

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. 2333

Ir. G. van Beek en W. Maas

ONTWIKKELING VAN EENVOUDIGE METHODIEKEN
OM DE EISEN VAST TE STELLEN VOOR
COATINGS VAN BOOMKWEKERIJGEWASSEN

Project no. 447
januari 1987
0169-765X

INHOUD

	<u>blz.</u>
Summary Samenvatting	
Deel 1: <u>Grondslagen</u>	1
Inleiding	1
Overzicht van het onderzoek	2
Toelaatbaar vochtverlies zonder coating	2
Toelaatbaar vochtverlies met coating	3
Vochtafgiftesnelheid ongecoate gewassen	3
Vochtdoorlatendheid coatings	8
Andere eigenschappen van de coating	11
- droogtijd van een coating	11
- verdunnen	13
- effect van een coating op een boomkwekerij- gewas	13
Conclusies en aanbevelingen	21
<u>Bijlagen</u>	
1. Relatie tussen waterdampconcentratie C en waterdampspan- ning p	23
2. Berekening van het dampdrukdeficit	24
3. Bepaling vochtgehalte van boomkwekerijgewassen	27
4. Verband tussen specifieke vochtafgifte (oppervlak), diffusiecoëfficiënt en weerstand	29
5. Beschrijving van de "Jampotproef"	30
6. De effectieve diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht	31
7. Relatieve dampdruk van zwavelzuur-water en van glycerol- watermengsels, gemiddeld tussen 10° en 30°C	38
8. Bepaling oppervlak van gewassen	39

Deel 2: Experimentele toepassingen

Inleiding	40
Beschrijving van de experimenten	
experiment 1: appeltak, tijdstip	41
experiment 2. appeltak, specifieke vochtafgifte, weerstand	43
experiment 3. appel-, pere-, kerse-, Gleditsiatak, weerstand	45
experiment 4. gecoate takken, beschermingsgraad, weerstand	46
experiment 5. geperforeerde plastic folies, weerstand	48
experiment 6. weerstand, verdunning	49
experiment 7. weerstand, folie, coating	51
experiment 8. rozetakken, specifieke vochtafgifte	52
experiment 9. cellofaan, folie, coating, weerstand	55
experiment 10. rozetakken, specifieke vochtafgifte	56
experiment 11. luchtweerstand, jampotproef	57
experiment 12. diffusiegetallen, geperforeerde folie	58
experiment 13. luchtweerstand, donker, jampotproef	59
experiment 14. coatingen, weerstand	60
experiment 15. coatingen, weerstand	61
experiment 16. coatingen, weerstand, herhaling	62
experiment 17. rozestruik, gecoat en nacht, weerstand	63
experiment 18. evenwichts dampspanning	68
experiment 19. rozestruik, gecoat, houdbaarheid	73
experiment 20. rozestruik, toelaatbaar vochtverlies	76
experiment 21. coating, toxiciteit	78

SUMMARY

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR THE DETERMINATION OF COATING REQUIREMENTS OF TREE NURSERY STOCK

During the distribution of a number of products, moisture loss can occur rapidly.

Protection against excessive moisture loss is absolutely necessary. Coating the products could be an answer.

In order to discover generally applicable rules, a model was developed. This model is based on the specific moisture loss of the product and on the moisture-permeability characteristics of the coatings. Several coatings and products were tested. The results showed large variations between products and material properties, in moisture loss and in moisture permeability.

SAMENVATTING

Bij een groot aantal produkten treedt tijdens de distributie reeds snel vochtverlies op. Opbrengstderving door het niet aanslaan van bijvoorbeeld boomkwekerijgewassen en onderstammen kan het gevolg zijn. Ook voor de droge distributie van sommige soorten bloembollen kan te groot vochtverlies kwaliteitsnadeel betekenen. Bescherming tegen overmatig vochtverlies is in die gevallen absoluut noodzakelijk. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door de betreffende produkten te coaten.

Teneinde algemene wetmatigheden in deze materie te ontdekken werd in 1986 gewerkt aan een model, dat gebaseerd is op de specifieke vochtafgifte van het produkt en de vochtdoorlatendheidseigenschappen van coatings. Een aantal coatings en gewassen werd getest. De resultaten toonden grote variaties van produkt- en materiaaleigenschappen met betrekking tot vochtafgifte en vochtdoorlatendheid.

DEEL 1: GRONDSLAGEN

INLEIDING

Wat is het doel van een coating?

Zijn er alternatieven?

Waarom noemen we geen namen?

Waarom alleen voor boomkwekerijgewassen?

Het afzetkanaal van boomkwekerijgewassen wordt steeds langer. Hierdoor worden de kansen op uitdroging groter. Door een coating kunnen de gewassen tijdens bewaring of transport beschermd worden met het doel het waterverlies tegen te gaan. De huid van het gewas beschermt in zekere mate tegen uitdroging, maar het aanbrengen van een coating introduceert een extra beschermlaag.

Een coating is een vloeistof die door dompelen of spuiten aan het oppervlak van het gewas hecht en die na droging een extra beschermlaag heeft gevormd ("beschermende jas"), zogezegd een tweede huid. Coatings zijn te verdelen in wateroplosbare of niet-wateroplosbare emulsies of suspensies. De chemische samenstelling varieert van natuurlijke wassen tot synthetische harsen.

Aan een coating kunnen stoffen worden toegevoegd die, naast bescherming tegen uitdroging, nog andere effecten veroorzaken, zoals remming van schimmelgroei of opbouw van gewenste gasconcentraties in het weefsel van het gecoate gewas. Het gevaar bij gebruik van een niet juiste coating kan zijn dat gasstromen te veel worden belemmerd zodat het "levende" gewas tekort aan zuurstof krijgt, wat een kwaliteitsverlies kan betekenen.

Een zeer belangrijke eis is dus dat men gebruik maakt van een coating die doorlatend is.

Andere mogelijkheden om boomkwekerijgewassen kwalitatief beter door het afzetkanaal te loodsen zijn kleinverpakken, gekoeld bewaren, toepassen van buffermaterialen zoals turfmoel, kranten, houtsnippers, bewaring bij gewijzigde gas-samenstelling of een combinatie van diverse methoden. Vooral kleinverpakken is vergelijkbaar met coaten omdat een folie, weliswaar op enige afstand van het gewas, dezelfde effecten veroorzaakt als een coating.

Het Sprenger Instituut heeft van gerenomeerde firma's bestaande coatings of in ontwikkeling zijnde produkten verkregen voor beproeving.

Om te vermijden dat een nog niet uitgerijpt produkt in een te vroeg stadium, en misschien ten onrechte, als "slecht" of "goed" wordt bestempeld, is in dit rapport een coating van bepaalde samenstelling door een letter aangegeven.

Het doel van dit rapport is namelijk om vast te leggen welke methoden gebruikt zijn om diverse aspecten van een coating, bijvoorbeeld droogtijd of beschermingsgraad, te onderzoeken. Uiteindelijk streeft het Sprenger Instituut ernaar vast te stellen aan welke eisen een coating moet voldoen voor de toepassing op tuinbouwprodukten tijdens een bepaald deel van de afzetketen.

Het rapport beperkt zich tot boomkwekerijgewassen. Coatings voor eetbare tuinbouwprodukten, bijvoorbeeld appels en sinaasappels, moeten aan andere - strengere - eisen voldoen, zo zij ooit worden toegestaan, omdat de exportpositie van Nederland onmiddellijk in gevaar komt als andere landen "vreemde substanties" aantonen op de door Nederland verhandelde, eetbare tuinbouwprodukten.

Na deze inleiding volgt een algemeen gedeelte waarin in grote lijnen uiteengezet wordt welke begrippen bruikbaar zijn bij coaten en welke eigenschappen het gewas en de coating hebben.

Daarna volgt deel 2 met een chronologische beschrijving van 21 experimenten, die in de onderzoeksperiode 1985-1986 zijn uitgevoerd.

OVERZICHT VAN HET ONDERZOEK

Wat is het toelaatbaar vochtverlies van boomkwekerijgewassen?

Hoe groot is de weerstand van coating en gewas?

Hoe lang is de droogtijd?

Mogen coatings verdund worden?

Wat is de beschermingsgraad?

Toelaatbaar vochtverlies zonder coating

Van een aantal tuinbouwprodukten is bekend wat het maximaal aanvaardbaar vochtverlies is (tabel 1). Bij een vochtverlies dat hierboven ligt, is een gewas niet meer aanvaardbaar voor de consument vanwege rimpeling van de huid en algehele slapheid.

Tabel 1: Maximaal aanvaardbaar vochtverlies van een aantal tuinbouwprodukten

type produkt	max. vochtverlies in %
bolvormig fruit en groente	4 - 6
bladgroente	8 - 12
bloemen	4 - 20

Om het maximaal toelaatbaar vochtverlies van rozestruiken te meten zijn rozestruiken gedurende 1 week bewaard in afgesloten exsiccatoren (fig. 1) waarin de relatieve vochtigheid met glycol-water mengsels zodanig gekozen was dat de struiken 3 tot 60% (op natte basis = kg vocht/kg produkt) waren ingedroogd (zie bijlage 7). De wortels van de struiken waren van grond vrijgewassen. Bij 25% vochtverlies bleken de struiken niet meer aan te slaan, of groeide de struik uit op de onderstam en niet op de ent. Uit andere experimenten is ook globaal af te leiden wat het toelaatbaar vochtverlies is (zie tabel 2).

Tabel 2: Toelaatbaar vochtverlies van rozestruiken

omschrijving produkt	% (natte basis)
1. rozestruikjes, 1-jarig, geënt op onderstam wortelen vrij	25
2. rosa "peace" meerjarig, 3 maanden bewaard	11
3. rosa "gaillard", meerjarig, 3 maanden bewaard	9
4. rosa "peace"	26
5. ribes "sang"	32

De cijfers in de tabel zijn slechts een aanwijzing dat te veel vochtverlies blijvend schade geeft. Voor de meting van het vochtgehalte zie bijlage 3.

