blad ¹⁾
1	9,5	53	1118	1042	123	1
2	10,0	51	939	1042	85	1
3	10,1	59	634	1233	120	1

In bovenstaande reeks neemt van behandeling 1 naar 3 het kaligehalte van de voedingsoplossing af en het calciumgehalte toe. Uit de gewasanalyses blijkt dat het droge stofgehalte hierbij stijgt. Het kaligehalte neemt sterk af, terwijl het calciumgehalte alleen bij de derde behandeling wat hoger ligt. Het magnesiumgehalte is het laagst bij de tweede behandeling. Deze behandeling vertoonde het meeste magnesiumgebrek. Dit blijkt echter niet uit de kleurcijfers. Mogelijk komt dat doordat in dit geval jong blad bemonsterd is.

Tabel 31. Resultaten van gewasanalyses van monsters van jong blad en de kleur van het blad. Elementen in mmol per kg droge stof.

1) 0 = groen 4 = geel

Behandeling	% droge stof	Na	K	Ca	Mg	kleur blad ¹⁾
4	10,5	76	882	891	24	3
2	10,0	51	939	1042	85	1
5	9,8	78	861	978	156	0

In bovenstaande reekt neemt het magnesiumgehalte van de toegediende voedingsoplossing van boven naar beneden toe. Het droge stofgehalte van het blad neemt daarbij toe. Het calcium- en magnesium van de tweede behandeling wijkt wat af. In beide gevallen is het wat hoger als de overige behandelingen. Het magnesiumgehalte van het blad neemt toe met de magnesiumtoediening. Dit stemt goed overeen met de kleurcijfers.

Tabel 32. Resultaten van gewasanalyses van monsters van jong en oud blad, blad uit het midden van de plant en kleurcijfers voor het blad.
1) 0 = groen, 4 = geel

Blad	% droge stof	Na	K	Ca	Mg	kleur blad ¹⁾
jong	10,5	76	882	891	24	3
midden in plant	10,3	56	812	972	11	4
oud	11,0	27	945	1077	126	1

Naarmate het blad ouder wordt, neemt het droge stof toe en het natriumgehalte af. Het kaligehalte is in het midden van de plant wat lager als in de kop. In het oude blad is het wat hoger. Het calciumgehalte stijgt naarmate het blad ouder wordt. Het magnesiumgehalte is midden in de plant erg laag. Ook het gehalte in de kop is laag. De magnesiumgehaltenes stemmen goed overeen met de kleurcijfers.

Blad en bladsteel zijn voor de derde maal bemonsterd op 10 november. De gehalten in deze monsters zijn via droge stof en perssap bepaald. Doel hiervan was te weten te komen of als magnesiumgebrek ontstaat het chlorofyll molecuul wordt afgebroken. Bij ernstig magnesiumgebrek zou het magnesium dan ook via perssap te bepalen zijn. Dit zou verklaren waarom in sommige monsters die ernstig magnesiumgebrek vertonen, het magnesiumgehalte nauwelijks lager is als van blad dat gezond is. De resultaten van de bepalingen via droge stof treft u aan in tabel 33. Om duidelijke verschillen te krijgen, zijn de behandelingen met laag en hoog magnesium bemonsterd.

Tabel 33. Resultaten van gewasanalyses van monsters van oud en jong blad en oude en jonge bladstelen. Bepaling via droge stof. Elementgehalten in mmol per kg droge stof

Behandeling	plant- onderdeel	% droge stof	Na	K	Ca	Mg
4	jong blad	11,0	65	798	1126	15
5	jong blad	12,0	54	405	1357	126
4	oud blad	10,4	49	918	1448	29
5	oud blad	11,4	32	661	1531	173
4	jonge steel	8,3	139	1647	1185	69
5	jonge steel	8,6	147	957	1051	417
4	oude steel	10,0	82	1498	958	92
5	oude steel	10,2	86	1080	975	479

