

S P R E N G E R I N S T I T U U T

Haagsteeg 6, 6708 PM Wageningen

Tel.: 08370-19013

*(Publikatie uitsluitend met
toestemming van de directeur)*

RAPPORT NO. 2253

E.J. Woltering, H. Harkema en
E.P. Sterling

PROEFOPSTELLING VOOR DE BEGASSING VAN
TUINBOUWPRODUKTEN MET ETHYLEEN

Uitgebracht aan de directeur van het Sprenger Instituut
Project no. 441 (september 1983)

INHOUD

Samenvatting/Summary

blz.

1. Inleiding

1

2. Beschrijving installatie

1

3. Toegepaste onderdelen en materialen

6

4. Temperatuurverdeling

7

5. Oplosbaarheid van ethyleen in water

10

6. Lektest

12

7. Controle activiteit KOH-oplossing

12

8. Controle luchtsamenstelling

13

9. Discussie

13

Literatuur

14

SAMENVATTING

In dit rapport wordt een installatie beschreven voor de bestudering van het effect van begassing van tuinbouwprodukten met ethyleen.

De installatie bestaat uit 60 gesloten begassingseenheden die geplaatst zijn in 4 klimaatcellen.

Tijdens de experimenten wordt de luchtsamenstelling ($\text{CO}_2/\text{O}_2/\text{N}_2$) op buitenluchtcondities gehandhaafd door het onttrekken van de geproduceerde CO_2 met behulp van een KOH-oplossing en het compenseren van de verademde O_2 met behulp van een O_2 -injectie systeem.

De installatie is ontwikkeld voor de bepaling van de ethyleengevoeligheid van een aantal tuinbouwprodukten in relatie tot de ethyleenconcentratie, de bewaarduur en de bewaartemperatuur.

SUMMARY

In this report a system is described for study of fumigation of horticultural products with ethylene.

The system consists of 60 closed fumigation-units which are situated in 4 climate-chambers.

During fumigation experiments air composition ($\text{CO}_2/\text{O}_2/\text{N}_2$) inside each unit is maintained at atmospherical conditions by scrubbing respired Carbon Dioxide and replenishing of dissimilated oxygen by means of an O_2 -injection mechanism. The system is designed for analysis of ethylene-sensitivity of some products in relation to ethylene concentration, storage-time and storage-temperature.

1. Inleiding

Ethyleen (C_2H_4) is een gasvormig fytohormoon dat een belangrijke regulerende functie vervult bij de groei en de ontwikkeling van planten.

Alle hogere planten en sommige schimmels en bacteriën produceren ethyleen (1).

Vooral in de nabijheid van fruit en vruchtgroenten kunnen hierdoor hoge ethyleenconcentraties voorkomen (5, 7, 8).

Ethyleen komt tevens vrij bij onvolledige verbranding.

Uitlaatgassen van diesel-, benzine- en LPG-motoren bevatten naast o.a. CO aanzienlijke hoeveelheden ethyleen (6).

Op bloemenveilingen en pakstations waar gemotoriseerd verkeer aanwezig is worden dan ook regelmatig betrekkelijk hoge concentraties aangetroffen.

Extern ethyleen kan in het plantaardige weefsel diffunderen en een verstoring van de hormoonbalans bewerkstelligen, hetgeen bij sierteeltprodukten vaak kwaliteitsachteruitgang ten gevolge heeft.

Met name snijbloemen blijken erg gevoelig voor ethyleen te zijn (10, 20).

Echter ook tulpebollen (14) en potplanten (11, 21) blijken na blootstelling aan geringe ethyleenconcentraties schade te vertonen.

De mate waarin bij een bepaald produkt schade optreedt is naast de ethyleenconcentratie en blootstellingsduur sterk afhankelijk van overige klimaatfactoren zoals temperatuur en CO_2 -concentratie (1, 11, 12, 13, 16).

De relatie tussen de bovengenoemde factoren is alleen voor de anjer uitvoerig onderzocht (2).

Voor beoordeling van praktijksituaties (opslag/vervoer) is deze kennis ook voor andere produkten gewenst.

Voor het vaststellen van deze relaties is een installatie geconstrueerd bestaande uit 60 begassingseenheden die per 15 stuks geplaatst zijn in 4 klimaatcellen elk met een temperatuurbereik van ± 5 tot $+30^\circ C$.

In dit rapport wordt de constructie en werking van deze installatie besproken.

