

STICHTING PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Kationenverhoudingen bij tomaat in  
recirculerend water (teelt 1980)

C. Sonneveld

A  
2  
S  
74

251:53

Stamboek nr.  
2802

STICHTING PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Kationenverhoudingen bij tomaat in  
recirculerend water (teelt 1980)

C. Sonneveld

Naaldwijk, juni 1981

Internverslag nr. 22

2232935

## INHOUD

Doel

Proefopzet

Inrichting van de proef

Verloop van de proef

Water en voeding

Analyse voedingsoplossing

Gewasanalyse

Opbrengst

Conclusies

Fotomateriaal

Bijlagen

### Doel

Bestudering van effecten van verschillende kationenverhoudingen bij tomaat en van de opname van verschillende kationen bij dit gewas.

### Proefopzet

In een systeem met recirculerend water zal worden getracht de volgende kationenverhoudingen te handhaven.

Behandelingen	Ca <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	mmol.l <sup>-1</sup>
1	6.5	3.0	1.5	
2	5.25	5.5	1.5	
3	4.0	8.0	1.5	
4	5.7	2.6	2.5	
5	4.6	4.8	2.5	
6	3.5	7.0	2.5	

De verhoudingen tussen de anionen worden bij alle behandelingen gelijk gehouden en zijn als volgt:

$\text{NO}_3^-$  - 12,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  - 1.5 en  $\text{SO}_4^{--}$  2.75 mmol.l<sup>-1</sup>.

Genoemde verhoudingen zijn streefcijfers in de recirculerende voedingsoplossing. De toediening van verschillende ionen zal zo nodig tussentijds worden aangepast.

Spoorelementen worden toegediend volgens het standaardvoorschrift en wel in  $\mu\text{mol}$  per liter als volgt 40 Fe, 20 Mn, 20 B, 0.5 Cu en 0.5 Mo. Zink werd niet toegevoegd omdat dit voldoende in het water aanwezig was.

### Inrichting van de proef

De equipment voor de proef is gerealiseerd in kas B 11-10. Het is een vaste proefopstelling die geschikt is voor verschillende proeven waarin 6 behandelingen in vier herhalingen worden opgenomen als een blokkenproef. De buitenzijden liggen buiten het proefveld. In totaal zijn dit

zes vakken en bij elke behandeling is een van deze vakken aangesloten, zodat deze vakken evenredig over de proef zijn verdeeld. Eén vak buiten de proef is wat kleiner van oppervlak in verband met de proefopstelling. De oppervlakte van een proefvlak is 5.5 m<sup>2</sup>. Bij berekening van water en mestverbruik moet dus rekening worden gehouden met  $5 \times 5.5 \text{ m}^2 = 27.5 \text{ m}^2$ . Bij behandeling 6 is echter 2 m<sup>2</sup> minder in het vak buiten de proef. Deze behandeling is dus 25.5 m<sup>2</sup>. In bijlage 1 is een plattegrond opgenomen.

De technische inrichting is als volgt.

In de grond is een recirculatietank ingegraven waarop de pomp is aangebracht die het water circuleert. Boven deze tank staat een voorraad-tank, waarin de voedingsoplossing wordt klaargemaakt en die via een vlottersysteem de recirculatietank op peil houdt.

De inhoud van de voorraadtank is 1.000 liter. De recirculatietank heeft op vlotterniveau een inhoud van 125 liter. De totale waterinhoud bij circulatie is 200 liter. In de goten is dus 2.7 liter water per m<sup>2</sup> in circulatie.

De recirculatie van het water vindt plaats met een snelheid van 250 liter.m<sup>-2</sup> per dag.

De goten zijn 6.9 meter lang. De breedte is 32 cm en ze zijn gemaakt van p.v.c. In de goten ligt zwart-wit plastic folie wat dichtgevouwen wordt. De helling waarop de goten liggen is 1½%.

#### Verloop van de proef

In de proef werden tweemaal tomaten geteeld. Voor de eerste teelt werd op 24 oktober 1979 gezaaid en voor de tweede teelt op 25 juni. De gebruikte rassen waren respectievelijk Sonatine en Bellina en de data van het in de kas brengen van de planten waren 13 december 1979 en 23 juli 1980. De eerste vruchten van de vroege teelt werden geoogst op 14 maart en de laatste op 27 juni. Bij de tweede teelt waren deze data respectievelijk 10 september en 25 november.

Bij de eerste teelt is aanvankelijk gestart met een EC van de circulerende

voedingsoplossing van ongeveer 5.0 Vanaf half februari is deze geleidelijk verlaagd naar waarden rond 2.5. In de tweede proef is direct gestart met een waarde rond 2.5. In het begin werd bij de eerste proef veel hinder ondervonden van een te hoog zinkgehalte in de recirculerende voedingsoplossing. Dit werd veroorzaakt door afgifte van verzinkte leidingen.

In maart liepen de gehalten in de recirculerende voedingsoplossingen op naar  $300 \mu\text{mol.l}^{-1}$  en trad zoveel chlorose op in het gewas dat de recirculerende voedingsoplossing moest worden vervangen. Dit is gedaan op 20 maart. Daarna is het gewas hersteld en heeft zich goed ontwikkeld. Bij de tweede teelt is vanaf half september veel neusrot opgetreden. Dit is het geval geweest over een vrij lange periode. Aan het einde van de teelt kwam het niet meer voor.

Van tijd tot tijd, om de vier tot acht weken werd wat AA-Terra aan de recirculerende voedingsoplossing toegediend. De dosering was  $20 \text{ mg.l}^{-1}$ .

### Water en voeding

In tabel 1 is een overzicht gegeven van het waterverbruik van de beide teelten over verschillende perioden.

Periode		$\text{l.m}^{-2}$ dag					
Teelt 1	Aantal dagen	behandelingen					
		1	2	3	4	5	6
20-12 - 21-02	62	0.64	0.63	0.61	0.61	0.64	0.63
21-02 - 03-04	41	1.13	1.32	1.27	1.27	1.26	1.27
03-04 - 16-05	43	2.46	2.82	2.82	2.89	2.70	2.99
16-05 - 24-06	40	2.93	2.96	2.80	3.45	2.91	3.30
Totaal	186	1.66	1.79	1.68	1.89	1.74	1.89
Teelt 2							
23-07 - 15-09	53	2.00	1.94	1.89	1.96	1.92	1.90
15-09 - 28-11	75	1.14	1.24	1.14	1.29	1.21	1.23
Totaal	128	1.50	1.53	1.45	1.57	1.51	1.51

Tabel 1. Het waterverbruik in de proef over verschillende perioden.

Voor wat betreft de voedingsoplossing kan worden gezegd dat naar verhouding wat meer fosfaat is gedoseerd en wat minder sulfaat. Het gehalte aan eerstgenoemd element werd wat laag in de recirculerende voedingsoplossing en daarom werd fosforzuur in plaats van salpeterzuur gedoseerd bij te hoge pH. Dit bleek afdoende te zijn. Sulfaat accumuleerde nogal en is daarom minder toegevoegd.