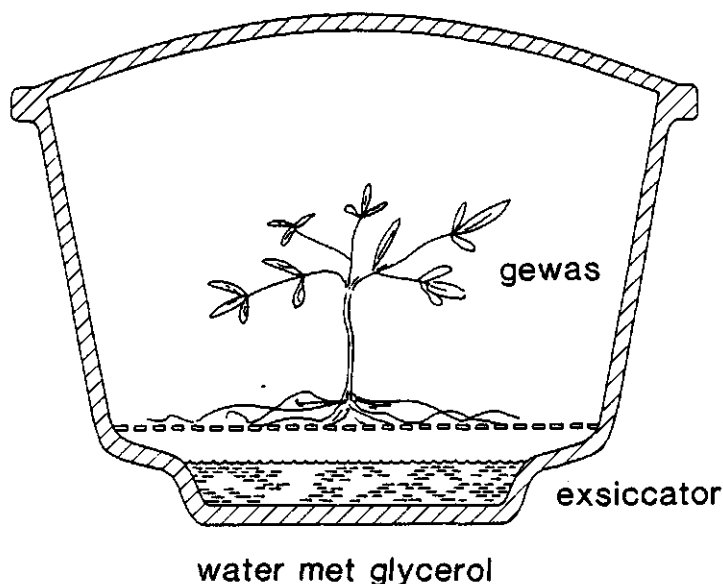


Fig. 1: Meting evenwichts relatieve vochtigheid van een boomkwekerijgewas

Toelaatbaar vochtverlies met coating

In principe heeft de coating geen invloed op het maximaal toelaatbaar vochtverlies van boomkwekerijgewassen, maar omdat de coating ook een weerstand vormt tegen zuurstof- en kooldioxide-transport kan een zekere mate van verstikking van het gewas optreden. Het nadelige effect van deze verstikking kan wellicht worden opgeheven door minder vochtverlies. Aan de andere kant kunnen veranderde gasconcentraties de ademhalingsactiviteit van de gewassen verminderen waardoor de bewaarbaarheid toeneemt. Er zijn experimenten uitgevoerd met gecoate produkten om het toelaatbaar vochtverlies te bepalen, maar uit voorgaande redenering volgen enkele eisen te stellen aan een coating:

1. geringe vochtdoorlatendheid;
2. goede zuurstof- en kooldioxidedoorlatendheid.

Vochtafgiftesnelheid ongecoate gewassen

Door ongecoate gewassen te bewaren bij een constante temperatuur en constante relatieve vochtigheid en door de gewassen dagelijks te wegen, krijgt men een indruk van de vochtafgiftesnelheid. De verandering van de massa van de gewassen doorloopt 3 perioden (fig. 2). In de eerste periode heerst een grote niet-constante vochtafgiftesnelheid. Het vrije water aan en in de huid van het gewas

verdampt bijna ongehinderd.

In de tweede periode treedt een constante vochtafgiftesnelheid op omdat dan de huid van het gewas de enige weerstand vormt en het vochtgehalte in het gewas nog zeer hoog is. De evenwichts-dampspanning in het gewas is in die periode 95 tot 99%.

In de derde periode heeft het gewas zoveel vocht verloren dat de evenwichts-dampspanning in het gewas niet constant is maar daalt naar het dampspanningsniveau van de omringende lucht. Als dat punt bereikt is, geeft het gewas geen vocht meer af omdat de drijvende kracht voor vochtafgifte nul is.

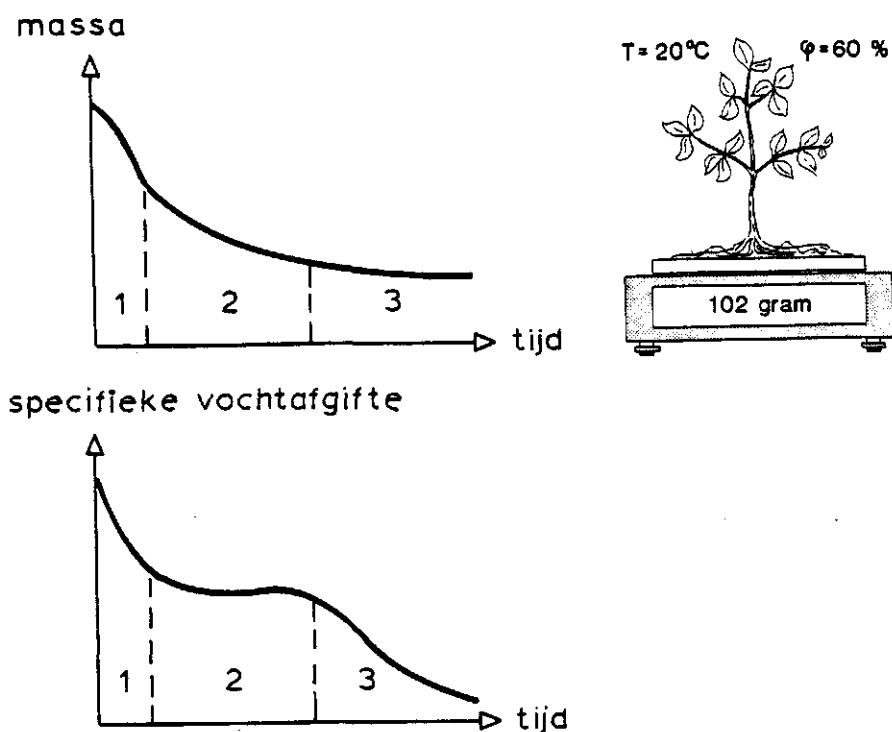


Fig. 2: Meting van de specifieke vochtafgifte en aanduiding van de 3 fasen

Algemeen geldt dat de verandering van de specifieke vochtafgifte in de tijd veroorzaakt wordt door (fig. 3):

1. veranderingen in de huid zelf; als de cellen in de huid water verliezen dan zal de oorspronkelijke bolvorm veranderen in een plattere vorm waardoor de weerstand toeneemt;
2. het ontstaan van een verdeling van het vochtgehalte in het gewas; hierdoor zal de stroming van waterdamp bepaald worden door de porositeit, de effectieve diffusiecoëfficiënt van waterdamp en de af te leggen weg, die steeds langer wordt;
3. het afnemende vochtgehalte in het gewas; dit veroorzaakt een afnemend dampdrukdeficit - de drijvende kracht voor vochtafgifte.

Vooraf de tweede periode leent zich voor het bepalen van de eigenschappen van het gewas.

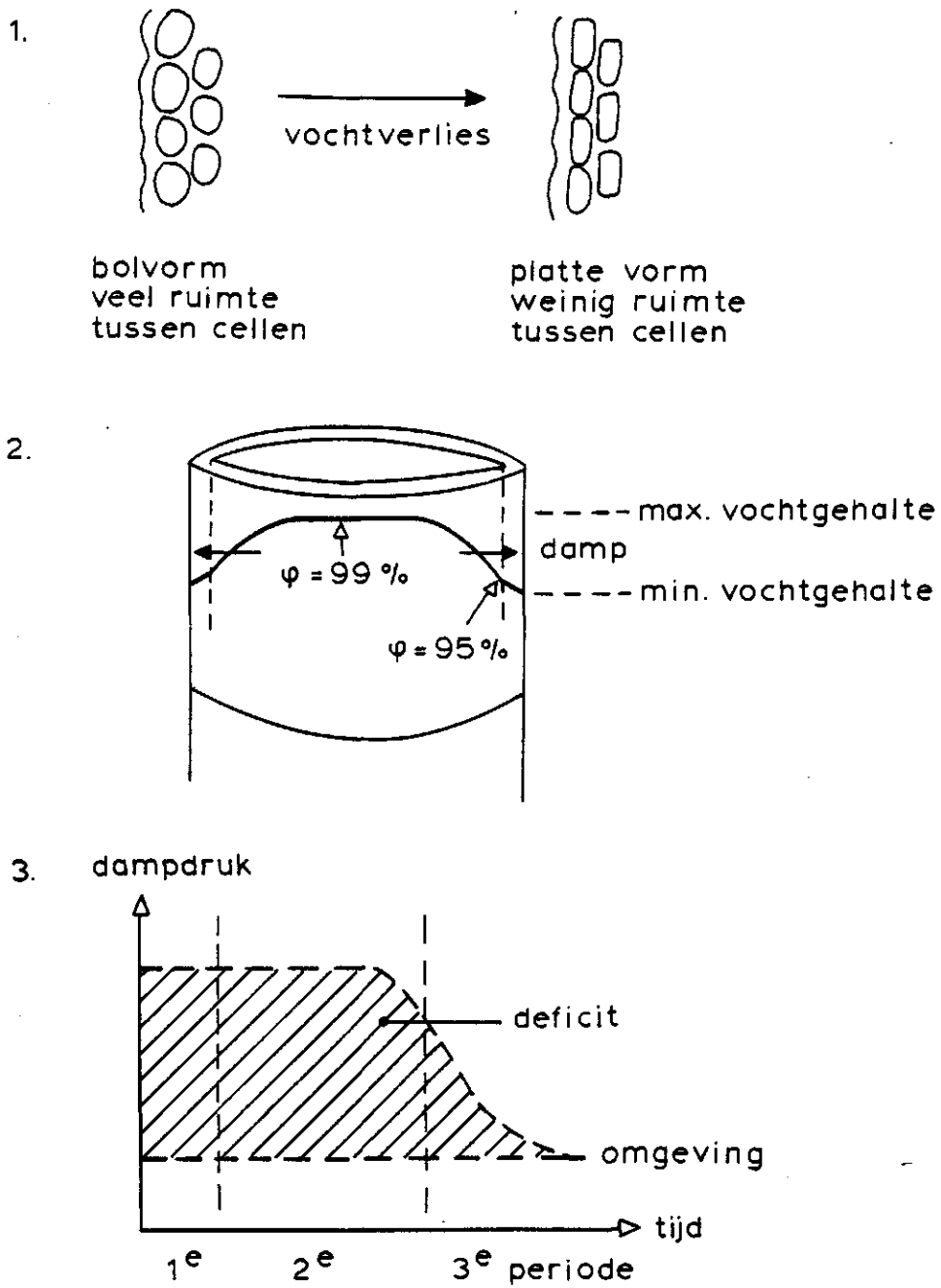


Fig. 3: Redenen waarom de specifieke vochtafgifte veranderlijk is

Rondom het gewas heerst ook een constante dampspanning zodat een constante drijvende kracht voor de waterdampstroom bestaat. Uit de metingen in deze periode is de specifieke vochtafgifte, een basiseigenschap van het gewas, met de volgende vergelijking te berekenen (fig. 4 en bijlage 2):

$$k(\text{massa}) = w / (p_{\text{produkt}} - p_{\text{omgeving}}) \text{ waarin: } w = dm / (\langle m \rangle * dt)$$

symbool	eenheid	grootheid
k(massa)	kg/(kg.Pa.s)	specifieke vochtafgifte
w	kg/(kg.s)	vochtafgifte
p	Pa = N/m ²	waterdampdruk
dm	kg	massaverlies in de tijd dt
⟨m⟩	kg	gemiddelde massa van gewas in de tijd dt
dt	s	tijd dat de proef loopt