2. Beschrijving installatie

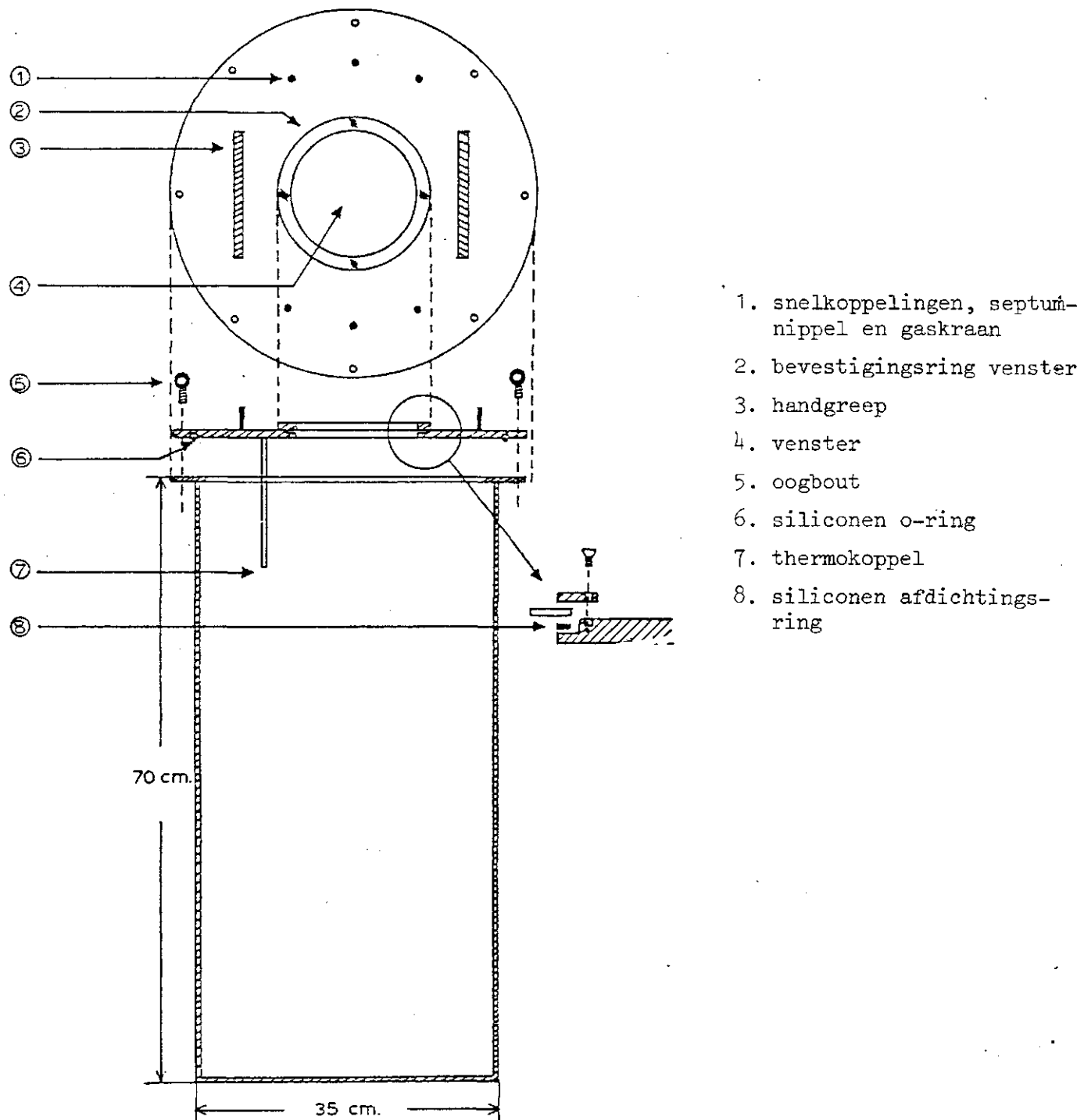
De geconstrueerde installatie bestaat uit 60 begassingseenheden die per 15 stuks in 4 klimaatcellen zijn geplaatst.

Centraal in de installatie staan de roestvrijstalen produktcontainers die in opdracht door de Technisch Fysische Dienst voor de Landbouw geconstrueerd zijn (figuur 1).

De containers bestaan uit een deksel, met hierop de uitwendige aansluitingen (d.m.v. snelkoppelingen), venster, septumnippel, gaskraan en bij enkele containers een thermokoppelaansluiting.

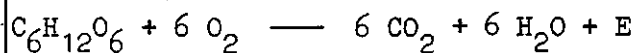
Het deksel wordt d.m.v. oogbouten op de romp, die liggend in rekken geplaatst is, bevestigd.

De afsluiting vindt plaats d.m.v. een o-ring.



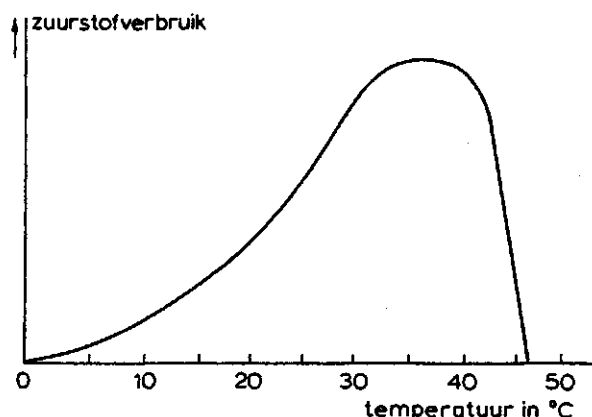
Figuur 1. R.V.S. container voor ethyleenbegassing van tuinbouwprodukten.

Indien levend produkt in de container geplaatst wordt, zal in het donker ten gevolge van dissimilatie de O_2 -concentratie afnemen en de CO_2 -concentratie in ongeveer gelijke mate toenemen volgens de bruto dissimilatie vergelijking.



De intensiteit van dit proces is sterk afhankelijk van de temperatuur (figuur 2) met als gevolg dat er verschillen ontstaan in de samenstelling van de containerlucht indien bij verschillende temperaturen zou worden bewaard en dientengevolge de behandelingen onderling niet meer vergelijkbaar zouden worden.

Van speciaal belang is hierbij de oplopende CO_2 -concentratie omdat deze bij geringe verhoging (0-1%) reeds de ethyleenproduktie kan beïnvloeden (9) en bij verdere verhoging (1-5%) de ethyleengevoeligheid sterk kan verlagen (1, 4, 12, 18).