Het ijzer werd aanvankelijk toegediend als E.D.T.A. Vanaf half februari is in verband met het hoge zinkgehalte overgegaan op E.D.D.H.A., omdat uit andere proeven was gebleken dat dit chelaat het zinkgehalte wat verlaagde. Na eind april is in de eerste proef geen ijzer meer toegediend, omdat het gehalte in de recirculerende oplossing zeer hoog was. De hoeveelheid voedingsstoffen die werd toegediend is berekend over dezelfde perioden als het waterverbruik. Bij deze berekening zijn de mesthoeveelheden die door wegpompen van water of die aan het einde van de teelt achterbleven in de installatie gecorrigeerd. In feite kunnen de berekende hoeveelheden worden aangemerkt als hoeveelheden die door het gewas zijn opgenomen. De berekeningen zijn alleen uitgevoerd voor de hoofdelementen, omdat de spoorelementenvoorziening in alle behandelingen gelijk is geweest. De berekening over de vier perioden van de eerste proef zijn opgenomen in bijlage 2. De berekeningen over de perioden in deze proef is in zoverre aan kritiek onderhevig, dat de concentratieverschillen tussen de perioden niet zijn vereffend. Dit brengt met zich mee dat in het begin dus iets te hoge waarden zijn berekend, die later wat te lage waarden geven. De totale hoeveelheden zijn echter exact. In de tweede proef zijn de hoeveelheden die in de installatie aanwezig waren bij de periode-overgang echter ook verrekend, zodat bij deze teelt het gebruik in de perioden wel exact is. In de tabellen 2 en 3, zijn de resultaten opgenomen. Bijlage 2 bevat de gegevens per periode bij de eerste teelt. Het meststoffenverbruik is uitgedrukt op de hoeveelheid water die is verbruikt.

Ionen	Behandelingen					
	1	2	3	4	5	6
	Proef 1 (totaal)					
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8.86	8.92	9.34	8.80	9.28	9.23
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.18	1.16	1.14	1.13	1.11	1.16
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.29	1.22	1.28	1.27	1.13	1.25
K <sup>+</sup>	5.90	6.68	7.34	5.58	6.21	7.09
Ca <sup>++</sup>	2.33	1.94	1.71	2.16	1.83	1.54
Mg <sup>++</sup>	0.64	0.64	0.67	0.95	0.93	0.95
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	0.62	0.66	0.85	0.61	0.76	0.75
	Proef 2 (totaal)					
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7.69	7.84	7.88	7.78	7.86	7.61
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.07	1.05	1.05	1.05	1.10	1.03
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.21	1.14	1.17	1.11	1.21	1.20
K <sup>+</sup>	4.79	5.26	5.97	4.46	5.26	5.42
Ca <sup>++</sup>	2.32	2.04	1.72	2.19	1.92	1.58
Mg <sup>++</sup>	0.55	0.56	0.57	0.76	0.74	0.77
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	0.78	0.76	0.83	0.75	0.80	0.87

Tabel 2. Opgenomen hoeveelheden aan hoofdelementen, uitgedrukt in mmol.l<sup>-1</sup> opgenomen water.



Ionen		Behandelingen					
		1	2	3	4	5	6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	a	9.30	9.10	9.47	9.72	9.72	9.05
	b	5.72	6.45	6.01	5.70	5.83	6.06
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	a	1.30	1.30	1.32	1.30	1.32	1.29
	b	0.79	0.77	0.75	0.79	0.86	0.73
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	a	1.34	1.29	1.32	1.21	1.33	1.35
	b	1.06	0.96	0.99	1.02	1.08	1.05
K <sup>+</sup>	a	5.60	6.31	6.89	5.39	6.38	6.37
	b	3.82	4.10	4.89	3.48	4.05	4.40
Ca <sup>++</sup>	a	2.55	2.07	1.91	2.47	2.03	1.64
	b	2.04	2.01	1.49	1.91	1.82	1.54
Mg <sup>++</sup>	a	0.62	0.67	0.72	0.96	0.94	0.87
	b	0.40	0.44	0.38	0.55	0.50	0.66
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	a	1.17	1.21	1.29	1.19	1.27	1.38
	b	0.30	0.27	0.30	0.26	0.28	0.30

Tabel 3. Opgenomen hoeveelheden voedingsionen uitgedrukt in mmol.l<sup>-1</sup> van het opgenomen water over twee perioden in de tweede proef a - eerste 53 dagen en b - daarop volgende 75 dagen.

Uit tabel 2 blijkt, dat de verschillende kationenverhoudingen op de opname aan anionen vrijwel geen invloed heeft. Gemiddeld over de behandelingen zijn de volgende hoeveelheden per liter toegevoegde water opgenomen.

	Proef 1	Proef 2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9.07	7.78
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.15	1.06
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	1.24	1.17

De verhoudingen tussen de anionen lopen weinig uiteen en zijn over de twee teelten als volgt in molen: NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> : SO<sub>4</sub><sup>--</sup> = 100 : 13 : 14.

Voor wat betreft de kationen is het opvallend dat de kationensom ( $C^+$ ) min of meer constant is voor de behandelingen. De aangebrachte voedings-effecten zijn goed terug te vinden in de opname. In tabel 4 zijn de opgenomen kationen uitgedrukt in procenten van  $C^+$ . De hoeveelheid  $H_3O^+$  die werd toegediend is buiten beschouwing gelaten.

behandeling	1e proef				2e proef			
	$C^+$	procenten			$C^+$	procenten		
		$K^+$	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$		$K^+$	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$
1	11.8	50	39	11	10.5	46	44	10
2	11.8	56	33	11	10.5	50	39	11
3	12.1	61	28	11	10.6	56	33	11
4	11.8	47	37	16	10.4	43	42	15
5	11.7	53	31	16	10.6	50	36	14
6	12.1	59	25	16	10.1	54	31	15

Tabel 4. Opgenomen kationen in procenten van de som van de kationen ( $C^+$ ).

De opname aan Mg is blijkbaar onafhankelijk van de  $K^+ - Ca^{++}$  verhouding. De verhouding tussen de % K - % 2.Ca loopt vrij sterk uiteen. In de eerste proef van 1.3 tot 2.4 en in de tweede proef van 1.0 tot 1.7.

#### Analyse voedingsoplossing

Iedere week werd de recirculerende voedingsoplossing bemonsterd en onderzocht op hoofdelementen. De spoorelementen werden iedere twee weken bepaald. In tabel 5 zijn de gemiddelde analysecijfers over beide teelten weergegeven. Bijlage 3 bevat de gemiddelde gehalten aan kationen over vier perioden in de eerste teelt en tabel 6 over twee perioden in de tweede teelt.