Tabel 3 geeft een overzicht van de specifieke vochtafgifte van enkele boomkwekerijgewassen en, ter vergelijking, van andere tuinbouwprodukten.

Tabel 3: de specifieke vochtafgifte van enkele tuinbouwprodukten

omschrijving produkt	k in kg/(kg.Pa.s)
appeltak	0,6...1,5 E-10
topstuk van een appeltak	1,3 E-10
middenstuk van een appeltak	0,9 E-10
ondereinde van een appeltak	0,8 E-10
peretak	2,0 E-10
kersetak	4,3 E-10
gleditsiatak	3,2 E-10
rozetak	21...4 E-10
wortelgestel van roos "peace"	67...0 E-10
appel(vrucht)	0,7 E-10
spruitjes	24 E-10
roos (snijbloem)	50 E-10

Theoretisch is het juist de vochtafgifte per oppervlak te berekenen omdat waterdamp door de huid van het gewas stroomt. Voor veel produkten, bijvoorbeeld wortelgestellen, is de bepaling van het oppervlak niet eenvoudig, zodat meestal de vochtafgifte per massa wordt berekend.

Tabel 4 geeft de specifieke vochtafgifte per oppervlak (bijlage 8). Hieruit blijkt dat de huid van het ondereinde van een appeltak een hogere specifieke vochtafgifte heeft (= meer doorlatend) dan de top. Per massa was de conclusie omgekeerd (zie tabel 3).

De specifieke vochtafgifte is ook nog omgerekend in vochtdoorlatendheid (D/d) en weerstand (R), omdat deze eigenschappen meestal gebruikt worden bij folies en

coatings. Nu kan de vochtdoorlatende eigenschap van de huid van een gewas vergeleken worden met die van een coating of een folie.

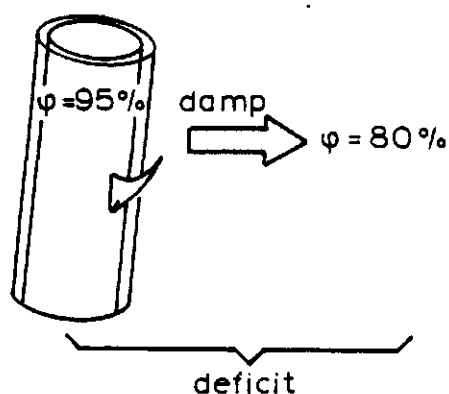


Fig. 4: Het deficit is de drijvende kracht van vochtafgifte

Tabel 4: De specifieke vochtafgifte per oppervlak en de weerstand

omschrijving produkt	k in $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{s})$	D/d in m/s	R in s/m
appeltak top	1,3 E-10	1,7 E-5	59000
appeltak midden	2,6 E-10	3,4 E-5	30000
appeltak ondereinde	4,1 E-10	5,3 E-5	19000
roos 'Peace' top	13,5 E-10	18,0 E-5	5700
roos 'Peace' midden	12,0 E-10	16,0 E-5	6400

Zie bijlage 4 voor het verband tussen k, D/d en R

De specifieke vochtafgifte per oppervlak is kenmerkend voor de doorlatende eigenschappen van de huid. De andere tuinbouwprodukten zijn goed onder te brengen in een aantal groepen, zoals tabel 5 toont.

Tabel 5: De specifieke vochtafgifte van enkele groepen tuinbouwprodukten

omschrijving	k in $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{s})$	(R) in s/m
hard fruit, appel, aardappel	4 ... 8 E-10	12800
zuidvruchten	12 ... 22 E-10	4800
zacht fruit aardbei, framboos	33 ... 40 E-10	2100
wortelen en knollen	89 ... 210 E-10	510
bladgroente	200 E-10	380
wateroppervlak	1000 E-10	80
bloemen (tulp, chrysaant)		100...800

Vochtdoorlatendheid coatings

De weerstand van een coating tegen een waterdampstroom wordt bepaald door de dikte, de chemische samenstelling en de wijze van aanbrengen. Na verloop van tijd treedt verwerking op of lost de coating op in vrij water waardoor de weerstand van de coating afneemt.

De eigenschap waaruit de weerstand van de coating volgt is de diffusiecoëfficiënt van waterdamp door de coating.

$$\text{diffusiecoëfficiënt} = \frac{\text{massastroom waterdamp} * \text{dikte coating}}{\text{doorstroomd oppervlak} * \text{waterdampdrukdeficit}}$$

De volgende proefopzet is gekozen om de diffusiecoëfficiënt te meten (zie fig. 5 en bijlage 5). De coating wordt opgebracht op cellofaanfolie dat gespannen is over de opening van een jampot. In de jampot zit een nauwkeurig afgewogen hoeveelheid water. Waterdamp stroomt achtereenvolgens door de luchtlaag tussen water en cellofaan, door de cellofaan, door de opgebrachte coating en tenslotte naar de omgeving. Als de weerstand van de luchtlaag en cellofaan bekend is, kan de diffusiecoëfficiënt van de coating bepaald worden door het vochtverlies uit de jampot regelmatig te meten.

De diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht is volgens literatuurgegevens $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Deze metingen zijn echter onder laboratoriumcondities gedaan, zodat wij zelf een experiment hebben opgezet om de praktische waarde te meten. De methode maakt gebruik van 2 jampotten afgesloten met cellofaan en gevuld met 20 en 200 ml water.

De afstand tussen water en cellofaan is daardoor verschillend, zodat de waterdampstroom uit de jampot met weinig water (= dikke luchtlaag) kleiner is dan uit de andere jampot. Met dit experiment wordt de diffusiecoëfficiënt gevonden in lucht en cellofaan.

De praktische waarde voor lucht is ca. 4 x groter dan de waarde genoemd in de literatuur (bijlage 6).

JAMPOTMETHODE

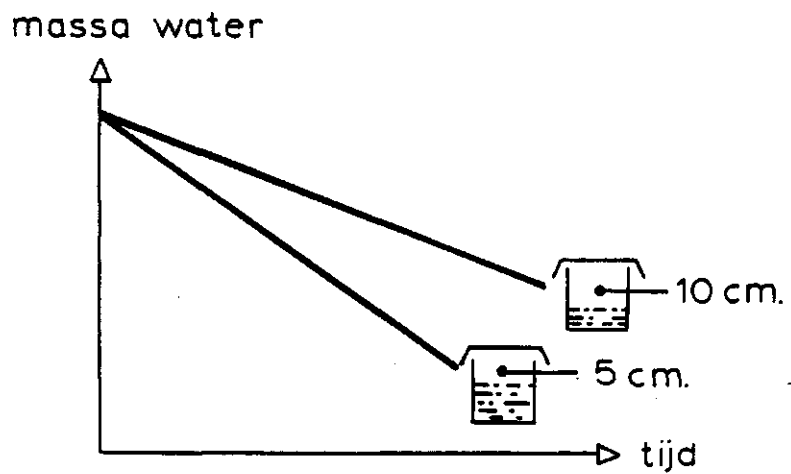
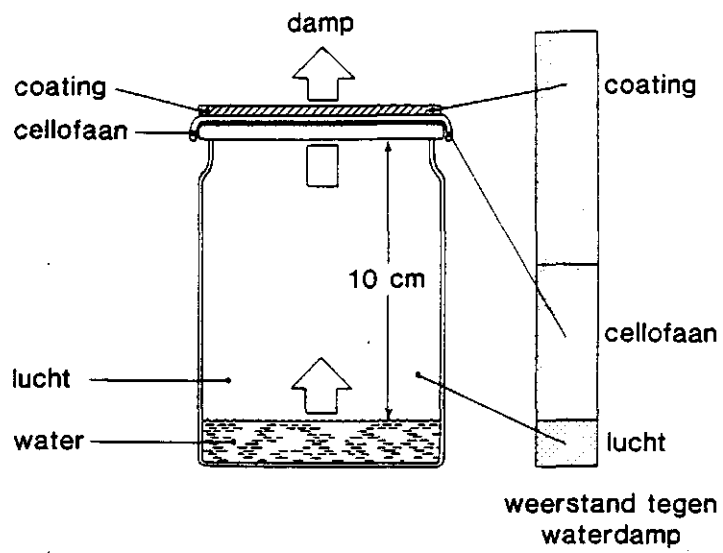


Fig. 5: De meting van de vochtdoorlatendheid van coating, cellofaan en lucht met de jampotmethode

Van een op de cellofaan aangebrachte coating is de dikte niet altijd voldoende nauwkeurig te meten. Meestal is wel bekend hoeveel massa per oppervlakte eenheid is opgebracht. Als de dikte onbekend is, dan is de verhouding D/d (diffusiecoëff./dikte) de bepalende coatingeigenschap. De onderstaande vergelijking vormt de basis voor de meting van D/d:

$$D/d = \frac{w}{A \cdot (C_{\text{hoog}} - C_{\text{laag}})}$$

symbool	eenheid	grootheid
D/d	m/s	vochtdoorlatendheid
d/D = R	s/m	weerstand
D	m ² /s	diffusiecoëfficiënt
d	m	dikte
w	kg/s	waterdampstroom door materiaal
A	m ²	doorstroomd materiaal oppervlak
C	kg/m ³	waterdampconcentratie

In tabel 6 zijn meetresultaten opgenomen voor enkele verkregen coatings. D/d van de coating is in vergelijking met de waarde voor cellofaan meestal kleiner. De praktijk werkt ook met weerstanden die de inverse zijn van de vochtdoorlatendheid. Het voordeel daarvan is dat de getallen beter aanspreken.