Figuur 2. Het verband tussen ademhaling en temperatuur

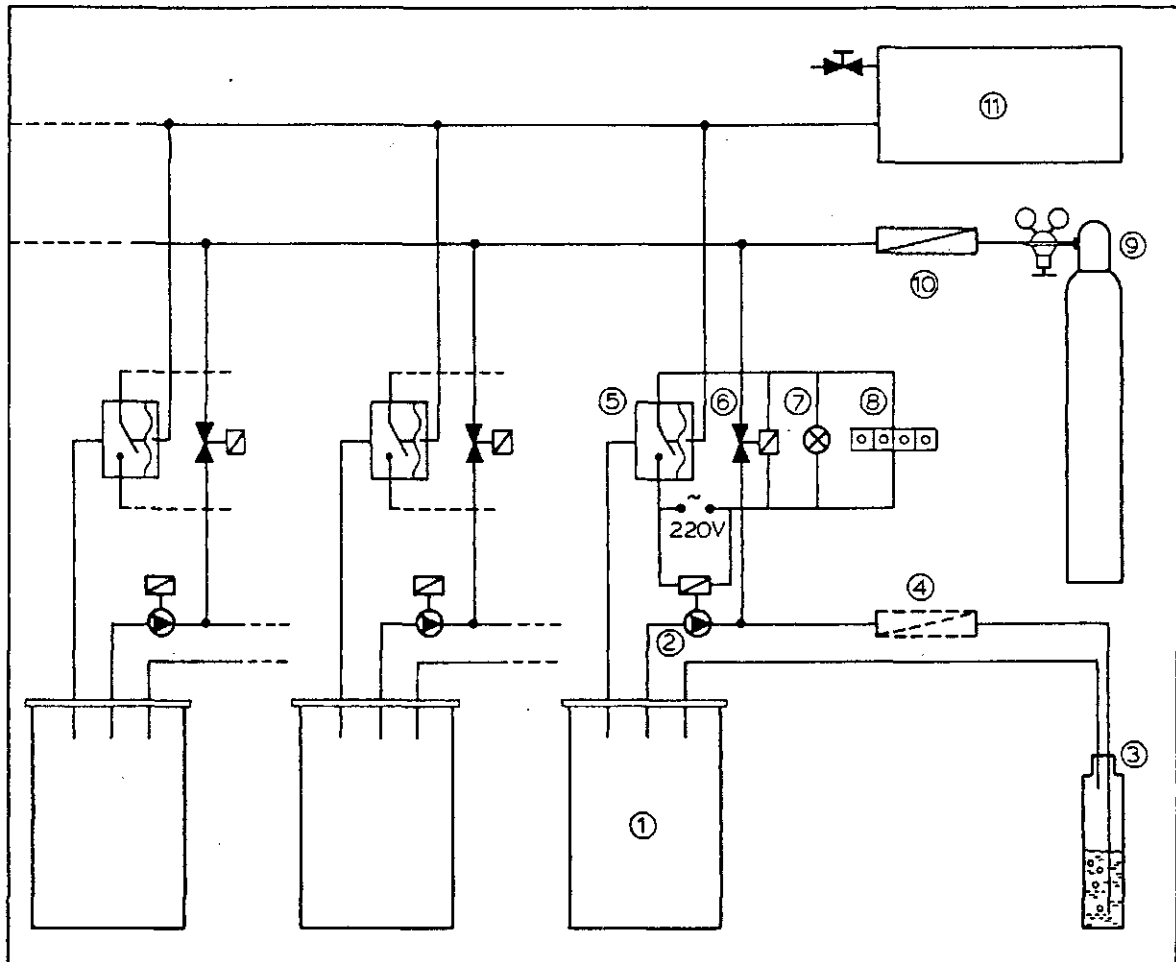
(Bron: De groene aarde, Dr. Th. Alberda e.a., blz. 71)

Ook kunnen verschillen in luchtsamenstelling optreden tussen containers bij eenzelfde temperatuur ten gevolge van de geïnjecteerde hoeveelheid ethyleen.

Ethyleen kan in bepaalde gevallen een "druk" op de ademhaling uitoefenen (14, 17) waardoor ook deze behandelingen niet meer onderling vergelijkbaar zijn.

Omdat een gewijzigde luchtsamenstelling ongewenst is dient deze geregeld te worden. Hiertoe is per container een CO_2 -scrubber en een O_2 -inspuitingsmechanisme gemonteerd.

Aan de hand van figuur 3 wordt de werking van dit mechanisme besproken.



Figuur 3. Installatie voor begassing van tuinbouwprodukten met ethyleen

1. R.V.S.-container (inhoud 70 l)
2. Membraanpomp (~4 l/min.)
3. CO₂-scrubber (KOH opl. 20%)
4. Ethyleenscrubber (Ethysorb)
5. Drukverschilschakelaar (Differentie 3 cm Wk)
6. Magneetklep (open/dicht)
7. Signaallamp
8. Impulsteller
9. Zuurstofcilinder
10. Ethyleenscrubber (Ethysorb)
11. Referentievat (inhoud ~50 l).

D.m.v. een membraancompressor (2) wordt de containerlucht (1) door een KOH-oplossing (20%) (3) geleid (alwaar CO_2 gescrubd wordt) en daarna weer terug de container in.

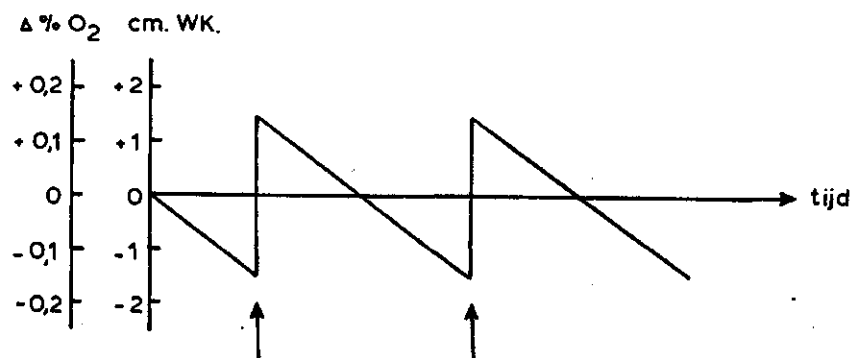
Bij enkele eenheden is in deze keten een ethyleenscrubber (4) (Ethysorb geactiveerd aluminium oxide + KMnO_4) opgenomen zodat door het produkt zelf geproduceerde ethyleen gescrubd kan worden (0 ppm/controle).