Ionen	Behandelingen					
	1	2	3	4	5	6
	Proef 1					
pH	5.9	6.1	6.5	6.2	6.4	6.5
EC	3.2	3.6	3.2	3.3	3.4	3.2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	17.5	17.4	12.0	15.6	13.3	13.5
Cl <sup>-</sup>	1.1	1.4	1.3	0.9	0.9	1.4
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	6.4	7.6	7.4	7.4	9.3	7.2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.4	0.5	0.7	0.8	0.7	0.6
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.6	1.6	1.6	1.6	2.0	1.7
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
K <sup>+</sup>	4.2	10.5	12.6	4.1	7.3	10.3
Na <sup>+</sup>	3.4	4.2	3.6	3.3	3.3	3.6
Ca <sup>++</sup>	12.2	9.6	6.1	10.2	8.7	5.6
Mg <sup>++</sup>	3.2	3.2	2.6	5.0	5.6	4.6
	Proef 2					
pH	6.0	6.2	6.3	6.1	6.3	6.3
EC	2.8	2.8	2.8	2.9	2.6	2.9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21.8	17.7	18.1	17.6	15.9	18.6
Cl <sup>-</sup>	0.6	0.9	1.6	0.8	1.0	1.6
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	4.8	5.5	4.7	7.3	5.3	5.0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5	0.4
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.1	1.1	1.1	1.7	1.0	1.3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
K <sup>+</sup>	4.5	7.5	10.7	5.1	5.6	9.7
Na <sup>+</sup>	3.8	4.1	4.9	4.0	4.0	4.8
Ca <sup>++</sup>	11.8	8.7	6.4	10.0	7.4	5.8
Mg <sup>++</sup>	2.9	2.7	2.4	5.0	3.8	4.1

Tabel 5. Gemiddelde analyseresultaten van de recirculerende voedingsoplossing.

Ionen		Behandelingen					
		1	2	3	4	5	6
K <sup>+</sup>	a	8.4	13.8	16.8	9.7	10.3	15.6
	b	0.6	1.3	4.6	0.6	0.9	3.8
Na <sup>+</sup>	a	2.7	2.7	3.0	2.9	2.9	2.9
	b	4.9	5.5	6.8	5.1	5.2	6.7
Ca <sup>++</sup>	a	9.9	8.4	5.9	8.9	7.2	5.8
	b	13.6	9.0	6.8	11.0	7.6	5.7
Mg <sup>++</sup>	a	2.4	2.5	1.9	4.4	3.3	3.4
	b	3.3	3.0	3.0	5.6	4.2	4.9
EC	a	2.8	3.3	3.2	3.1	2.9	3.2
	b	2.9	2.4	2.6	2.7	2.3	2.5

Tabel 6. Gemiddelde analyseresultaten uit proef 2, over twee perioden:  
a - de eerste 53 dagen en b de volgende 75 dagen.

Uit de resultaten blijkt, dat de ionenverhoudingen in de voedingsoplossingen veel sterker uiteenlopen dan bij de opname. De gehalten tussen de perioden lopen vaak sterk uitéén. In tabel 7 is een overzicht gegeven van de procentuele verhoudingen van K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> en Mg<sup>++</sup> in de C<sup>+</sup> van deze drie elementen, gemiddeld per teelt.

behandeling	1e proef				2e proef			
	C <sup>+</sup>	procenten			C <sup>+</sup>	procenten		
		K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>		K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
1	35.0	12	70	18	33.9	13	70	17
2	36.1	29	53	18	30.3	25	57	18
3	30.0	42	41	17	28.3	38	45	17
4	34.5	12	59	29	35.1	15	57	28
5	35.9	20	49	31	28.0	20	53	27
6	30.7	34	36	30	29.5	33	39	28

Tabel 7. De procentuele bijdrage van K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> en Mg<sup>++</sup> in de recirculerende voedingsoplossing tot hun ionensom (C<sup>+</sup>).

Zoals blijkt is de hoeveelheid  $Mg^{++}$  relatief onafhankelijk van de  $K^+ - Ca^{++}$  verhouding. De  $K^+$  en  $Ca^{++}$  wisselen relatief veel sterker dan de opname (zie tabel 4).

Voor wat betreft de sporelementen zijn de gemiddelde gehalten weer-gegeven in tabel 8.

Behandeling	1e proef				
	Fe	Mn	Zn	B	Cu
1	123	19	87	61	1.58
2	119	17	77	76	1.21
3	103	14	78	69	1.04
4	122	18	73	69	2.44
5	124	18	77	83	1.66
6	116	16	61	81	1.13
	2e proef				
1	124	5	54	48	1.01
2	120	5	49	54	0.80
3	113	4	62	53	0.76
4	143	5	60	67	1.26
5	130	4	50	58	0.80
6	115	5	54	48	0.76

Tabel 8. Gemiddelde gehalten aan sporelementen in de recirculerende voedingsoplossing in  $\mu\text{mol.l}^{-1}$ .

Zoals blijkt, zijn de gehalten aan ijzer en zink doorgaans hoog. Bij ijzer is dit een gevolg van de grote stabiliteit van het E.D.D.H.A. complex en zink is in overmaat aanwezig in het water dat wordt gebruikt. In maart toen bij de eerste teelt vergiftiging optrad, was het gehalte zelfs opgelopen naar  $260 \mu\text{mol.l}^{-1}$ . Dit is echter eenmalig geweest, want daarna is het vrij constant rond het gemiddelde gebleven. Opvallend is dat de gehalten aan Fe en Cu duidelijke samenhang vertonen met de K - Ca verhouding. Bij toenemende K - Ca verhouding nemen Fe en Cu af.

Vooral bij koper is dit effect relatief vrij sterk aanwezig.

Gewasanalyse

Tijdens de teelt zijn verschillende malen blad en vrucht bemonsterd en onderzocht op kationen. Voor wat betreft het blad werden jonge volgroeide bladeren bemonsterd en onderzocht. Bij bemonstering van vruchten werden oogstrijpe exemplaren genomen. Blad en bladstelen werden vaak gescheiden en de analyse werd vaak zowel uitgevoerd door destructie van de droge stof als door middel van perssap bereiding uit vers materiaal. De resultaten van het perssap zijn weergegeven op het perssap en ook omgerekend naar de droge stof. Alle gehalten zijn uitgedrukt in mmol. Droge stof echter in procenten. De resultaten van verschillende bemonsteringen worden hierna besproken. In tabel 9 zijn de gegevens van de bemonstering op 11 maart samengevat.