Tabel 6: Weerstand en vochtdoorlatendheid van coatings gemeten met de "jampot"methode

coating in code	D/d in m/s	R in s/m
A	526 E-5	190
B1	35 E-5	2857
B2	170 E-5	588
B3	257 E-5	389
C	49 E-5	2041
D	32 E-5	3125
E	28 E-5	3571
F	23...6 E-5	4347...16667
cellofaan	50 E-5	2000
geperforeerde plastic folies		86...29000

De doorlatendheid van de huid van een tuinbouwprodukt wordt door een aantal onderzoekers uitgedrukt in waterdampstroom per oppervlak per dampdrukdeficit per tijd: kg/(m².Pa.s). Bij een folie of een coating wordt meestal de diffusiecoëfficiënt/de dikte, D/d in m/s, gebruikt. Het verband tussen beiden is:

$$D/d = 1,3 \text{ E}+5 \times k(\text{opp.})$$

Met behulp van deze omreken sleutel kan de doorlatendheid van de huid van gewassen berekend worden uit de specifieke vochtgifte.

Andere eigenschappen van de coating

Naast de vochtdoorlatendheid van een coating zijn een aantal andere eigenschappen van belang voor de praktische toepassing van coatings.

- droogtijd: na het aanbrengen van de coating is een korte droogtijd, bijvoorbeeld minder dan 30 minuten, gewenst.
- methode van aanbrengen: in principe dient een coating met een spuit en niet met de kwast aangebracht te worden.
- uitvloeiing: na het aanbrengen moet de coating zichzelf gelijkmatig verdelen over het oppervlak en de hechting mag niet te zwak zijn.
- verdunnen: het verdunmiddel mag niet schadelijk zijn voor mens en gewas.

Droogtijd van een coating

Om de droogtijd van een coating te beoordelen wordt de coating aangebracht op een glazen plaat. De laag wordt aangebracht met een handcoater zodat de aanvangsdikte min of meer bekend is (fig. 6).

Vervolgens wordt het gewicht van de plaat gevolgd. Uit de gewichtsmeting blijkt droogtijd, want dan verandert het gewicht niet meer. Tevens kan de hoeveelheid vaste stof in de coating berekend worden.

Naast deze meting wordt met de vingertop gevoeld of de coating nog pikt of plakt (zie ook tabel 7).

Tabel 7: Droogtijd van enkele coatings

coating	tijd in min.
G	6
B	15
E	5
F	30
H	15

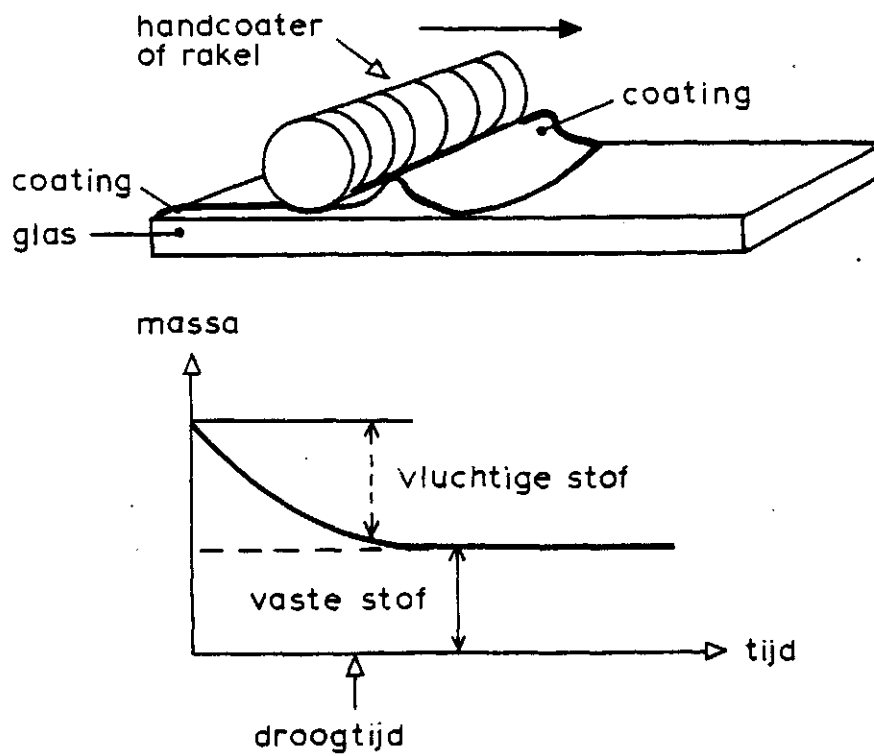


Fig. 6: Het gebruik van een rakel om een dunne laag coating op een glazen plaat aan te brengen en de verandering van de massa tijdens de droging van de coating

Verdunnen

Wordt een coating verdund dan mag verwacht worden dat de weerstand van de coating afneemt omdat de hoeveelheid droge stof minder is. Een voordeel van verdunnen kan zijn dat de coating beter uitvloeit zodat minder dunne of niet-dekkende plekken voorkomen.

Het effect van verdunnen is met coating I onderzocht. Een verdunning van 1:1 verdubbelde de vochtdoorlatendheid (fig. 7).

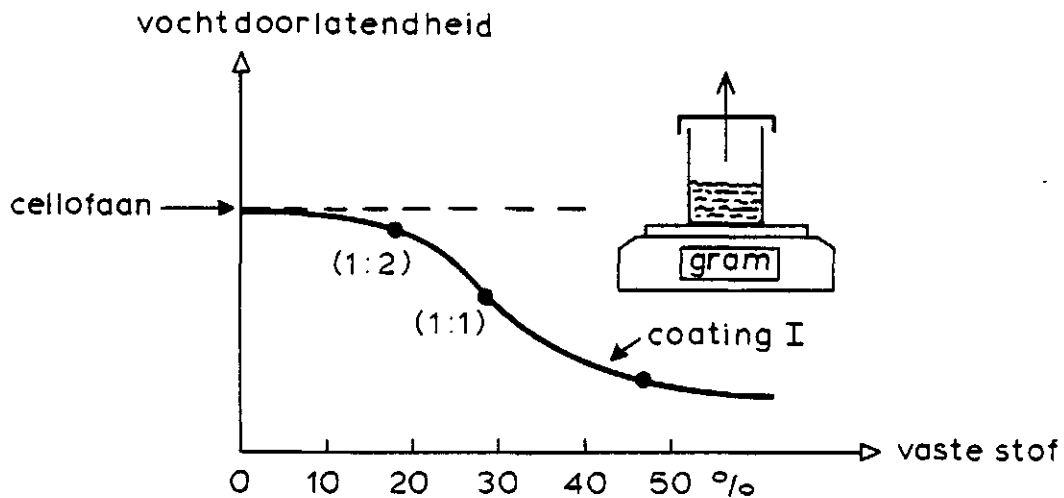


Fig. 7: De vochtdoorlatendheid van coating I beïnvloed door de verdunning

Effect van een coating op een boomkwekerijgewas

Uit de gemeten weerstand van de huid van een boomkwekerijgewas blijkt dat het gewas van nature een redelijke bescherming tegen vochtafgifte heeft. Het effect van een tweede huid, de coating, kan worden uitgedrukt in een beschermingsgraad tegen vochtverlies. Om deze beschermingsgraad te meten wordt het gewichtsverlies van een ongecoat en een gecoat produkt met elkaar vergeleken. De beschermingsgraad is dan:

$$BV = \text{beschermingsgraad tegen vochtverlies} = \frac{\text{vochtverlies ongecoat}}{\text{vochtverlies gecoat}}$$

De beschermingsgraad van coating I op enkele gewassen is in tabel 8 opgenomen. De gemiddelde beschermingsgraad van deze coating is dus 2.

Tabel 8: Beschermingsgraad tegen
vochtverlies van coating I

produkt	beschermingsgraad
appeltak	1,7
peretak	1,9
kersetak	2,3
gleditsiatak	2,1

Het concept van de beschermingsgraad wordt ook gebruikt om het effect van een verpakking op het vochtverlies van snijbloemen te omschrijven. Zo is de beschermingsgraad van een folie om een bos rozen 10, wat betekent dat de vocht-afgifte van niet-verpakte rozen 10 maal groter is dan van verpakte rozen.

Uit de experimenten blijkt dat het gewichtsverlies van ongecoate takken in de eerste periode tamelijk groot is om dan plotseling snel minder te worden tot de tak niet verder uitdroogt (fig. 8). Het vochtgehalte in de tak is dan zover gedaald dat de evenwichts-dampspanning in de tak gelijk is aan de dampspanning van de omgeving. Er kan dan geen vocht-afgifte meer zijn omdat er geen drijvende kracht is.