De door het scrubben van CO_2 ontstane onderdruk wordt overgebracht op een drukverschilschakelaar (5) waardoor bij voldoende drukverschil tussen container (1) en referentievat (11), aanwezig teneinde te voorkomen dat atmosferische drukveranderingen de drukverschilschakelaar doen aanspreken, de magneetklep (6), de signaallamp (7) en het telrelais (8) bekrachtigd worden.

Er zal nu zuurstof (9) via een ethyleenscrubber (10) in de scrubketen gespoten worden totdat door een geringe overdruk in de container het elektrisch circuit weer onderbroken wordt.

De drukverschilschakelaars staan dusdanig afgesteld dat de differentie ca. 3 cm WK bedraagt.

Het verloop van de druk en de O_2 -concentratie in de container staan geschetst in figuur 4.



Figuur 4. Verloop van de druk (cm WK) en de O_2 -concentratie (%) in container met produkt indien CO_2 gescrubd wordt.

Uitgaande van een begindruk van 1 atm en een constante CO_2 -produktie.

Bij pijlen wordt O_2 geïnjecteerd; het interval is afhankelijk van hoeveelheid produkt en ademhalingsactiviteit.

Door dus elke RVS-container uit te rusten met een CO_2 -scrubber en een O_2 -inspuitingsmechanisme en per klimaatcel één referentievat, blijft tijdens begasingsexperimenten de luchtsamenstelling in alle containers nagenoeg gelijk zodat de experimenten op een reproduceerbare wijze kunnen worden uitgevoerd.

De verschillende onderdelen zijn door de technische dienst van het Sprenger Instituut op overzichtelijke wijze op een paneel aangebracht, waar vandaan slangen naar de containers leiden.

3. Toegepaste onderdelen en materialen

Bassi and Spencer (3) hebben een aantal materialen uitgetest op hun geschiktheid voor toepassing in installaties voor het meten van ethyleenproducties.

Zij tonen aan dat roestvrijstaal, koper, glas en rubber op siliconen basis het meest geschikt zijn in verband met hun geringe adsorptie en emissie van ethyleen. Deze gegevens hebben als basis gediend bij de materiaalkeuze.

Achtereenvolgens worden de verschillende onderdelen en de gebruikte materialen besproken.

Containers:

In opdracht vervaardigd door Technisch Fysische Dienst voor de Landbouw te Wageningen. Inhoud 70 liter. Roestvrijstaal met glazen venster.

Afdichtingen met siliconen o-ring.

CO_2 -scrubbers:

In opdracht vervaardigd door Poulie te Wageningen. Glas met als scrubmedium 20% KOH-oplossing.

Ethyleenscrubbers:

Pvc-buis gevuld met ethysorb (geactiveerd aluminiumoxide met KMnO_4).

Pompen:

WISA-membraanpompen type 123 met EPDM-membranen (rubber).

Het gebruik van siliconenrubber membranen bleek door de geringe mechanische sterkte niet mogelijk (levensduur ca. 3 uur).

Magneetkleppen:

Lucifer, messing.

Drukverschilschakelaars:

HUBA-control A.G. Bereik 1,5-30 mbar, siliconenrubber membranen.

Snelkoppelingen:

Serto, messing koppeling met ventiel, insteeknippel zonder ventiel.

Referentievat:

PVC-gelast. Inhoud ca. 50 liter voorzien van snelkoppeling en gaskraan.

Gaskranen: Messing

Septumnippel: Messing met siliconen-rubber septum.

Slangen: REHAU-plastics, p.v.c. diverse maten.

Proefnemingen met dit materiaal (niet in dit rapport opgenomen) hebben aangetoond dat adsorptie en/of emissie van ethyleen door dit materiaal geen rol van betekenis speelt bij ethyleenbegassingsexperimenten.

4. Temperatuurverdeling

Om na te gaan in hoeverre de containers binnen 1 klimaatcel onderling verschillen in temperatuur zijn zowel bij een hoge ($\sim 24^{\circ}\text{C}$) als bij een lage ($\sim 3^{\circ}\text{C}$) temperatuur metingen verricht.

Hiertoe werd in elke container, in het referentievat en in de cellucht een thermokoppel aangebracht en werd gedurende 1 etmaal de temperatuur elk uur geregistreerd.

In tabel 1 en 2 staan deze metingen gerangschikt.

Bij beide temperaturen blijken de temperatuurverschillen tussen de containers onderling niet significant te zijn.

Het blijkt dus voldoende slechts enkele containers per klimaatcel met een temperatuurmeter uit te rusten.