In alle gevallen is het droge stofgehalte van de monsters van behandeling 5 wat hoger als van behandeling 4. Vooral bij het blad zijn de verschillen aanzienlijk. Een grotere magnesiumtoediening geeft in het blad een hoger magnesium- en calciumgehalte terwijl het natrium- en vooral het kaligehalte lager zijn. In de bladstelen wordt door een grotere magnesiumtoediening het magnesiumgehalte sterk verhoogd. Het natrium- en calciumgehalte worden niet beïnvloed, terwijl het kaliumgehalte lager is bij grote magnesiumtoedieningen. In tabel 34 zijn de resultaten van de bepalingen via perssap weergegeven.

Tabel 34. Resultaten van gewasanalyses van monsters van jong en oud blad en jonge en oude bladstelen. Bepaling via perssap. Elementgehalten in mmol per liter perssap.

Behandeling	plant- onderdeel	Na	K	Ca	Mg
4	jong blad	7,4	90	68	2,3
5	jong blad	7,5	58	124	15,7
4	oud blad	6,2	115	91	3,3
5	oud blad	3,8	82	115	18,3
4	jonge steel	11,2	137	38	5,3
5	jonge steel	13,0	91	34	36,1
4	oude steel	8,5	175	30	7,8
5	oude steel	8,7	111	25	47,3

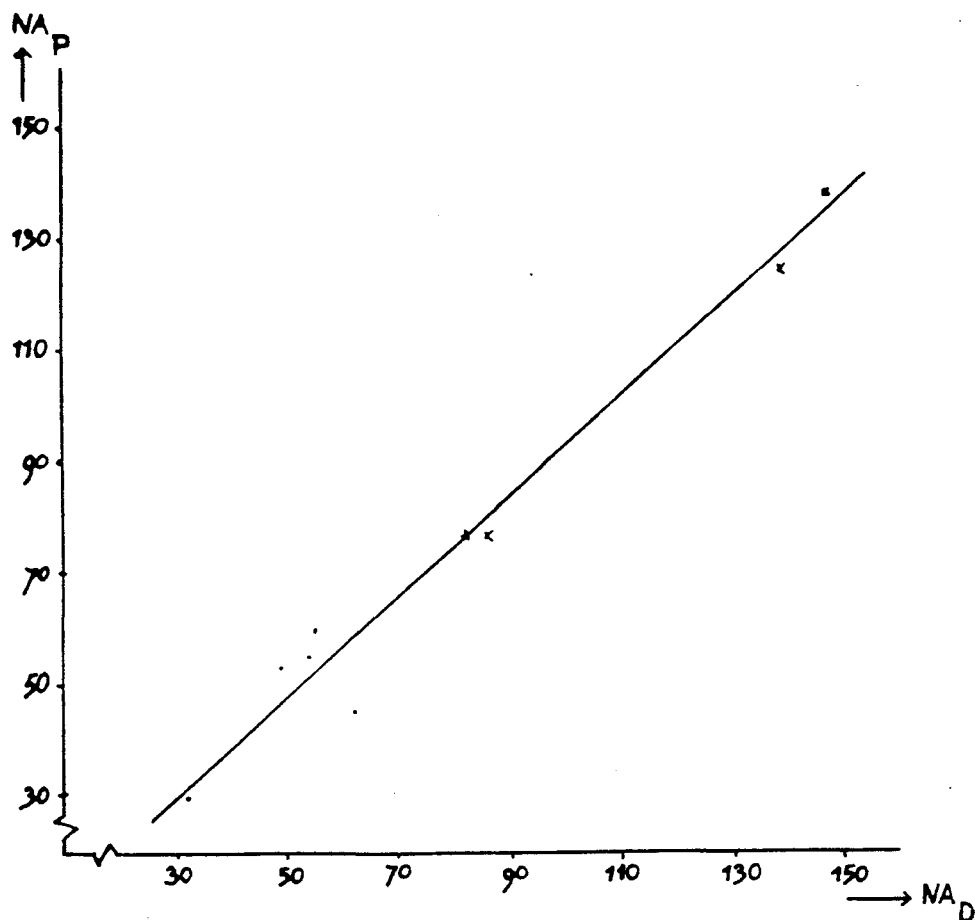
In het jonge blad geeft een grotere magnesiumdosering een hoger magnesiumgehalte, een hoger calciumgehalte en een lager kaligehalte. In het oude blad is het effect hetzelfde. Hier wordt daarnaast ook het natriumgehalte verlaagd door een grotere magnesiumtoediening. In de bladstelen verhoogt een grotere magnesiumtoediening het magnesiumgehalte en worden het kalien calciumgehalte verlaagd. Om de gehalten die verkregen zijn via bepaling in droge stof en perssap goed te kunnen vergelijken, zijn de gehalten die verkregen zijn door bepaling in perssap omgerekend naar gehalten in mmol per kg droge stof. In tabel 35 zijn deze tezamen met de via droge stofbepaling verkregen gehalten weergegeven.