Het gewichtsverlies van gecoate takken verloopt veel langzamer en geleidelijker, alhoewel na verloop van enige tijd het geleden vochtverlies gelijk is aan dat van de ongecoate tak.

De specifieke vocht-afgifte van het gecoate gewas blijkt eerst toe te nemen, waarschijnlijk veroorzaakt door een vertering en veroudering van de coating, om daarna te dalen.

Dit laatste verschijnsel kan verklaard worden door de vermindering van het vochtgehalte in het gewas en een ongelijke verdeling van het vocht. Het ongecoate gewas heeft in de eerste periode een zeer hoge specifieke vocht-afgifte om daarna snel te dalen. Ook dit wijst op een daling van de waterdampdruk in het gewas.

Uit de massa van de takken is op ieder ogenblik van het experiment het vochtgehalte van het produkt te berekenen (fig. 9).

Voor een aantal houtige gewassen is de evenwichts-dampspanning bij ieder vochtgehalte van het hout bekend. Wij hebben de sorptie-isotherm van vurehout gebruikt om de evenwichts-dampspanning in onze takken te berekenen, omdat wij nog niet de sorptie-isothermen van de gebruikte gewassen gemeten hebben (fig. 10).

De resultaten laten een duidelijk verschil zien tussen de ongecoate en gecoate gewassen. Bij het gecoate gewas blijft het vochtgehalte gedurende een lange periode hoog zodat de dampspanning in het produkt 95-99% is. Het vochtgehalte in het gewas kan gebruikt worden als kwaliteitsindicator. Wij nemen, op louter subjectieve gronden aan, dat beneden 95% de bewaring van de gewassen niet langer voortgezet mag worden. Deze grens geeft direct de bewaarperiode aan zoals uit de figuren 11, 12 en 13 blijkt. Vooral bij wortelgestellen kan een coating de bewaarduur met 100% verlengen.

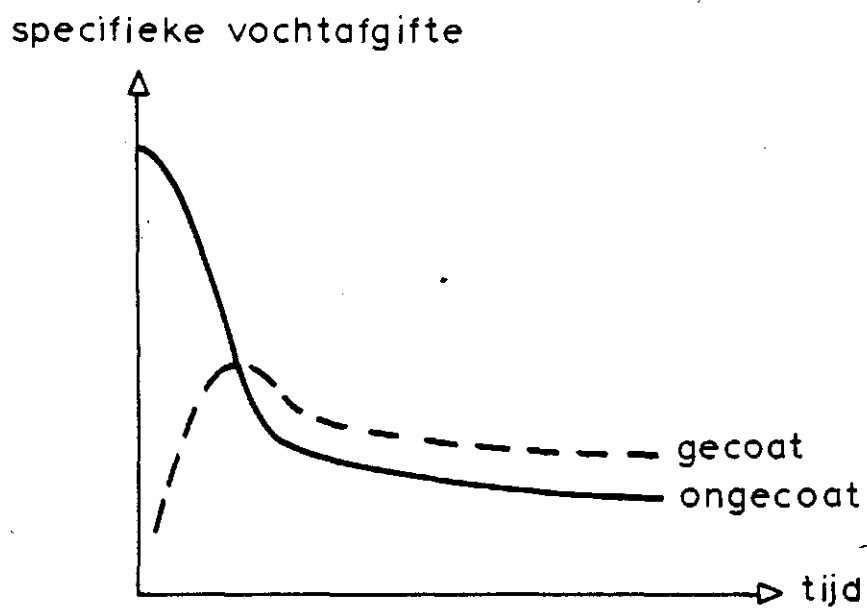
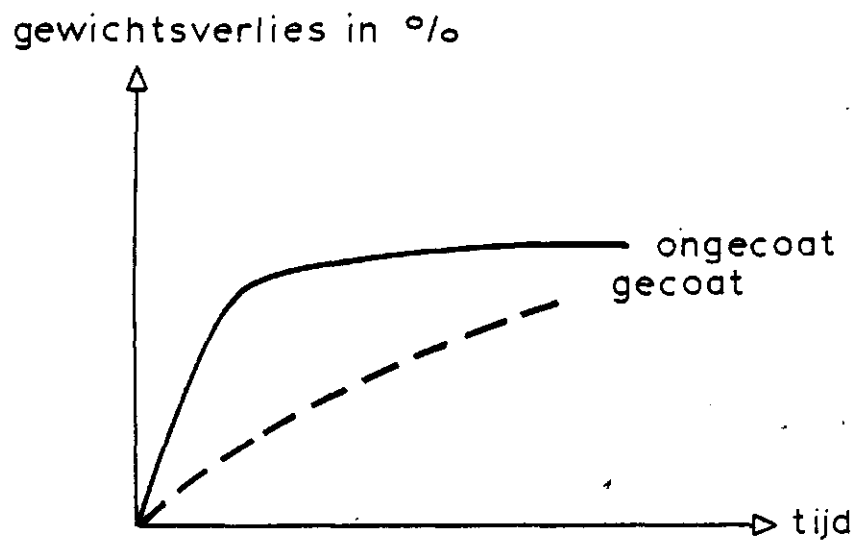


Fig. 8: Het verschil tussen het gewichtsverlies en de specifieke vochtafgifte van ongecoate en gecoate gewassen

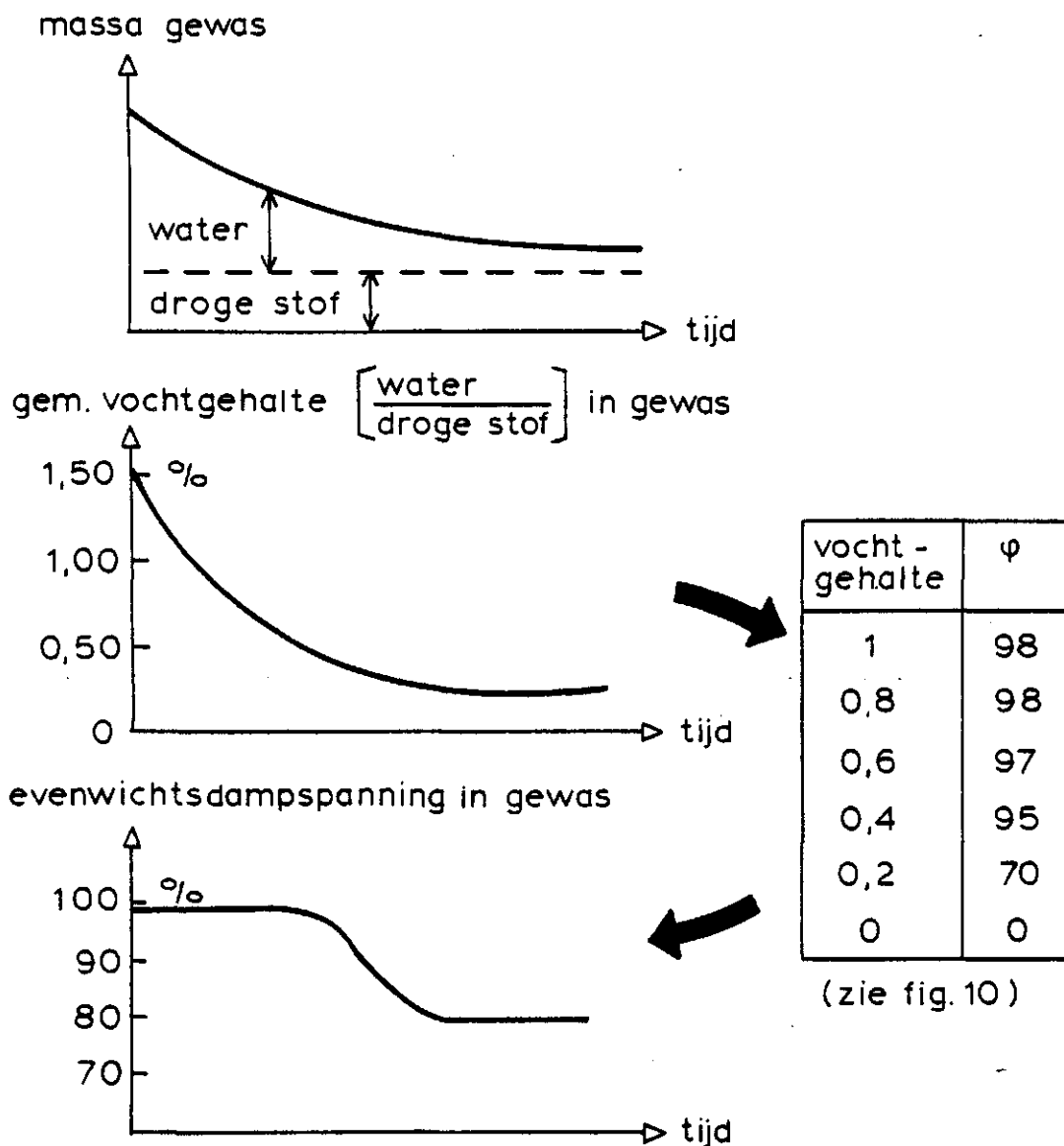


Fig. 9: De verandering van de evenwichts-dampspanning in het gewas hangt samen met de vermindering van het vochtgehalte als functie van de tijd.