Tabel 1. Temperatuurmetingen in RVS-containers bij ca. 24°C

OBS	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	24.3	24.4	24.4	24.5	24.5	24.4	24.5	24.4	24.4	24.5	24.3	24.4	24.5	24.4	24.4	24.1	26.2
2	24.4	24.5	24.4	24.5	24.6	24.5	24.6	24.5	24.4	24.3	24.2	24.2	24.5	24.4	24.3	24.0	22.9
3	24.3	24.4	24.3	24.4	24.5	24.5	24.6	24.5	24.4	24.3	24.1	24.1	24.4	24.4	24.2	24.0	25.5
4	24.5	24.6	24.4	24.5	24.6	24.6	24.6	24.6	24.4	24.3	24.1	24.2	24.4	24.4	24.2	24.1	24.7
5	24.4	24.5	24.4	24.4	24.6	24.5	24.6	24.5	24.4	24.2	24.0	24.1	24.4	24.3	24.2	24.0	24.2
6	24.3	24.4	24.3	24.3	24.5	24.4	24.5	24.4	24.3	24.2	24.0	24.1	24.4	24.3	24.2	24.0	26.1
7	24.4	24.4	24.3	24.4	24.5	24.5	24.5	24.5	24.3	24.2	24.0	24.0	24.4	24.3	24.2	24.0	22.4
8	24.2	24.3	24.2	24.3	24.4	24.3	24.4	24.4	24.3	24.2	23.9	24.0	24.3	24.3	24.2	24.0	25.6
9	24.3	24.4	24.3	24.3	24.5	24.4	24.4	24.4	24.3	24.2	24.0	24.0	24.4	24.3	24.2	24.0	23.5
10	24.2	24.3	24.2	24.2	24.3	24.1	24.4	24.3	24.2	24.2	24.0	24.0	24.3	24.3	24.2	24.0	25.7
11	24.2	24.3	24.2	24.3	24.4	24.4	24.4	24.4	24.3	24.2	24.0	24.0	24.3	24.2	24.2	24.0	22.5
12	24.2	24.3	24.2	24.3	24.4	24.3	24.4	24.4	24.3	24.2	24.0	24.1	24.4	24.3	24.2	24.0	26.2
13	24.2	24.3	24.2	24.3	24.4	24.3	24.4	24.3	24.2	24.2	24.0	24.0	24.3	24.3	24.2	24.0	24.6
14	24.3	24.4	24.2	24.3	24.5	24.4	24.4	24.4	24.3	24.2	24.0	24.0	24.3	24.3	24.2	24.0	23.4
15	24.2	24.2	24.1	24.2	24.3	24.3	24.3	24.3	24.2	24.2	23.9	24.0	24.2	24.2	24.2	24.0	25.8
16	24.2	24.3	24.2	24.3	24.4	24.4	24.4	24.4	24.3	24.2	23.9	24.0	24.3	24.2	24.2	24.0	23.2
17	24.2	24.3	24.2	24.3	24.4	24.3	24.4	24.4	24.2	24.1	23.9	24.0	24.3	24.2	24.1	24.0	25.4
18	24.2	24.2	24.1	24.2	24.3	24.3	24.4	24.3	24.2	24.0	23.9	24.0	24.2	24.2	24.1	23.9	25.6
19	24.2	24.3	24.2	24.3	24.4	24.4	24.4	24.4	24.2	24.1	23.9	24.0	24.3	24.2	24.1	24.0	23.3
20	24.2	24.3	24.2	24.3	24.4	24.4	24.4	24.4	24.3	24.1	23.9	23.9	24.3	24.2	24.1	23.9	26.2
21	24.2	24.3	24.2	24.2	24.4	24.3	24.4	24.3	24.2	24.1	23.8	23.9	24.2	24.2	24.0	23.9	24.4
22	24.2	24.3	24.2	24.3	24.5	24.4	24.4	24.4	24.2	24.1	23.8	23.9	24.2	24.2	24.1	23.9	24.3
23	24.2	24.2	24.1	24.2	24.3	24.3	24.3	24.3	24.2	24.0	23.8	23.8	24.2	24.1	24.0	23.8	24.9
24	24.3	24.3	24.2	24.3	24.4	24.4	24.4	24.4	24.2	24.0	23.8	23.8	24.2	24.2	24.0	23.9	23.8
MEAN	24.26	24.34	24.24	24.32	24.44	24.38	24.44	24.40	24.28	24.18	23.97	24.02	24.32	24.27	24.17	23.98	24.58
STDV	0.088	0.097	0.092	0.092	0.092	0.102	0.088	0.078	0.078	0.110	0.124	0.128	0.093	0.082	0.092	0.066	1.251
N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