Behandeling	% droge stof	Droge stof				Perssap							
		D				P				Pd			
		Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
<b>Blad</b>													
1	9.2	61	912	658	222	5.8	111	34.6	15.2	57	1095	341	150
2	9.8	39	1084	678	255	4.0	124	37.0	21.4	37	1141	341	197
3	8.9	39	1371	571	247	3.4	144	29.4	21.9	35	1474	301	224
4	10.2	52	908	531	247	5.4	108	34.6	20.4	48	951	305	180
5	9.9	43	1026	571	292	5.2	112	39.6	26.6	47	1019	360	242
6	9.1	30	1315	511	317	3.7	144	25.4	28.0	37	1438	256	280
<b>Bladsteel</b>													
1	5.9	117	1540	833	436	8.3	103	27.8	23.1	132	1643	443	368
2	5.8	78	2102	716	403	5.4	131	19.2	20.3	88	2128	312	330
3	5.6	56	2542	584	321	3.9	158	8.4	15.0	66	2663	142	253
4	6.0	104	1604	696	523	8.0	102	25.1	30.2	125	1598	393	473
5	5.7	113	1977	613	535	7.2	112	19.4	32.8	119	1853	321	543
6	5.5	48	2708	444	432	3.2	160	15.2	20.2	55	2749	89	347

Tabel 9. Resultaten van gewasonderzoek uitgedrukt in mmol.kg<sup>-1</sup> droge stof (D en Pd) of per liter perssap (P).

Het natriumgehalte neemt af bij toenemend kaligehalte. Kali en calcium vertonen duidelijk effect naar behandeling; bij magnesium is dit minder duidelijk. Een typisch effect vertoont magnesium. Bij toenemende K/Ca neemt het gehalte iets toe in het blad maar vrij sterk af in de bladsteel. De verhouding tussen de kwantitatieve hoeveelheden die van de kationen in het gewas worden gevonden dus Pd/D lopen voor de verschillende kationen uiteén. Voor blad en bladsteel was deze verhouding bij Na respectievelijk 1.00 en 1.14 en bij kali respectievelijk 1.08 en 1.01. Natrium en kali worden dus volledig teruggevonden in het plantensap. Mogelijk kan zelfs een geringe preferente uitpersing plaatshebben. Bij calcium doet zich het merkwaardige verschijnsel voor dat bij lage gehalten de verhouding Pd/D plotseling wijzigt bij lager gehalte in de steel. Voor het blad wordt een verhouding gevonden van gemiddeld 0.54 en in de steel van 0.51 als de behandelingen 3 en 6 buiten beschouwing blijven. Voor deze behandelingen is de verhouding in de steel respectievelijk 0.24 en 0.20, wat veel lager is. Bij magnesium **varieert** de verhouding Pd/D met de K/Ca en het plantdeel. In het blad neemt de Pd/D van magnesium toe met de K/Ca en loopt daardoor uiteén van 0.68 tot 0.91 en in de bladsteel neemt deze juist af met toenemende K/Ca en varieert tussen 0.79 en 0.84. De analyseresultaten van de bladsteel bij behandeling 5 wijken wat af voor magnesium, evenals de verhouding Pd/D. Mogelijk een analysefout.

Op 30 mei en op 3 juni zijn respectievelijk vruchten en bladeren (blad + bladsteel) onderzocht. Tabel 10 bevat de resultaten.

Behandeling	Bladeren					Vruchten			
	droge stof	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
1	10.0	88	1637	657	240	34	1190	15	66
2	9.8	88	1833	585	241	28	1242	9	64
3	10.0	113	1800	555	218	37	1217	10	62
4	9.5	97	1609	671	311	28	1132	20	63
5	9.4	120	1718	562	313	39	1239	17	72
6	9.6	97	1820	462	301	41	1249	15	74

Tabel 10. Analyseresultaten van blad (3 juni) en vruchten (30 mei) onderzocht door destructie van de droge stof.

De analyseresultaten stemmen goed overeen voor wat betreft het blad met de eerdere bemonster. Het kali-effect is minder duidelijk.

Voor wat de vergelijking betreft moet worden bedacht dat meer droge stof afkomstig is van blad dan van bladsteel. Doorgaans is tweemaal zoveel droge stof in het blad als in de steel aanwezig.

Voor wat betreft de vruchten zijn alleen geringe effecten van de K/Ca te vinden.

De bemonstering van het blad bij de tweede teelt is op 16 september uitgevoerd.

In tabel 11 zijn de resultaten opgenomen.

Behandeling	% droge stof	Droge stof				Perssap							
		P				P				Pd			
		Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
<b>Blad</b>													
1	11.3	48	1035	680	172	5.0	132	44.8	19.0	39	1036	352	149
2	11.0	41	1297	448	176	4.0	142	24.8	16.9	32	1149	201	137
3	10.9	34	1266	464	173	3.2	134	26.6	17.4	26	1095	217	142
4	11.5	37	900	664	191	4.5	110	49.4	22.4	35	846	380	172
5	10.9	42	1273	412	210	5.4	151	23.4	21.1	44	1234	191	172
6	11.4	34	1146	429	229	4.2	145	27.4	25.6	33	1127	213	199
<b>Bladsteel</b>													
1	9.1	44	1510	410	207	4.3	140	13.6	19.7	43	1398	136	197
2	9.0	38	1787	258	140	3.0	160	3.8	11.2	30	1618	38	113
3	9.2	37	1762	289	143	2.4	149	3.4	11.2	24	1470	34	111
4	8.6	43	1539	406	239	3.8	139	9.6	18.4	40	1477	102	196
5	9.1	44	1714	254	162	3.8	161	3.6	13.5	38	1608	36	135
6	9.0	41	1859	246	186	3.4	166	3.4	19.8	34	1678	34	200

Tabel 11. Resultaten van gewasonderzoek uitgedrukt in  $\text{mmol.kg}^{-1}$  droge stof (D en Pd) of per liter perssap (P) (tweede teelt).



Voor wat het verloop van de cijfers betreft, is goede overeenstemming met de bemonstering uit de eerste teelt. Opvallend zijn wel de veel lagere Ca-gehalten in de bladsteel bij deze teelt in vergelijking met de voorgaande.

De verhouding tussen de kwantitatieve hoeveelheden die worden gevonden bij de beide methoden van gewasonderzoek zijn voor de verschillende elementen berekend. Voor natrium is de verhouding Pd/D 0.89 en 0.84 voor respectievelijk blad en bladsteel en voor kali 0.94 en 0.91. Voor calcium is de verhouding Pd/D in het blad 0.50 en in de bladsteel afhankelijk van K/Ca. Bij de behandelingen 1 en 4 is het gemiddeld 0.29 en bij de overige behandelingen 0.14. Bij magnesium wordt dezelfde tendens gevonden voor de Pd/D verhouding als bij de eerste bemonstering. De verschillen zijn echter minder duidelijk. Gemiddeld was de verhouding voor blad en bladsteel respectievelijk 0.84 en 0.88.

Voor wat betreft de vruchten zijn van iedere behandeling de zieke en de gezonde vruchten afzonderlijk bemonsterd. De vruchten werden gedeeld in twee stukken: bovengedeelte en ondergedeelte. De monsters werden onderzocht na drogen en met behulp van de perssapmethode.