Tabel 35. Gehaltes van blad en bladsteel, bepaald via perssap en droge stof. Gehaltes in mmol per kg droge stof.
P = bepaald in perssap, D = bepaald in droge stof

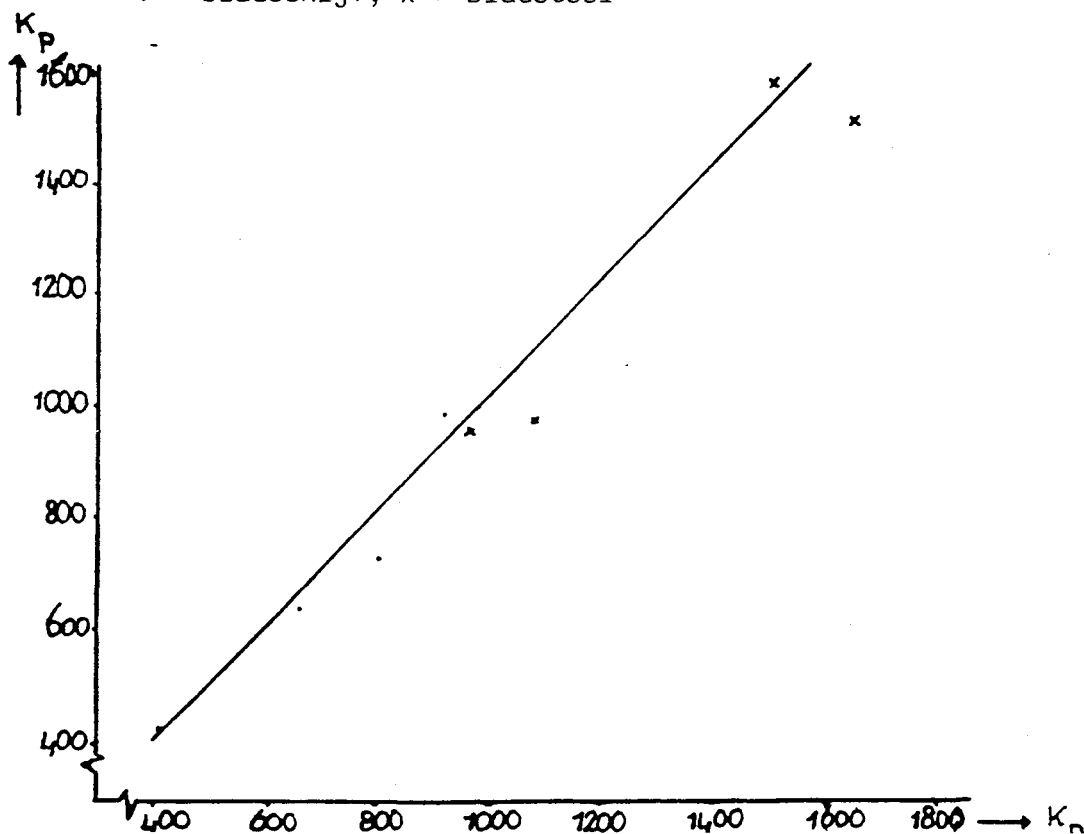
Behandeling	plantonderdeel	bepaling in	Na	K	Ca	Mg
4	jong blad	P	60	728	550	19
4	jong blad	D	65	798	1126	15
5	jong blad	P	55	425	909	115
5	jong blad	D	54	405	1357	126
4	oud blad	P	53	991	784	28
4	oud blad	D	49	918	1448	29
5	oud blad	P	30	637	894	142
5	oud blad	D	32	661	1531	173
4	jonge steel	P	124	1514	420	59
4	jonge steel	D	139	1647	1185	69
5	jonge steel	P	138	967	361	384
5	jonge steel	D	147	957	1051	417
4	oude steel	P	77	1575	270	70
4	oude steel	D	82	1498	958	92
5	oude steel	P	77	977	220	416
5	oude steel	D	86	1080	975	479