nr. 1-15 = container

nr. 16 = referentievat

nr. 17 = celtemperatuur

Tabel 2. Temperatuurmetingen in RVS-containers bij ca. 3°C

OBS	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN	MEAN
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	3.4	3.6	3.4	3.7	3.3	3.8	3.5	4.0	4.3	4.6	4.7	4.4	3.9	4.8	3.8	3.7
2	3.4	3.4	3.3	3.5	3.3	3.5	3.3	3.6	3.7	3.8	3.9	3.7	3.4	3.9	3.5	2.7
3	3.9	3.3	3.2	3.3	3.2	3.4	3.3	3.6	3.4	3.7	3.6	3.4	3.3	3.6	3.5	2.8
4	3.4	3.3	3.2	3.3	3.3	3.4	3.3	3.6	3.3	3.6	3.5	3.3	3.3	3.5	3.6	3.8
5	3.4	3.2	3.2	3.3	3.2	3.3	3.3	3.5	3.3	3.6	3.4	3.4	3.3	3.5	3.6	3.6
6	3.3	3.2	3.2	3.3	3.2	3.3	3.2	3.5	3.3	3.6	3.4	3.3	3.3	3.5	3.5	5.0
7	3.3	3.2	3.2	3.3	3.2	3.3	3.2	3.5	3.3	3.6	3.4	3.3	3.3	3.5	3.5	3.4
8	3.4	3.3	3.2	3.3	3.2	3.3	3.3	3.5	3.3	3.6	3.4	3.3	3.3	3.5	3.6	2.0
9	3.4	3.2	3.2	3.3	3.2	3.3	3.3	3.5	3.3	3.5	3.4	3.3	3.2	3.4	3.5	3.9
10	3.3	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.5	3.2	3.5	3.4	3.3	3.2	3.4	3.4	4.5
11	3.3	3.2	3.2	3.3	3.2	3.3	3.3	3.5	3.3	3.6	3.4	3.3	3.2	3.4	3.5	2.8
12	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.2	3.4	3.3	3.5	3.4	3.3	3.3	3.4	3.6	2.5
13	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.5	3.2	3.5	3.4	3.3	3.2	3.4	3.5	4.1
14	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.4	3.2	3.5	3.3	3.2	3.3	3.4	3.4	4.4
15	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.2	3.5	3.3	3.5	3.4	3.3	3.3	3.5	3.5	3.3
16	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.5	3.2	3.5	3.4	3.3	3.3	3.5	3.6	1.9
17	3.3	3.2	3.1	3.2	3.2	3.3	3.2	3.4	3.2	3.5	3.4	3.3	3.3	3.5	3.6	2.8
18	3.3	3.1	3.1	3.2	3.1	3.2	3.2	3.4	3.2	3.5	3.4	3.3	3.2	3.4	3.6	4.4
19	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.4	3.2	3.5	3.3	3.3	3.2	3.4	3.5	4.1
20	3.3	3.1	3.1	3.2	3.1	3.2	3.2	3.4	3.2	3.5	3.4	3.3	3.3	3.5	3.6	2.5
21	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.2	3.4	3.2	3.5	3.4	3.3	3.3	3.4	3.6	3.6
22	3.6	3.4	3.4	3.4	3.5	3.6	3.6	3.6	3.4	3.6	3.6	3.6	3.5	3.6	3.7	3.2
23	3.7	3.5	3.5	3.5	3.6	3.7	3.6	3.7	3.5	3.7	3.7	3.7	3.6	3.8	3.8	4.0
24	3.6	3.4	3.4	3.4	3.5	3.6	3.6	3.6	3.5	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7	3.7	4.6
25	3.6	3.4	3.4	3.4	3.5	3.6	3.6	3.6	3.5	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7	3.7	4.0
26	3.6	3.4	3.4	3.4	3.5	3.6	3.6	3.6	3.5	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7	3.7	4.0
27	3.6	3.4	3.4	3.4	3.5	3.6	3.6	3.6	3.4	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7	3.8	3.2
MEAN	3.41	3.26	3.24	3.26	3.32	3.27	3.33	3.53	3.36	3.62	3.53	3.43	3.36	3.58	3.59	3.43
STDV	0.169	0.133	0.118	0.150	0.155	0.147	0.173	0.127	0.227	0.215	0.279	0.245	0.180	0.281	0.112	0.810
N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27

nr. 1-15 = container

nr. 16 = referentievat

nr. 17 = celtemperatuur

5. Oplosbaarheid van ethyleen in water

Omdat in de begassingseenheid een CO_2 -scrubber is opgenomen met een KOH-oplossing zal hierin enig ethyleen oplossen.

Met behulp van de gegevens van Perry (15) is de oplosbaarheidsfactor als functie van de temperatuur uitgezet (figuur 5).

Hieruit blijkt dat bij hoge temperatuur minder ethyleen in water oplost dan bij lage temperatuur.

Voor het bepalen van de hoeveelheid ethyleen die in het in het systeem aanwezige water oplost (scrubeffect) kan de navolgende formule gehanteerd worden.

$$S = \frac{C * O * G}{I * 100}$$

S = Scrubeffect = afname van de C_2H_4 -concentratie (in ppm) in een bepaald volume door de aanwezigheid van een bepaalde h.v.h. water in het systeem

C = concentratie C_2H_4 in gasfase (ppm)

O = oplosbaarheidsfactor (uit grafiek)

G = hoeveelheid water (in gram)

I = inhoud container (gasfase) in l

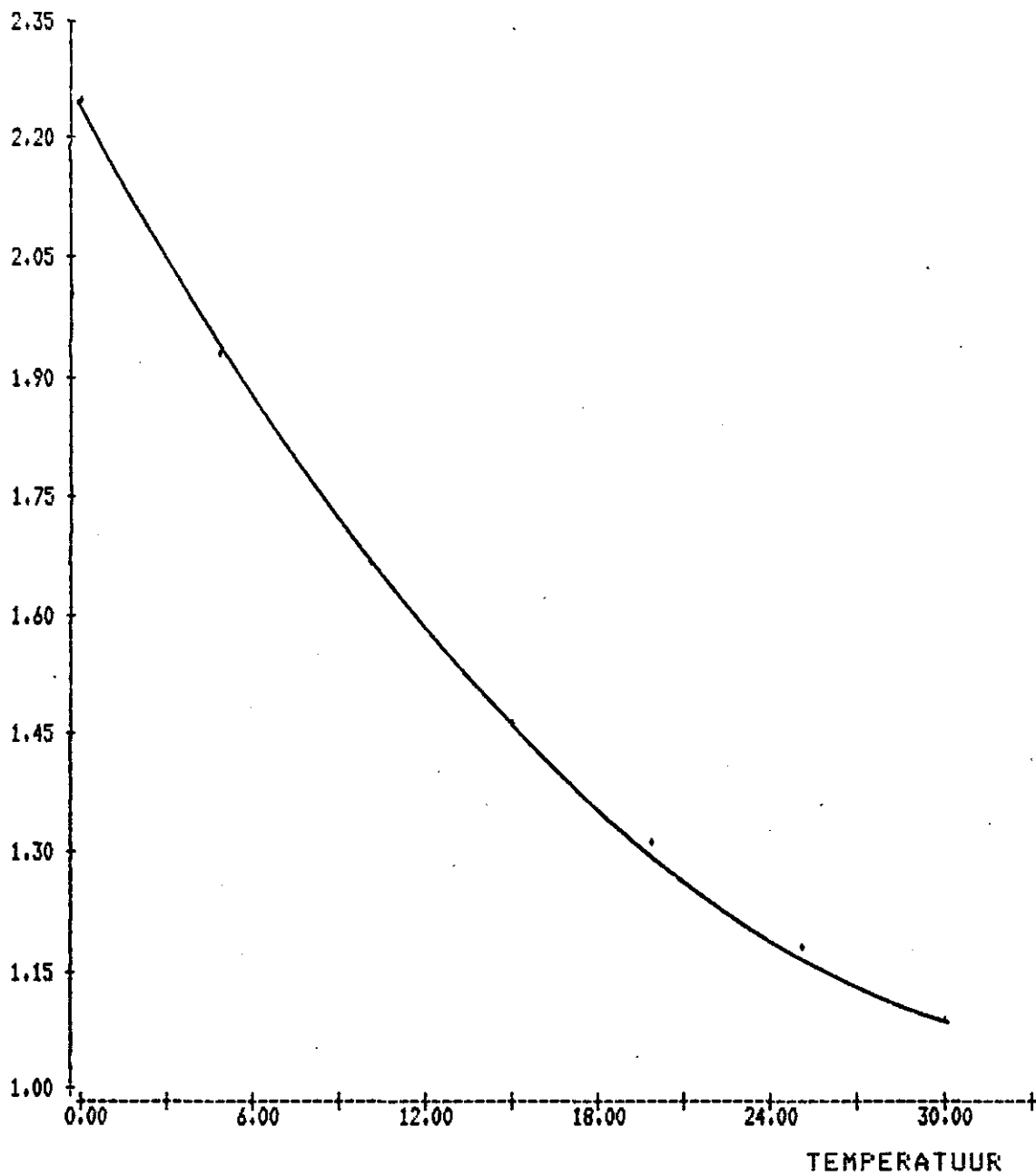
In tabel 3 wordt het scrubeffect voor enkele temperaturen gegeven.