In bijlage 4 zijn de resultaten volledig opgenomen. In tabel 12 is een overzicht gegeven van de gemiddelden van de verschillende gedeelten van de zieke en de gezonde vruchten. Tussen de behandelingen bestonden geen duidelijke verschillen, zodat de resultaten per behandeling in bijlagen zijn bijgevoegd.

Vrucht-deel	% droge stof	Droge stof				Perssap							
		D				P				Pd			
		Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
Ziek										?			
boven	4.9	22	1219	29	72	1.0	56	0.54	2.2	19	1082	11	42
onder	5.4	22	1148	13	85	1.3	66	0.19	3.2	22	1157	3	55
Gezond													
boven	4.3	21	1216	40	66	0.9	50	0.38	1.8	19	1134	9	41
onder	5.0	21	1102	18	74	1.1	58	0.23	2.4	21	1096	4	46

Tabel 12. De resultaten van het onderzoek van tomatenvruchten op 1 oktober. Gehalten in mmol per kg droge stof respectievelijk per liter perssap.

Uit tabel 12 blijkt, dat de zieke vruchten een duidelijk hoger droge-stofgehalte hebben dan de gezonde vruchten. Dit wijst op een groot assimilaten (zeefvaten) transport naar deze vruchten. De punt (onderste gedeelte) van de vrucht heeft een duidelijk hoger droge-stofgehalte dan het bovengedeelte van de vrucht.

Het natriumgehalte van de vrucht vertoont weinig verschillen. In het bovengedeelte van de vrucht wordt 88% van het natrium teruggevonden in het perssap en in het onderste gedeelte van de vruchten gemiddeld 100,6%.

Voor kali is er ook een verschil tussen het bovenste en onderste gedeelte. De percentages zijn respectievelijk 91 en 100,1%. Voor wat betreft calcium blijkt ongeveer 24% in het perssap te worden teruggevonden met uitzondering echter van het bovengedeelte van de zieke vruchten, waar gemiddeld 36% in het perssap werd gevonden. Voor magnesium was de verhouding tussen de hoeveelheid gevonden in het perssap en het totaal in de droge stof 0.62. Uit de cijfers voor kali, calcium en magnesium blijkt dat in de zieke vruchten doorgaans wat meer kali en magnesium aanwezig is dan in de gezonde vruchten. Dit komt het duidelijkst naar voren in het onderste (zieke deel) van de vruchten. Calcium daarentegen is juist in de gezonde vrucht meer aanwezig. Dit blijkt overigens alleen uit het totale calciumgehalte en niet uit het calciumgehalte van het perssap.

Dit is in het bovengedeelte van de zieke vrucht juist hoog.

Voor het kali, calcium en magnesiumgehalte in blad en bladstelen zijn de relaties berekend voor de gehalten bepaald in droge stof en in perssap. De gehalten in het perssap gevonden worden hierbij uitgedrukt op de droge stof. Uit het op deze wijze uitgedrukte cijfer werden betere relaties gevonden dan met het gehalte dat direct in het perssap werd gevonden. In de figuren 1, 2 en 3 zijn de spreidingsdiagrammen weergegeven. De gevonden vergelijkingen zijn als volgt.

$$\text{Kalium K} - \text{Pd} = 0.970 \text{ K} - \text{D} + 18.7 \quad r = 0.970.$$

Voor calcium is een duidelijk verschil aanwezig tussen de relatie voor blad en voor bladstelen. Beide vergelijkingen zijn lineair berekend.

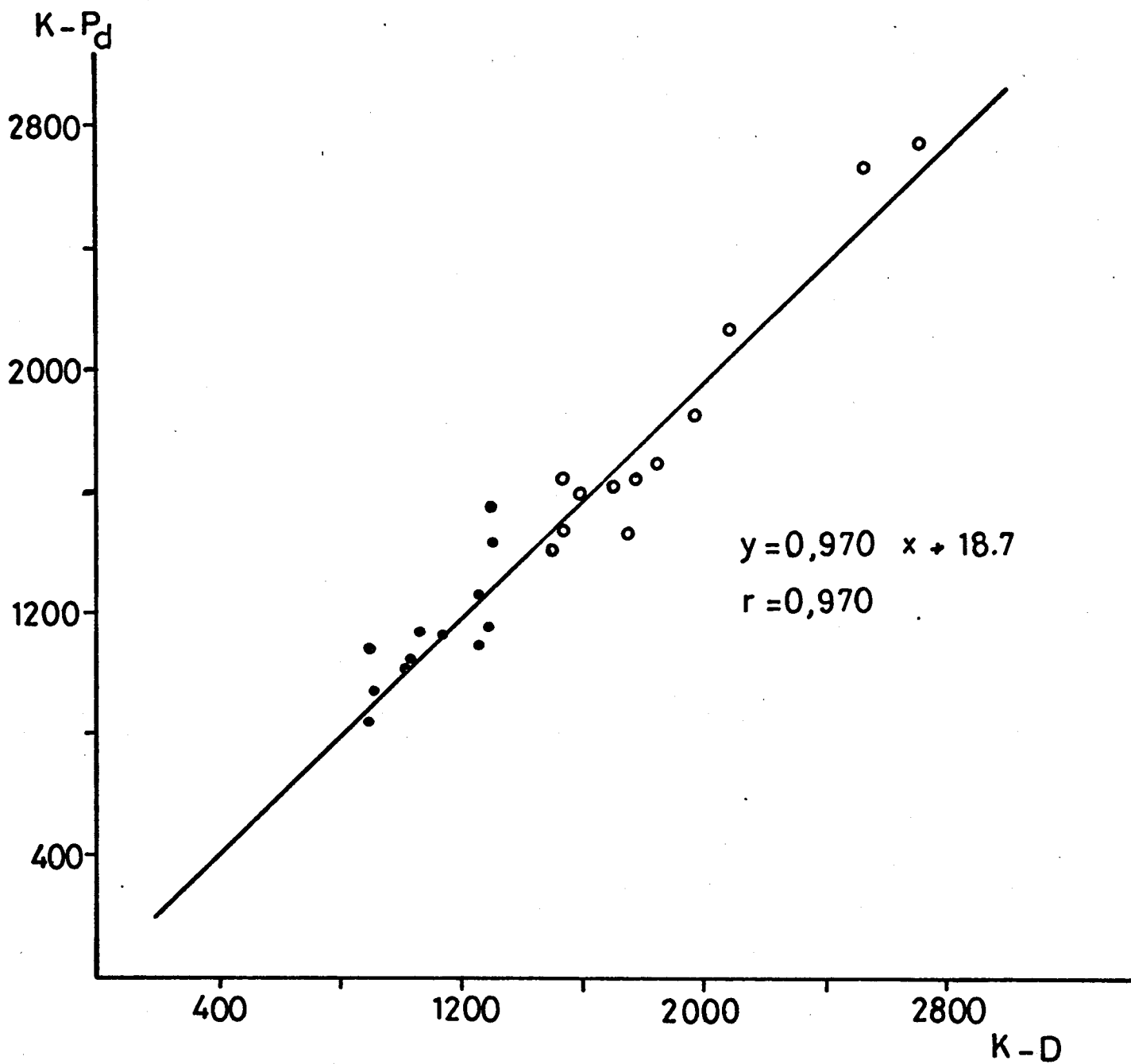


Fig. 1. De samenhang tussen het kaligehalte in blad (.) en bladsteel (o) bepaald in droge stof en met behulp van perssap.