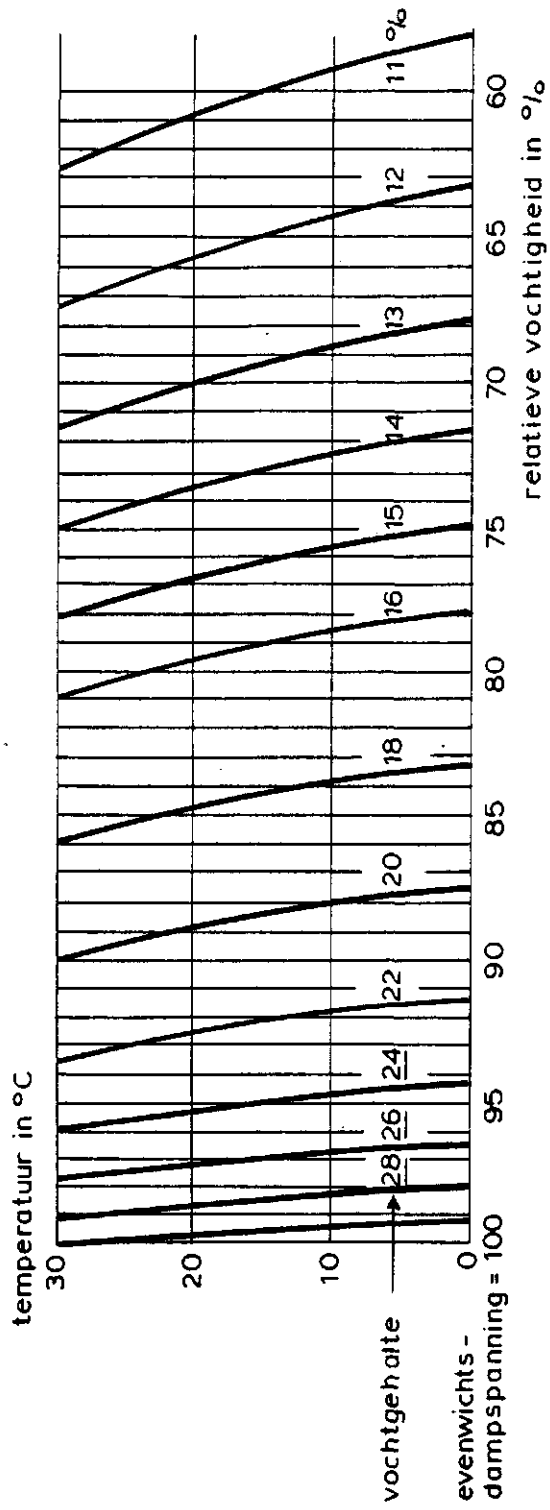


Fig. 10: De sorptie-isotherm van vurehout

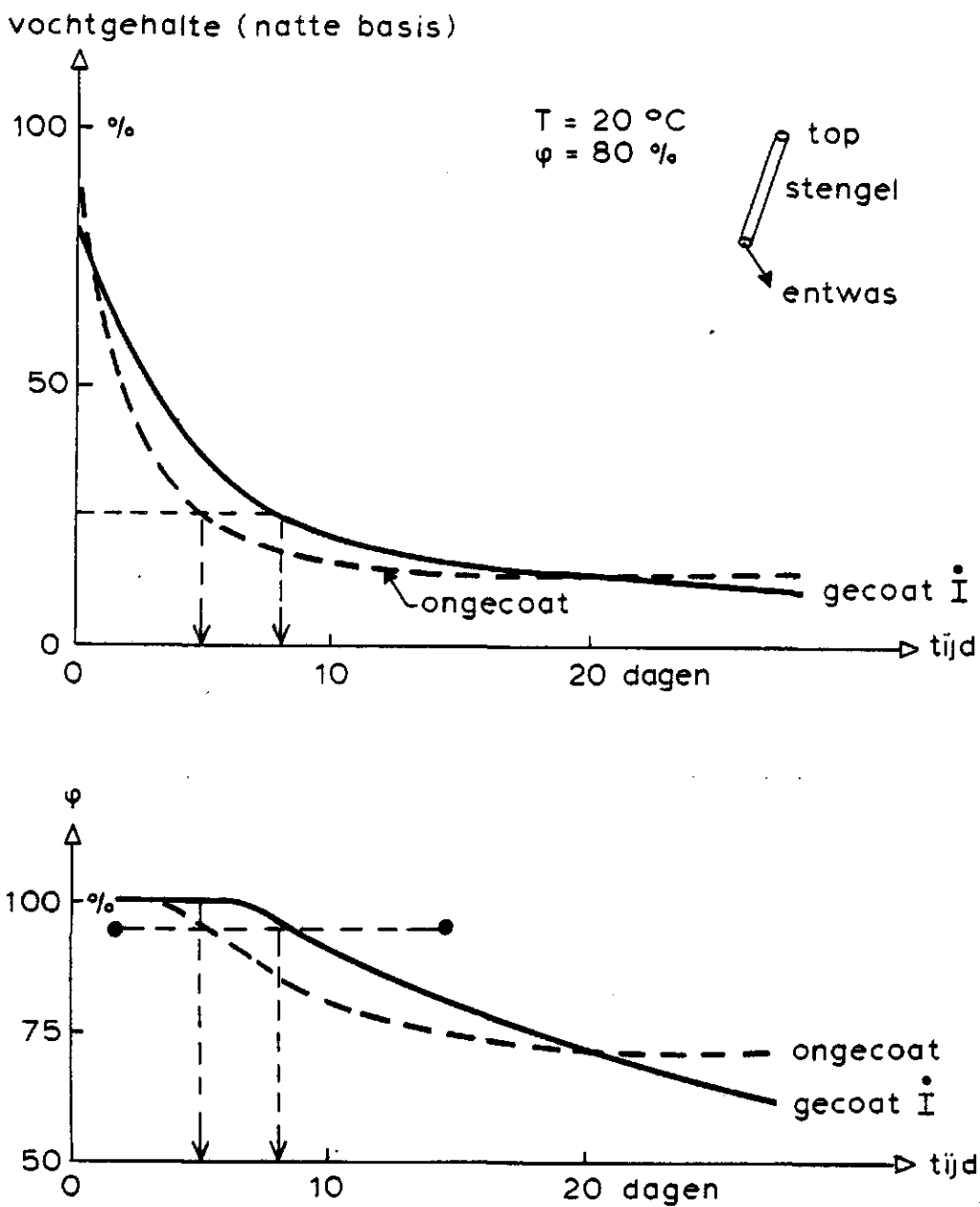


Fig. 11: De verandering van het vochtgehalte en de evenwichts relatieve vochtigheid tijdens de bewaring van ongecoate en gecoate stengeltoppen. De toelaatbare grens voor de evenwichtsvochtigheid is 95%

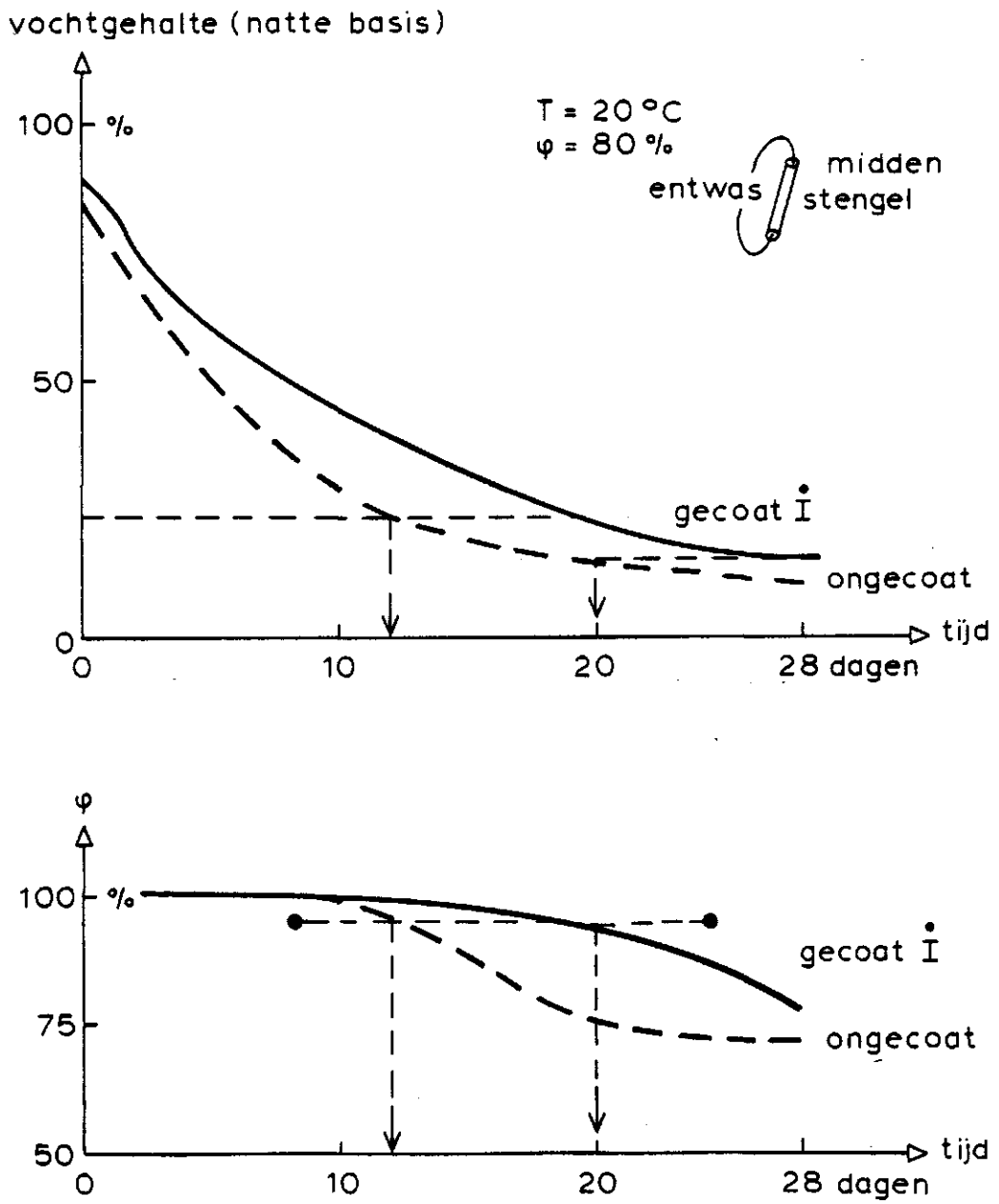


Fig. 12: De verandering van het vochtgehalte en de daaruit berekende evenwichts relatieve vochtigheid in het middenstuk van een rozestengel