Tabel 3. Scrubeffect (in %) in een systeem met een gasfase van 70 liter en een vloeibare fase van 500 gram

temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)	scrubeffect (%)
0	0,160
6	0,134
12	0,113
18	0,096
24	0,085
30	0,077

Hieruit blijkt dat in de actuele situatie de hoeveelheid ethyleen die in het water oplost zo gering is dat hiermede geen rekening gehouden behoeft te worden. Wel dient na elk experiment de scrubketen enige tijd doorgespoeld te worden om het opgeloste ethyleen weer te verwijderen.

OPL. HEIDS FACT. $\times 10^{-2}$



Figuur 5. Oplosbaarheid (in μl) bij verschillende temperaturen ($^{\circ}\text{C}$) van 1 ppm ethyleen in 100 gram water

6. Lektest

Omdat tijdens ethyleenbegassingsexperimenten de gewenste concentraties doorgaans dicht bij elkaar liggen kunnen kleine lekkages in het systeem de proeven sterk verstoren.

Tevens zal het O_2 -injectie mechanisme door lekkage ontregeld worden.

Een accurate methode voor het testen op lekkages is de volgende procedure:

1. Sluit alle containers en koppel de slangen aan.
2. Breng in het referentie-vat een overdruk van $\pm 0,1$ atm.
3. Als gevolg van deze overdruk zal in alle containers net zo lang O_2 ingespoten worden tot de druk ook $0,1$ atm is.
4. Zet nu alle impulstellers op nul.

Indien lekkages aanwezig zijn zal na enige tijd de desbetreffende begassings-eenheid een of meerdere malen ingespoten hebben hetgeen op de impulsteller afgelezen kan worden.

Met een zeepoplossing kan nu het lek gezocht worden.

Het werken met freon gas en een freon lekzoeker dient vermeden te worden daar freon storend werkt op de ethyleenanalyse en het moeilijk is de freon-spoortjes weer uit het systeem te verwijderen.

7. Controle activiteit CO_2 -scrubbers

De activiteit van het CO_2 -scrubmedium (een 20% KOH-oplossing) kan gecontroleerd worden d.m.v. de volgende test.

De benodigdheden voor deze test zijn:

- een oplossing van 0,1% trinitrotoluol (TNT) in alcohol (95%);
- als referentie-oplossingen: 20% KOH (vers) en een verzadigde oplossing van Na_2CO_3 .

TNT is een indicator die door kleuromslag aan kan geven wanneer de werkzaamheid van KOH verminderd is (19).

Voegt men aan bv. 10 ml van de referentie-oplossingen enkele druppels van de TNT-oplossing toe, dan zal de KOH-oplossing oranje-rood kleuren.

Na_2CO_3 is kleurloos na het toevoegen van TNT.

Door nu aan dezelfde volumina van de te toetsen KOH-oplossingen (in dit geval 10 ml) enkele druppels TNT-oplossing toe te voegen zal er een kleuring ontstaan. Door deze kleur te vergelijken met de referenties kan een globaal oordeel gegeven worden over de te verwachten activiteit van de KOH-oplossingen.

Het is wel noodzakelijk om de kleurvergelijkingen zo spoedig mogelijk na het toevoegen van TNT uit te voeren, daar de kleuren gaan verlopen.

8. Controle luchtsamenstelling

Nadat het produkt in de containers is geplaatst kan via het verwisselbare septum met een injectiespuit ethyleen geïnjecteerd worden.

De injectie van ethyleen vindt plaats met polypropyleen injectiespuiten (1-10 ml; Becton-Dickinson & Co. Ltd) uit infuusflessen waarin verdunningen van ethyleen in lucht zijn gemaakt met behulp van 100% ethyleengas (Matheson).

De te injecteren hoeveelheid ethyleen wordt als volgt berekend:

$$d = \frac{C_g * (V-G)}{C_i}$$

waarbij:

d = aantal ml C_2H_4 doseren

C_g = gewenste concentratie (ppm)

V = volume (in ml)

G = vers gewicht produkt (in g)

C_i = concentratie geïnjecteerde ethyleen (ppm)

Via hetzelfde septum kan met dezelfde soort injectiespuiten een luchtmonster uit de container worden getrokken ter analyse.