Een kwadratische of derde machtsfunctie bij de bladstelen gaf slechts weinig verbetering van de correlatiecoëfficiënt.

Calcium blad  $Ca - Pd = 0.637 Ca - D - 0.63$   $r = 0.931$

bladsteel  $Ca - Pd = 0.704 Ca - D + 164$   $r = 0.949$ .

Voor magnesium is weer één vergelijking berekend voor blad en bladstelen.

Magnesium  $Mg - Pd = 0.933 Ca - D - 21.4$   $r = 0.976$

### Opbrengst

De opbrengst van de eerste teelt is samengevat in tabel 13.

behandeling	Tot 1 mei			einde		
	aantal	kg	vruchtgewicht	aantal	kg	vruchtgewicht
1	60	3.0	50	191	11.4	60
2	67	3.6	54	208	13.2	63
3	67	3.3	49	192	11.1	58
4	65	3.5	53	202	12.8	63
5	69	3.6	52	208	12.7	61
6	70	3.8	54	217	13.3	61

Tabel 13. Opbrengst van de eerste teelt tomaten. Aantal en kg per m<sup>2</sup> en vruchtgewicht in gram.

De wiskundige verwerking gaf als resultaat

	tot 1 mei	einde
Aantal	0.02	0.02
kg	0.08	0.02
vruchtgewicht	0.15	0.02

De verschillen blijken betrouwbaar, vooral aan het einde van de teelt. Ze hangen echter weinig systematisch samen met de behandelingen. Het hoge magnesiumniveau lijkt een wat hogere opbrengst te geven.

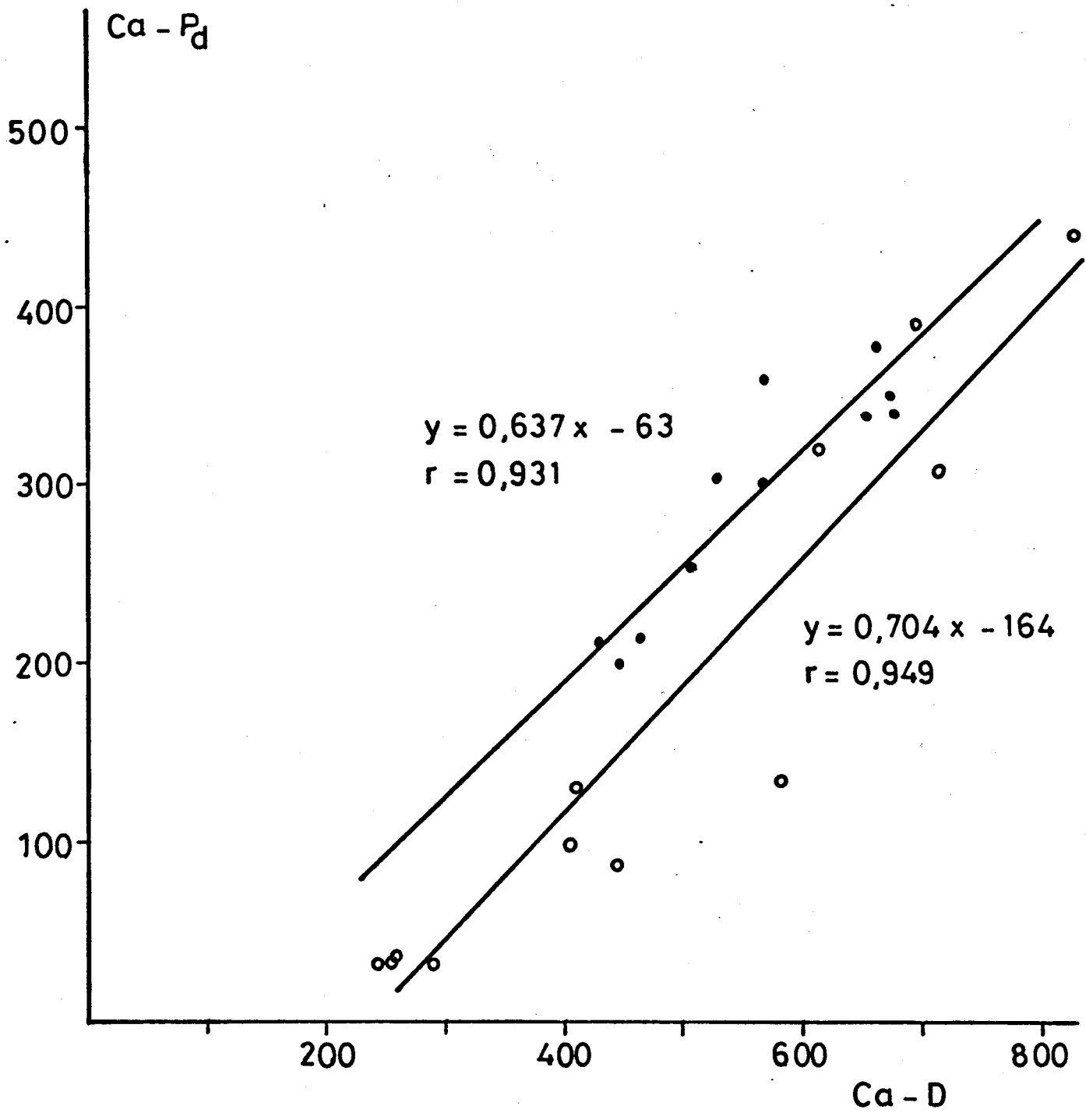


Fig. 2. De samenhang tussen het Ca-gehalte van blad (.) en bladstelen (o) bepaald in droge stof en met behulp van perssap.