Opvallend is dat in het droge stof een hoger calciumgehalte gevonden wordt als in het perssap. In veel gevallen is ook het magnesiumgehalte hoger als het via droge stof bepaald wordt. Uitzondering zijn het oude en jonge blad van behandeling 4. Dit blad vertoonde op het moment van monsteren ernstig magnesiumgebrek. Hier is blijkbaar geen of weinig magnesium in de droge stof ingebouwd of er weer aan onttrokken. Het is echter ook mogelijk dat bij deze lage waarden de verschillen niet meer te bepalen zijn. In de onderstaande grafieken is de relatie tussen bepaling via droge stof en bepaling via perssap weergegeven.

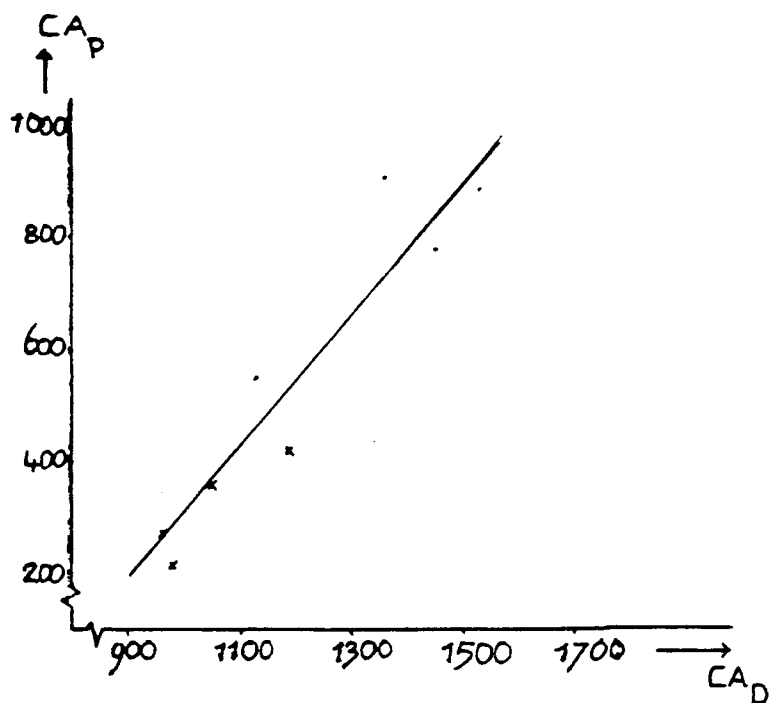
Figuur 3: Verband tussen bepaling via perssap (P) en in droge stof (D) voor Na in mmol/kg droge stof
. = bladschijf, x = bladsteel