Voor de analyse van ethyleen wordt gebruik gemaakt van een Intersmat gaschromatograaf type G.C. 120 met dubbele kolom en vlamionisatie detector (FID).

Determinatie van ethyleen vindt plaats op basis van retentie-tijd, kwantificatie op basis van piekoppervlakte met behulp van een Hewlett-Packard 3390A-integrator. De ijking van de gaschromatograaf geschiedt met behulp van ijkassen, 0,1-100 ppm (Matheson).

De koolzuurgasmeting vindt plaats door aan het eind van de proef een A.D.C. (type SS 1 MK3-4944) aan de containers te koppelen, de O_2 -concentratie wordt gemeten met een Sybron-Tayler zuurstofmeter (type Servomex OA 570).

9. Discussie

Alhoewel het hier beschreven systeem geconstrueerd is voor de begassing van tuinbouwprodukten met ethyleen kunnen uiteraard ook andere gassen gedoseerd worden en desgewenst kan de CO_2 -scrubber en het O_2 -inspuitingsmechanisme uitgeschaafd of gemodificeerd worden.

Door het multifunctionele karakter van de RVS-containers is het tevens mogelijk deze aan te wenden voor ethyleen- of CO_2 -produktiemetingen of de handhaving van CA-condities.

Omdat tijdens begassingsexperimenten de relatieve vochtigheid in de container niet geregeld kan worden zal deze sterk oplopen (95-100%).
Het bewaarde produkt zal dientengevolge niet sterk uitdrogen.
Als deze hoge r.v. een probleem is kan desgewenst een "droger" in de keten worden opgenomen.
Doordat de begassingseenheden alle nagenoeg een zelfde volume hebben en door de gebruikmaking van ethyleenverduunnings reeksen kan in een groot concentratiegebied zeer nauwkeurig gedoseerd worden.

Literatuur

1. Abeles, F.B.
Ethylene in plant biology.
New York, Acad. Press, 1973. 302 blz.
2. Barden, L.E. and J.J. Hanan
Effect of ethylene on carnation keeping life.
J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97(6)785-788(1972).
3. Bassi, P.K. and M.S. Spencer
A cuvette design for measurement of ethylene production and carbon dioxide exchange by intact shoots under controlled environmental conditions.
Plant Physiol 64, 488-490 (1979).
4. Beyer, E.M.
 $^{14}\text{C}_2\text{H}_4$: Its incorporation and oxidation to $^{14}\text{CO}_2$ by cut carnations.
Plant Physiol. 60, 203-206(1977).
5. Boerrigter, H.A.M.
Het verloop van de ethyleenconcentratie in 2 aan elkaar grenzende koelcellen tijdens de weekendopslag van tomaten en komkommers op de veiling Bleiswijk.
Wageningen, Sprenger Instituut 1980, Rapport no. 2140, 18 blz.
6. Byl, R.S.
Effect van uitlaatgassen bij gebruik van heftrucks op bloembollenbedrijven.
Bloembollencultuur 90(26)668-669(1980).
7. Damen, P.M.M., H.A.M. Boerrigter en W.H. Molenaar
Ethyleen tijdens het transport van gemengde ladingen.
Wageningen, Sprenger Instituut 1981, Rapport no. 2190, 10 blz.

8. Damen, P.M.M. en H.A.M. Boerrigter
Ethyleenconcentraties in de afzetketen.
Groente en Fruit 37(32)18-19(1982).
9. Dhawan, K.R., P.K. Bassi and M.S. Spencer
Effects of carbon dioxide on ethylene production and action in intact sunflower plants.
Plant Physiology, 68, 831-834(1981).
10. Harkema, H. en E.J. Woltering
Ethyleenschade bij snijbloemen en trekheesters.
Vakblad voor de Bloemisterij, 36(22)40-42(1981).
11. Marousky, F.B. and B.K. Harbaugh
Deterioration of foliage plants during transit.
NTFSC Proceedings pp. 33-39 (1978).
12. Marousky, F.B. and B.K. Harbaugh
Interactions of ethylene, temperature, light and CO₂ on leaf and stipule abscission and chlorosis in *Philodendron scandens* subsp. *oxycardium*.
J. Amer. Hort. Sci. 104(6)876-880(1979).
13. Maxie, E.C., D.S. Farnham, F.G. Mitchel, N.F. Sommer, R.A. Parsons, R.G. Snijder and H.L. Rae
Temperature and ethylene effects on cut flowers of carnation (*Dianthus carophyllus* L.).
J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98(6)568-572(1973).
14. Munk, W.J. de
Afwijkingen in tulpen door ethyleen.
Vakblad voor de Bloemisterij 32(50/51)28-29(1977).
15. Perry, R.H., C.H. Chilton and S.D. Kirkpatrick
Perry's chemical engineers handbook; 4th ed.
New York, enz., McGraw-Hill, 1963, 1910 blz.

16. Smith, W.H. and J.C. Parker
Prevention of ethylene injury to carnations by low concentrations of carbon dioxide.
Nature 211(5044)100-101(1966).
17. Solomos, T.
Cyanide-resistant respiration in higher plants.
Annual Review Plant Physiology 28, 279-297(1977).
18. Uota, M.
Carbon dioxide suppression of ethylene-induced sleepiness of carnation blooms.
J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94(6)598-601(1969).
19. Weast, R.C.
CRC handbook of Chemistry and Physics
51st edition 1970-1971.
Cleveland, Ohio, CRC press Inc. 1970.
20. Woltering, E.J. en H. Harkema
Ethyleenschade bij snijbloemen.
Vakblad voor de Bloemisterij 36(13)36-38(1981).
21. Woltering, E.J.
Kennnis ethyleengevoeligheid onontbeerlijk bij lange bewaartijden.
Vakblad voor de Bloemisterij 37(42)56-59(1982).

Wageningen, 12 september 1983

EJW/MJ