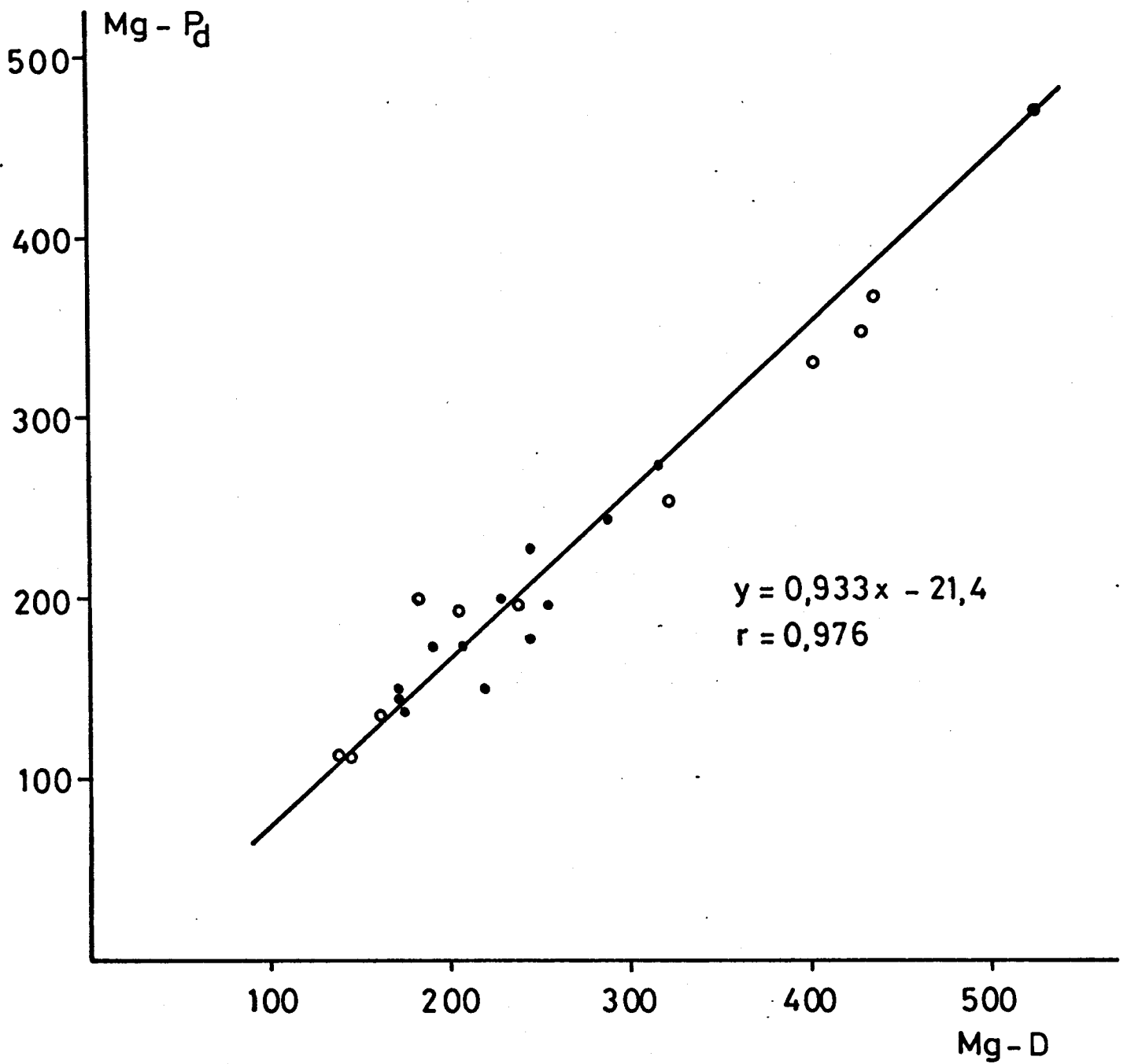


Fig. 3. De samenhang tussen het magnesiumgehalte van blad (.) en bladstelen (o) bepaald in droge stof en met behulp van perssap.

Behandeling 2 is dan echter weer een uitzondering.

Bij de tweede teelt is flink neusrot opgetreden. De zieke vruchten werden afzonderlijk geteld en gewogen. De gegevens zijn verwerkt voor de periode tot 1 oktober en voor het totaal. In tabel 14 zijn deze samengevat.

Behandeling	Tot 1 oktober					
	Gezonde vruchten			Neusrot		
	aantal	kg	vruchtgewicht	aantal	kg	vruchtgewicht
1	11	1.1	97	7	0.2	23
2	10	1.0	102	13	0.3	22
3	11	1.0	94	13	0.4	27
4	11	1.1	101	8	0.2	25
5	12	1.2	101	11	0.3	27
6	10	1.0	99	16	0.4	26
	Tot einde					
1	113	8.3	73	15	0.7	48
2	112	8.4	75	25	1.1	43
3	113	8.0	71	25	1.2	47
4	118	8.8	75	16	0.8	49
5	108	8.3	77	26	1.3	51
6	110	8.1	73	31	1.4	46

Tabel 14. Opbrengstgegevens van de tweede teelt. Aantal en gewicht per m<sup>2</sup>. Vruchtgewicht in gram.

De wiskundige verwerking gaf de onderstaande resultaten.

	tot 1 oktober		tot einde	
	goed	neusrot	goed	neusrot
Aantal	-	< 0.01	0.12	< 0.01
kg	-	< 0.01	0.13	< 0.01
vruchtgewicht	0.07	-	0.11	0.20

Betrouwbare verschillen zijn alleen gevonden voor het aantal en gewicht aan neusrot. Dit blijkt vooral samen te hangen met de Ca : K verhouding.

Hierbij bleken vooral de behandelingen 1 en 4 ten opzichte van de andere behandelingen betrouwbaar te verschillen.

Tenslotte is van het totaal aan geoogste vruchten een berekening gemaakt. Tabel 15 bevat een overzicht.

Behandeling	Totaal	% Neusrot	
	gewicht	gewicht	aantal
1	9.0	8	12
2	9.5	11	19
3	9.2	13	18
4	9.6	9	12
5	9.6	13	19
6	9.5	15	22

Tabel 15. Overzicht van de totaalopbrengst (ziek en gezond) in kg per m<sup>2</sup> en het percentage neusrot van het totaalgewicht en het totaal aantal vruchten.

De wiskundige verwerking gaf een betrouwbaar verschil voor de neusrot-aantasting bij de behandelingen 1 en 4 ten opzichte van de andere behandelingen.

### Conclusies

In een proef waarin tomaten werden geteeld in recirculerend water werden verschillende kationenverhoudingen in de voedingsoplossing gerealiseerd. Tweemaal achtereenvolgens werden tomaten geteeld.

De hoeveelheid kali in de recirculerende voedingsoplossing in de verschillende behandelingen liep uitéén van 12 tot 42% van de kationensom in milli-equivalenten (C<sup>+</sup>). Voor calcium was dit 36 tot 70% en voor magnesium van 17 tot 31%.

De opgenomen hoeveelheid kali liep uiteen van 43 tot 61% van de som van de opgenomen kationen in milli-equivalenten. Voor calcium was dit 25 tot 44% en voor magnesium 10 tot 16%.



Op de verhouding van de opname van de verschillende anionen hadden de verschillende kationenverhoudingen geen invloed.

Bij het gewasonderzoek werden duidelijk behandelingseffecten teruggevonden in het onderzoek van blad en bladstelen. In de vruchten was dit in beperkte mate of in het geheel niet het geval.

Tussen de resultaten van gewasonderzoek op basis van destructie van droge stof of op basis van perssap bestond een goede correlatie.