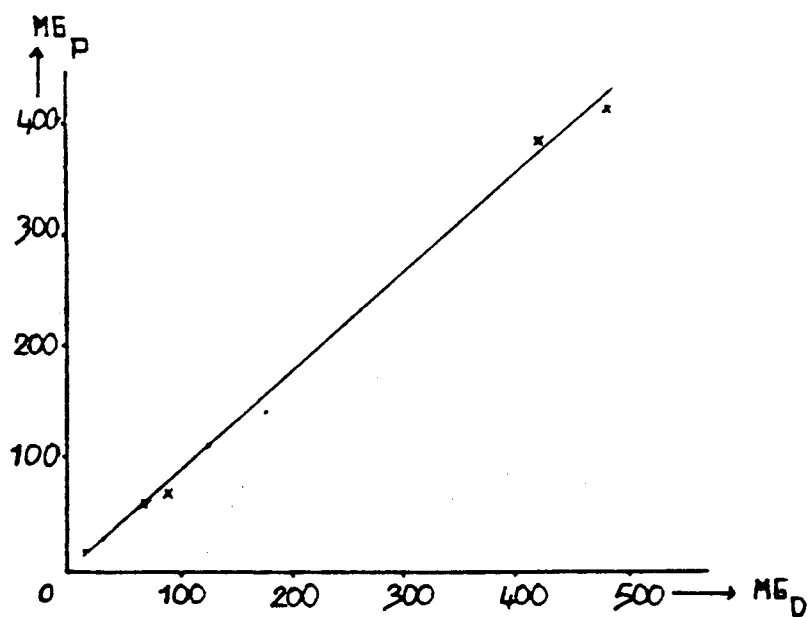
Figuur 4: Verband tussen bepaling via perssap (P) en in droge stof (D) voor K in mmol/kg droge stof
. = bladschijf, x = bladsteel



Figuur 5: Verband tussen bepaling via perssap (P) en in droge stof (D) voor calciumgehaltenes in mmol/kg droge stof
. = bladschijf, x = bladsteel



Figuur 6: Verband tussen bepaling via perssap (P) en in droge stof (D) voor magnesiumgehaltenes in mmol/kg droge stof
. = bladschijf, x = bladsteel



De volgende regressielijnen werden gevonden.

$$\text{Na} : y = 0,88 x + 4,83 \quad r = 0,9957$$

$$\text{K} : y = 0,96 x + 25,3 \quad r = 0,9819$$

$$\text{Ca} : y = 1,20 x - 8,97 \quad r = 0,9429$$

$$\text{Mg} : y = 0,89 x - 1,53 \quad r = 0,9983$$

In bovenstaande stelt y het gehalte voor dat verkregen is door het gehalte dat in het perssap bepaald is om te rekenen naar mmol per kg droge stof; x is gehalte dat in de droge stof gevonden is. De correlatiecoëfficiënten zijn hoog. In een eerder onderzoek is de relatie eveneens nagegaan. De hierbij verkregen regressielijnen zijn hieronder weergegeven.

$$\text{K} : y = 0,970 x + 18,7 \quad r = 0,970$$

$$\text{Ca} : y = 0,704 x - 164 \quad r = 0,949$$

(bladsteel)

$$y = 0,637 x - 63 \quad r = 0,931$$

(blad)

$$\text{Mg} : y = 0,933 x - 21,4 \quad r = 0,976$$

Ook hierin is y het op de droge stof uitgedrukte gehalte dat uit een bepaling en perssap verkregen is. De x-waarde stelt het gehalte dat uit de meting in de droge stof verkregen is voor. Voor kali en magnesium geldt dat de richtingscoëfficiënten vrij goed overeenkomen met die welke in deze proef zijn gevonden. De intercepten wijken ook weinig af. Voor calcium ligt dit duidelijk anders. Zowel de richtingscoëfficiënten als de intercepten stemmen niet met elkaar overeen.

In figuur 7 zijn de gecombineerde regressielijnen weergegeven voor de Ca-bepalingen. De meetgegevens komen uit bovenstaand onderzoek en uit deze proef. Blad en bladsteel zijn hierbij gescheiden gehouden.