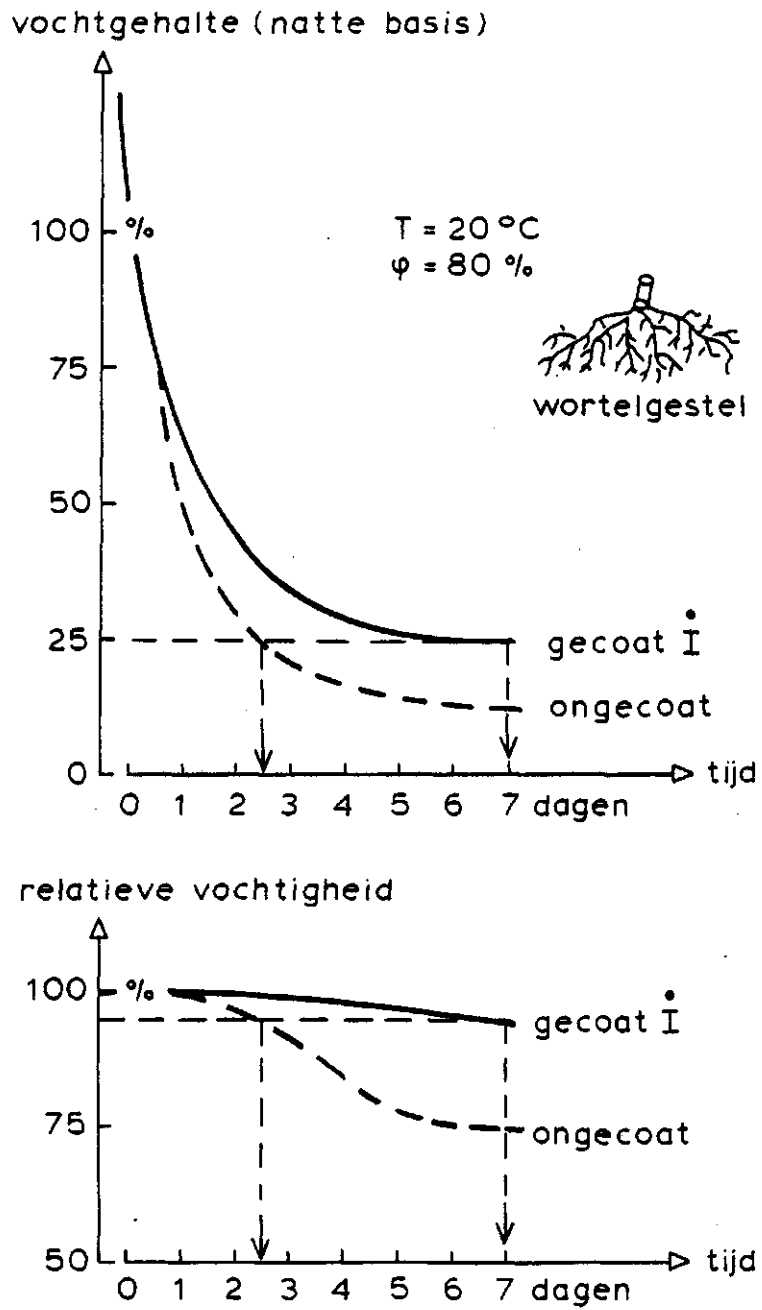


Fig. 13: Bij ongecoate wortelgestellen is een evenwichts relatieve vochtigheid van 95% al na 2 dagen bereikt. Coating geeft een verlenging tot 7 dagen

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1. De beschreven inleidende experimenten zijn van groot nut geweest om met het effect van een coating op boomkwekerijgewassen vertrouwd te raken.
2. De vochtdoorlatendheid van een coating kan snel met de jampotmethode bepaald worden. De waarde van de weerstand geeft directe informatie over de mogelijkheden van de coating.
3. Bij het voorspellen van het vochtverlies van boomkwekerijgewassen tijdens de bewaring, zal men rekening moeten houden met de verdeling van het vochtgehalte in het gewas, de diffusie van waterdamp in het weefsel en de aanvoer van water via de vaten.
4. Een methode om de gasdoorlatendheid (zuurstof, kooldioxide) van een coating te meten, moet ontwikkeld worden om te kunnen nagaan of het levende produkt geen gebrek aan zuurstof krijgt tijdens een langdurige bewaring.
5. Voor het beschrijven van het effect van coatings kan een beschermingsgraad tegen vochtverlies gedefiniëerd worden.

BIJLAGEN

	<u>blz.</u>
1. Relatie tussen waterdamconcentratie C en waterdampspanning p	23
2. Berekening van het dampdrukdeficit	24
3. Bepaling vochtgehalte van boomkwekerijgewassen	27
4. Verband tussen specifieke vochtafgifte (oppervlak), diffusie coëfficiënt en weerstand	29
5. Beschrijving van de "Jampotproef"	30
6. De effectieve diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht	31
7. Relatieve dampdruk van zwavelzuur-water en van glycerol-water mengsels, gemiddeld tussen 10° en 30°C	38
8. Bepaling oppervlak van gewassen	39

BIJLAGE 1: Relatie tussen waterdamconcentratie C en waterdampspanning p

Volgens de algemene gaswet is het verband tussen dampdruk, massa en volume:

$$pV = mRT$$

of na hergroeperen:

$$m = C = \frac{pV}{RT}$$

symbool	eenheid	grootheid
m	kg	massa van waterdamp
V	m ³	volume
C	kg/m ³	concentratie van waterdamp
p	Pa	waterdampspanning
R=462	J/(kg.K)	gasconstante voor waterdamp
T	K	temperatuur

BIJLAGE 2: Berekening van het dampdrukdeficit

Het vochtgehalte van de meeste boomkwekerijgewassen is zo hoog dat de waterdampspanning in het weefsel bijna verzadigd is (tussen 99 en 100%). Een zeer nauwkeurige vergelijking om de verzadigde dampspanning te berekenen is die van Magnuson, die geldt voor temperaturen boven het vriespunt:

$$p_s = \exp \left(6,414 + \frac{17,27 \cdot T(^{\circ}C)}{237,2 + T(^{\circ}C)} \right)$$

De waterdampspanning in lucht bij een bepaalde temperatuur en relatieve vochtigheid kleiner dan 100%, volgt uit:

$$p = \frac{\varphi}{100} \cdot p_s$$

Het dampdrukdeficit voor waterrijke gewassen (figuur 14), het waterdampspanningsverschil tussen de lucht in het gewas en de lucht in de omgeving is:

$$\Delta p = p_s - p$$

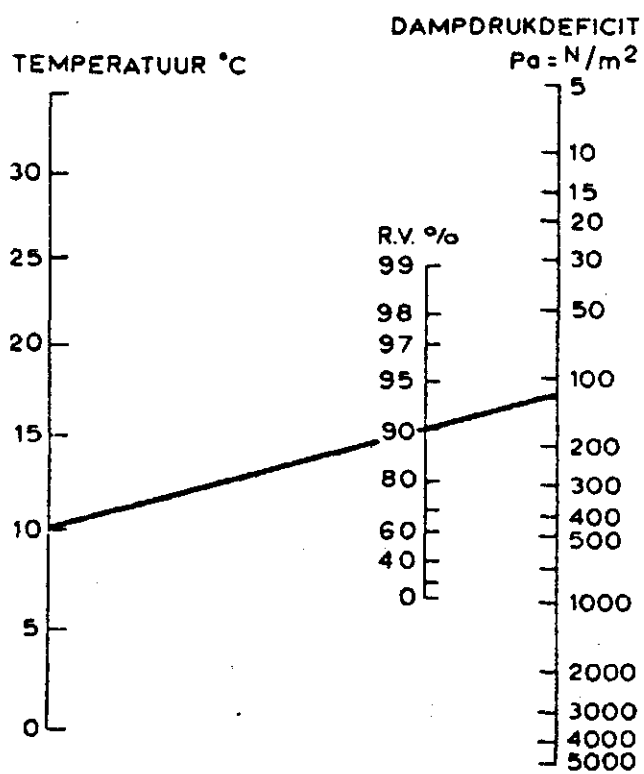
Bij relatief droge gewassen kan de evenwichts relatieve vochtigheid in het gewas gemeten of via het initiële vriespunt geschat worden. Bij het initiële vriespunt van een gewas vormen zich de eerste ijskristallen waarbij iedere graad beneden 0°C een daling van de evenwichts relatieve vochtigheid betekent van 1%. Als het initiële vriespunt van een Acer -8°C is, dan is de relatieve vochtigheid in dit gewas 92% (100 - 8).

symbool	eenheid	grootheid
p_s	Pa	verzadigde waterdampspanning
p	Pa	waterdampspanning
T	°C	temperatuur
φ	%	relatieve vochtigheid
Δp	Pa	dampdrukdeficit

Verzadigde dampdrukken van 0 tot 50°C (in PA) (Magnuson)