Calciumgebrek in vruchten kon echter niet worden aangetoond met de perssappmethode; echter wel met de droge stofmethode.

De opbrengst bij de verschillende behandelingen liep slechts weinig uiteen. In beide was een tendens aanwezig naar een wat lagere opbrengst bij de behandelingen 1 en 3. Dit zijn de behandelingen laag kali - hoog calcium en hoog kali - laag calcium bij het lage magnesiumniveau. Dit is weinig systematisch en vooralsnog niet verklaarbaar.

In de tweede proef trad neusrot op.

Dit had een duidelijk systematische samenhang met de kali - calcium verhouding. Toch werd ook in de behandelingen met het hoogste calciumgehalte nog ongeveer 10% neusrotte vruchten geoogst.

Dit leidt tot de conclusie dat of de kali - calciumverhouding zeer extreem moet zijn om neusrot te voorkomen of dat het calciumtransport naar de vrucht door klimatologische factoren moet worden beïnvloed.



neg nr. 23856-4 Het teeltsysteem



neg nr. 23856-5 In sommige trossen trad veel neusrot op.



## Opname voedingselementen proef 1

Behandeling	* Periode	N	mmol.l <sup>-1</sup> toegevoegd water				Ca	Mg	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>
			P	S	K				
1	1	13.73	1.72	3.16	4.58	6.86	1.72	-	
	2	8.83	1.28	0.76	8.55	0.94	0.32	0.27	
	3	8.76	0.97	1.46	6.80	2.12	0.65	0.32	
	4	7.28	1.14	0.71	4.46	1.53	0.39	1.29	
2	1	13.95	1.75	3.21	6.98	5.83	1.75	-	
	2	8.96	1.18	0.76	9.52	0.80	0.28	0.26	
	3	8.78	0.96	1.45	7.38	1.77	0.64	0.43	
	4	7.37	1.15	0.54	4.58	1.36	0.42	1.34	
3	1	14.42	1.80	3.31	9.61	4.80	1.80	-	
	2	10.39	1.24	1.13	10.17	1.13	0.43	0.40	
	3	8.51	0.90	1.36	7.54	1.36	0.61	0.65	
	4	7.14	1.02	0.46	4.34	1.15	0.39	1.46	
4	1	14.44	1.80	3.31	4.82	6.36	2.66	-	
	2	7.87	1.17	0.68	7.52	0.76	0.45	0.25	
	3	8.43	0.94	1.40	6.17	1.91	0.94	0.31	
	4	7.89	1.09	0.81	4.50	1.75	0.67	1.19	
5	1	13.73	1.72	3.61	6.42	5.05	2.64	-	
	2	10.12	1.24	0.81	8.41	1.21	0.53	0.36	
	3	9.03	0.97	1.45	6.97	1.68	0.97	0.63	
	4	7.60	0.98	0.25	4.38	1.17	0.48	1.34	
6	1	15.05	1.89	3.46	8.76	4.38	3.14	-	
	2	10.24	1.25	0.68	10.37	0.84	0.17	0.43	
	3	8.96	0.97	1.45	7.61	1.36	0.97	0.57	
	4	7.38	1.06	0.64	4.79	1.15	0.58	1.28	

\* periode 1 62 dagen periode 3 43 dagen

" 2 41 dagen " 4 40 dagen

## Gehalten kationen recirculerend water (eerste teelt)

Behandeling	Periode	mmol.l <sup>-1</sup>				
		Na	K	Ca	Mg	EC
1	1	2.2	6.4	20.2	6.0	5.0
	2	2.0	0.9	13.1	3.4	3.1
	3	3.8	3.0	7.5	2.2	2.2
	4	5.8	6.3	7.6	1.5	2.4
2	1	2.4	12.2	16.3	6.0	5.2
	2	2.8	2.0	11.0	3.5	2.8
	3	4.8	13.4	5.1	1.8	3.0
	4	6.9	14.3	6.0	1.3	3.0
3	1	2.4	17.0	12.2	5.6	5.1
	2	3.0	4.2	6.7	2.6	2.3
	3	4.0	15.2	2.4	1.2	2.6
	4	4.8	14.3	2.9	0.9	2.5
4	1	2.0	7.8	19.0	8.0	5.3
	2	2.1	0.5	11.1	5.4	3.2
	3	3.9	3.0	7.1	4.0	2.4
	4	5.0	5.0	5.4	2.6	2.1
5	1	2.3	11.7	14.2	8.6	6.1
	2	2.4	1.5	8.8	5.6	2.8
	3	3.7	6.5	4.9	4.2	2.4
	4	4.9	9.3	6.8	4.2	2.7
6	1	2.6	16.0	11.5	8.6	5.4
	2	2.7	3.2	5.7	5.3	2.4
	3	3.8	8.6	1.8	2.0	1.9
	4	5.6	13.3	3.5	2.5	2.7

## Analyse van vruchten

h.	Droge stof	D r o g e s t o f				P e r s s a p			
		Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
ak	bovenste deel								
1	4.75	22	1173	32	69	1.06	56	0.60	2.31
2	4.97	21	1216	26	66	1.13	58	0.52	2.06
3	4.69	23	1287	30	74	0.90	56	0.62	2.06
4	4.74	20	1211	32	75	0.89	53	0.56	2.18
5	4.62	22	1192	29	76	0.97	52	0.50	2.06
6	5.76	23	1235	25	71	0.88	60	0.46	2.57
liek	onderste deel								
	5.45	24	1128	10	81	1.17	64	0.28	3.21
	5.66	23	1136	16	84	1.26	67	0.28	3.21
	5.52	22	1188	16	90	1.36	70	0.23	3.00
	4.98	22	1139	16	84	1.24	64	0.14	3.05
	5.39	23	1148	10	86	1.24	65	0.11	3.21
	5.40*	19	1152	11	83	1.30	66	0.11	3.24
ezond	bovenste deel								
	4.15	21	1229	42	72	0.90	50	0.32	1.89
	4.12	21	1199	40	61	0.76	49	0.28	1.40
	4.26	21	1273	39	61	0.91	52	0.42	1.69
	4.29	21	1231	46	73	0.84	50	0.42	1.94
	4.28	21	1166	37	64	0.90	49	0.38	1.81
	4.44	23	1201	35	66	0.86	52	0.48	2.10
ezond	onderste deel								
	5.09	21	1148	16	79	1.12	60	0.21	2.55
	4.95	21	1069	21	68	0.98	57	0.24	2.34
	5.10	23	1109	18	71	1.06	58	0.22	2.26
	4.95	18	1115	21	78	1.12	58	0.28	2.51
	5.01	21	1069	16	73	1.14	57	0.24	2.39
	5.22	20	1103	15	76	1.18	60	0.21	2.59

\* bepaling mislukt. Gemiddelde van vijf andere behandelingen.

Gehalten zijn uitgedrukt in  $\text{mmol.kg}^{-1}$  droge stof of per liter perssap.