De berekende regressielijnen waren:

$$\text{blad} : y = 0,62 x - 54,97 \quad r = 0,9803$$

$$\text{bladsteel} : y = 0,41 x - 45,23 \quad (1) \quad r = 0,847$$

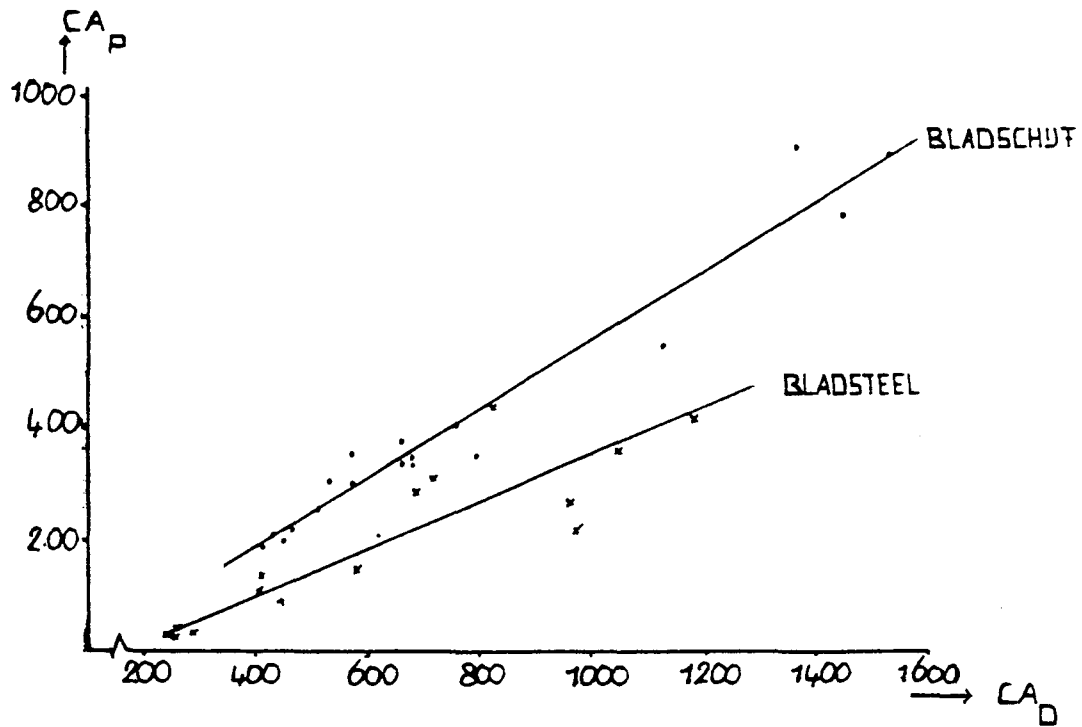
Waarin x het gehalte verkregen door bepaling in de droge stof is en y het gehalte gemeten in het perssap. Beide lijnen wijken wat af t.o.v. die eerder waren gevonden. Daarbij is de correlatiecoëfficiënt voor de bladstelen ook vrij laag. Mogelijk wordt in de bladstelen bij laag calciumaanbod relatief veel in het perssap gevonden, terwijl bij een groot calciumaanbod meer in het droge stof gevonden wordt. Dit zou dan een kromme regressielijn tot gevolg hebben. Deze zou er als volgt uit kunnen zien:

$$y = 243,2 \ln x - 1322,3 \quad (2) \quad r = 0,877$$

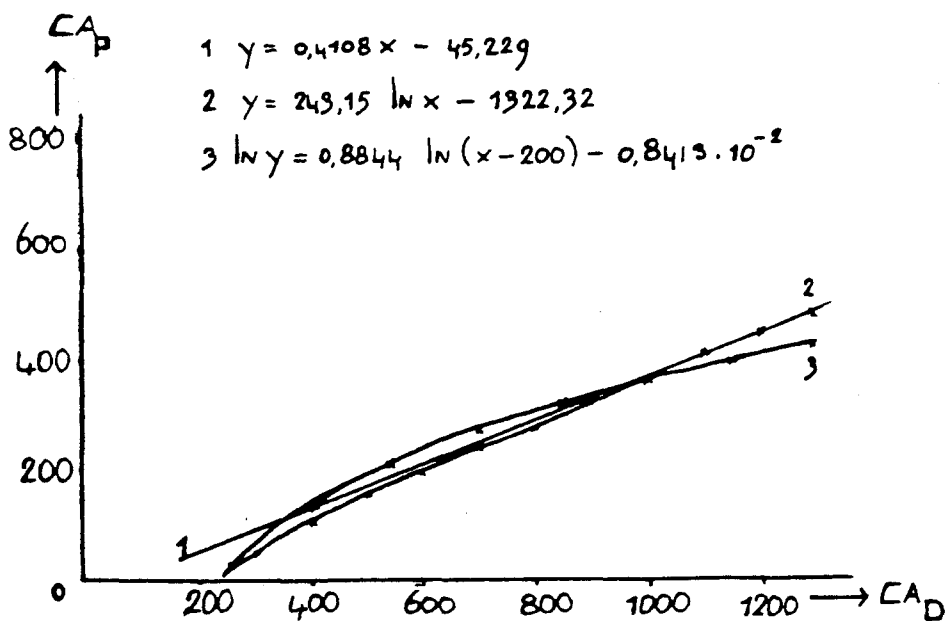
Hierin is y het uit perssap verkregen gehalte en x het in de droge stof bepaalde gehalte. De correlatiecoëfficiënt is iets verbeterd. De beste correlatiecoëfficiënt wordt echter verkregen bij de volgende regressievergelijking:

$$\ln y = 0,88 \ln (x - 200) - 0,84 \cdot 10^{-2} \quad (3) \quad r = 0,948$$

Figuur 7: Verband tussen bepaling via perssap (P) en in droge stof (D) voor calciumgehaltenes in mmol/kg droge stof
. = bladschijf, x = bladsteel



Figuur 8: Regressielijnen voor het verband tussen de calciumbepaling in droge stof (D) en in perssap (P)
Bladstek Gehaltes in mmol/kg droge stof



Y is het uit perssap verkregen calciumgehalte en x is bepaald in de droge stof. Bovenstaande 3 regressielijnen zijn weergegeven in figuur 8. Wordt verondersteld dat calcium bij lage toediening vooral in het sap terug te vinden is en bij hogere toedieningen meer in de droge stof, dan zou vergelijking (2) het beste kloppen. Deze geeft echter niet de hoogste correlatiecoëfficiënt. In het traject waarin gemeten is, geven bovenstaande regressielijnen onderling weinig verschil.

Gedurende de proef is eenmaal op 20 november, een monster van de vruchten genomen. De resultaten van de gewasanalyses zijn in tabel 36 opgenomen.

Tabel 36. Resultaten van gewasanalyses van vruchten. Bepaling in droge stof. Gehaltes in mmol per kg droge stof

Behandeling	% droge stof	Na	K	Ca	Mg
1	4,3	26	1197	46	68
2	4,5	25	1160	45	62
3	4,5	29	980	53	66
4	4,2	35	1311	53	70
5	4,5	29	1070	44	59

Bij een grotere calciumtoediening en een lagere kalitoediening neemt het calciumgehalte toe en het kaligehalte af. Een grotere magnesiumtoediening veroorzaakt een afnemende gehalte van kalium en -zeer opmerkelijk- magnesium.

8. Samenvatting en conclusies

In een proef is nagegaan wat de invloed van de kationenverhouding in de voedingsoplossing is op het optreden van magnesiumgebrek bij tomaat. Tevens werd nagegaan wat de gevolgen van het gebrek op produktie en kwaliteit waren. In de proef lag een reeks met een toenemende kali-, gekoppeld aan een afnemend calciumtoediening en een reeks waarin de magnesiumtoediening toenam, bij een afnemende kali- en calciumtoediening. De planten werden geteeld in een recirculatiesysteem. Hierdoor varieerde het calciumgehalte van de recirculerende voedingsoplossing gemiddeld over de teelt van 3,4 tot 9,3 mmol.l⁻¹. Voor kali was dit van 9,1 tot 1,3 mmol.l⁻¹ en voor magnesium van 1,7 tot 3,8 mmol.l⁻¹. Opmerkelijk was dat de behandeling waarbij het meeste magnesiumgebrek optrad niet het laagste magnesiumgehalte in de recirculerende voedingsoplossing had. Magnesiumgebrek trad vooral op bij de behandeling waar het minste magnesium werd toegediend en daarnaast ook bij de standaard voedingsoplossing. Magnesiumgebrek kon goed worden tegengegaan door een hogere Mg-toediening. Het gebrek ontstond dan later en in minder ernstige mate.

Aan het eind van de teelt was de opbrengst van de behandeling waarbij een laag magnesiumgehalte werd gedoseerd lager dan die van de overige behandelingen. Waarschijnlijk heeft het hier vroegtijdige en ernstige optredende magnesiumgebrek de vruchtzetting verhinderd. Vooral het aantal geogste vruchten was namelijk lager. De standaard voedingsoplossing gaf de hoogste opbrengst. Een grotere magnesiumtoediening gaf meer neusrotte vruchten. De doorkleuring van de vruchten van de behandeling met een lage magnesiumtoediening verliep wat sneller en de EC van de vruchten was wat hoger als bij hogere magnesiumtoedieningen. Een grotere kalitoediening, tezamen met een kleinere calciumtoediening gaf de vruchten een hoger zuurgehalte en een hogere EC.

Bij een toenemende kali- en een afnemende calciumtoediening werden in oud en jong blad, vruchten en jonge bladstelen hogere kali- en lagere calciumgehaltes gevonden. In de oude bladstelen werd alleen het calciumgehalte verlaagd. Bij een toenemende magnesiumtoediening wordt in bladeren en bladstelen het magnesiumgehalte hoger. In de vruchten neemt het echter af.

Aan de gewasanalyses was ongeveer 3 weken voor het optreden van magnesiumgebrek te zien welke behandelingen ernstig magnesiumgebrek zouden krijgen. Hier was het magnesiumgehalte al lager als bij de overige behandelingen.

Literatuur

Sonneveld, C. and S.S. de Bes.

Relationship between analytical data of plant sap and dried material
of glasshouse crops.

Commun. in soil sci. plant Anal., 14 (1), 75-87 (1983)

Bijlage 1 Proefschema

vak	5	10	15	20
beh.	3	1	2	5
vak	4	9	14	19
beh.	1	4	5	3
vak	3	8	13	18
beh.	5	3	4	2
vak	2	7	12	17
beh.	2	5	1	4
vak	1	6	11	16
beh.	4	2	3	1

Bijlage 2 Samenstelling moederoplossingen
200x geconcentreerd

A. 10 l.

	A1	A2	A3	A4	A5	
kalksalpeter	0,91	1,27	1,63	1,32	1,21	kg
kalisalpeter	0,89	0,49	0,08	0,55	0,42	kg
magnesiumnitraat	0,15	0,15	0,15	-	0,31	kg

B. 30 l.

Monokalifosfaat	1,22 kg
Zwavelzure kali	1,62 kg
Bitterzout	1,03 kg
Ammoniumnitraat	0,24 kg

IJzerchelaat	90 g
Mangaansulfaat	20,4 g
Borax	11,4 g
Kopersulfaat	0,7 g
Natriummolybdaat	0,7 g



Foto 1. Verschillende stadia van magnesiumgebrek



Foto 2. Een ernstig aangetast gewas



Foto 3. Een ernstig aangetaste plant naast één zonder gebreksverschijnselen (behandelingen 4 en 5)



Foto 4. Verschillende mate van aantasting