T. °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	610,7	615,1	619,6	624,1	628,7	633,2	637,8	642,5	647,1	651,6
1	656,6	661,3	666,1	670,9	675,8	680,6	685,5	690,5	695,4	700,4
2	705,5	710,5	715,6	720,8	725,9	731,1	736,4	741,6	746,9	752,2
3	757,6	763,0	768,4	773,9	779,4	784,9	790,5	796,1	801,7	807,4
4	813,1	818,8	824,6	830,4	836,2	842,1	848,1	854,0	860,0	866,0
5	872,1	878,2	884,4	890,5	896,8	903,0	909,3	915,6	922,0	928,4
6	934,9	941,4	947,9	954,5	961,1	967,7	974,4	981,2	987,9	994,3
7	1001,6	1008,5	1015,5	1022,4	1029,5	1036,5	1043,6	1051,8	1056,0	1065,2
8	1072,5	1079,8	1087,2	1094,6	1102,1	1109,6	1117,1	1124,7	1132,4	1140,0
9	1147,8	1155,6	1163,4	1171,2	1179,2	1187,1	1195,1	1203,2	1211,3	1219,5
10	1227,7	1235,9	1244,2	1252,6	1261,0	1269,4	1277,9	1286,4	1295,0	1303,7
11	1312,4	1321,1	1329,9	1338,8	1347,7	1356,6	1365,7	1374,7	1383,8	1393,0
12	1402,2	1411,5	1420,8	1430,2	1439,6	1449,1	1458,7	1468,3	1477,9	1487,6
13	1497,4	1507,2	1517,1	1527,0	1537,0	1547,1	1557,2	1567,3	1577,6	1587,9
14	1598,2	1608,6	1619,1	1629,6	1640,2	1650,8	1661,5	1672,3	1683,1	1694,0
15	1701,9	1715,9	1727,0	1738,1	1749,3	1760,6	1771,9	1783,3	1791,7	1806,2
16	1817,8	1829,5	1821,2	1852,9	1864,8	1876,7	1888,7	1900,7	1912,8	1925,0
17	1937,2	1940,5	1961,9	1974,4	1986,9	1999,5	2012,1	2024,8	2037,6	2050,5
18	2063,4	2076,4	2089,5	2102,7	2115,9	2129,2	2142,6	2156,0	2169,5	2183,1
19	2196,8	2210,5	2224,4	2238,3	2252,2	2266,3	2280,4	2294,6	2308,9	2323,2
20	2337,6	2352,2	2366,7	2381,4	2390,2	2411,0	2425,9	2440,9	2455,9	2471,1
21	2486,3	2501,6	2517,0	2532,5	2548,1	2563,7	2579,4	2595,3	2611,1	2627,1
22	2643,2	2669,3	2675,6	2601,9	2708,3	2724,8	2741,4	2753,1	2774,9	2791,7
23	2808,6	2825,7	2842,8	2860,0	2877,3	2894,7	2912,2	2929,8	2947,4	2965,2
24	2983,1	3001,0	3019,1	3037,2	3055,4	3073,8	3092,2	3110,7	3129,3	3148,1
25	3166,9	3185,8	3204,8	3223,9	3243,1	3262,4	3281,8	3301,3	3320,3	3340,7
26	3360,5	3380,4	3400,4	3420,5	3440,7	3461,1	3481,5	3502,0	3522,7	3543,4
27	3564,3	3585,3	3606,3	3627,5	3648,8	3670,2	3691,7	3713,3	3735,0	3756,9
28	3778,8	3800,9	3823,0	3845,3	3867,7	3890,2	3912,8	3935,6	3958,4	3981,4
29	4001,5	4027,7	4051,0	4074,4	4098,0	4121,6	4145,4	4169,3	4193,4	4217,5
30	4241,8	4266,2	4290,7	4315,3	4340,1	4365,0	4390,0	4415,1	4440,3	4465,7
31	4491,2	4516,9	4542,6	4568,5	4594,5	4620,7	4646,9	4673,3	4699,9	4726,5
32	4753,3	4780,2	4807,3	4834,5	4861,8	4889,3	4916,9	4944,6	4972,5	5000,5
33	5028,6	5036,9	5085,3	5113,8	5142,5	5171,3	5200,3	5229,4	5258,7	5283,1
34	5317,6	5347,3	5377,1	5407,1	5437,2	5467,4	5497,8	5528,4	5559,1	5589,9
35	5620,9	5652,0	5683,3	5714,8	5746,4	5778,1	5810,0	5842,0	5874,2	5906,6
36	5939,1	5971,8	6004,6	6037,6	6070,7	6104,0	6137,4	6171,0	6204,8	6238,7
37	6272,8	6307,0	6341,5	6376,0	6410,8	6445,7	6460,7	6515,9	6551,3	6586,9
38	6622,6	6658,5	6694,6	6730,8	6767,2	6803,8	6840,5	6877,4	6914,5	6951,8
39	6989,2	7028,8	7064,6	7102,5	7140,7	7179,0	7217,5	7256,1	7295,0	7334,0
40	7373,2	7412,6	7452,1	7491,9	7531,8	7571,9	7612,2	7652,7	7693,4	7734,3
41	7775,3	7816,5	7858,0	7899,6	7941,4	7983,4	8025,6	8067,9	8110,5	8158,3
42	8195,2	8239,4	8282,7	8326,3	8370,0	8414,0	8458,1	8502,5	8547,0	8591,7
43	8635,7	8681,8	8727,2	8772,7	8818,5	8864,5	8910,6	8957,0	9003,6	9050,4
44	9097,4	9144,6	9192,1	9239,7	9287,6	9335,6	9383,9	9383,4	9481,1	9530,1
45	9579,2	9628,6	9678,2	9728,0	9778,0	9828,3	9878,7	9929,4	9980,3	10031,5

Fig. 14: Nomogram om het dampdrukdeficit snel uit temperatuur en relatieve vochtigheid te vinden.
(uit: Leergang Ontwerpen van Koelinstallaties)



BIJLAGE 3: Bepaling vochtgehalte van boomkwekerijgewassen

Het vochtgehalte van boomkwekerij-gewassen wordt in drievoud bepaald door nauwkeurig afgewogen en verkleinde monsters van het gewas, gedurende 7 dagen te drogen in een droogstoof bij 70°C. Het nadeel van deze methode is dat bij hoge temperatuur het weefsel van de gewassen langzaam "verbrandt" waardoor, ook nadat het meeste water is verdampt, een voortdurende gewichtsvermindering optreedt. Door dagelijks, gedurende een week, het gewicht van de monsters te volgen, is het vochtgehalte van het gewas bij de start van de droogstoofproef te bepalen op de manier die figuur 15 toont. Een voorwaarde is dat de laatste 4 metingen op een rechte lijn liggen, die dan de verticale as snijdt bij het juiste vochtgehalte van het gewas.

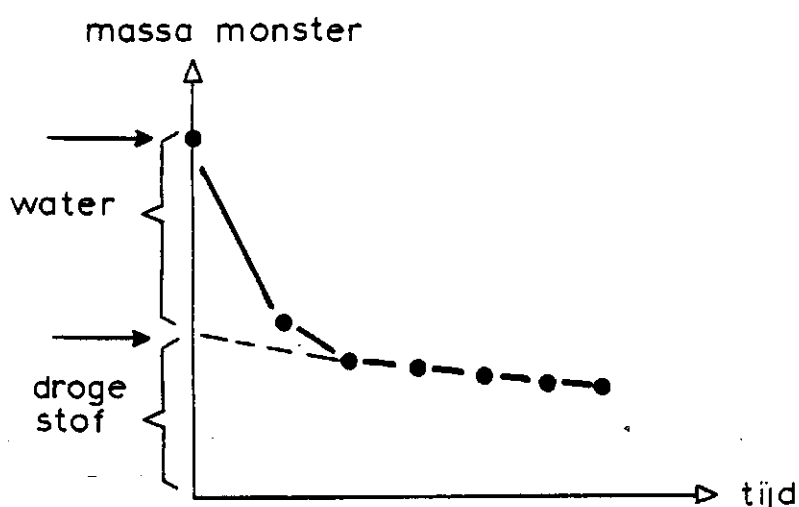


Fig. 15: Grafische methode om het drogestofgehalte van een produkt op tijdstip 0 te vinden

Het vochtgehalte van een gewas wordt uitgedrukt in massa water per massa gewas, dus op natte basis, of in massa water per massa droge stof, op droge basis. De eenheid kg/kg en meestal wordt het symbool x gebruikt.

De onderlinge relatie volgt uit onderstaande definities.

$$x(\text{nat}) = \frac{m(\text{water})}{m(\text{water}) + m(\text{droge stof})}$$

$$x(\text{droog}) = \frac{m(\text{water})}{m(\text{droge stof})}$$

Als het vochtgehalte op droge basis bekend is dan is het vochtgehalte op natte basis, dat altijd lager is dan op droge basis:

$$x(\text{nat}) = \frac{x(\text{droog})}{1 + x(\text{droog})}$$

De waarde van $x(\text{nat})$ ligt tussen 0 en 1 of 0 en 10%, omdat de noemer gelijk aan of groter is dan de teller.

Als $x(\text{droog})$ berekend moet worden uit $x(\text{nat})$ dan geldt:

$$x(\text{droog}) = \frac{x(\text{nat})}{1 - x(\text{nat})}$$

De waarde van het vochtgehalte op droge basis loopt van 0 tot oneindig, dus boven 1. Het gebruik van percentages, bijvoorbeeld 200%, is daarom af te raden.

BIJLAGE 4: Verband tussen specifieke vochtafgifte (oppervlak), diffusiecoëfficiënt en weerstand

De meting van de diffusiecoëfficiënt voor een folie en de specifieke vochtafgifte van een produkt leidt tot de vraag of er een relatie is tussen beide grootheden. Uit de theorie voor transport van massa is de volgende relatie af te leiden:

$$D = RT \cdot k / d$$

$$\text{waarbij } k = \frac{\Delta m}{A \Delta p \Delta t}$$

symbool	eenheid	grootheid
D	m ² /s	diffusiecoëfficiënt
d	m	dikte huid, folie
R=462	J/(kg ₂ K)	gasconstante voor water
k	kg/(m ² .Pa.s)	specifieke vochtafgifte
Δm/Δt	kg	vochtverlies in de tijd Δt
A	m ²	vochtdoorlatend oppervlak
Δp	Pa	dampdrukdeficit of drijvende kracht

Omdat R en T bekend zijn, is de relatie tussen D/d en k:

$$D/d = 1,3 \cdot E5 \cdot k$$

De weerstand R(s/m) is de inverse van D/d:

$$R = d/D$$

BIJLAGE 5: Beschrijving van de "Jampot"-proef

Het doel van deze proef is om de weerstand van een coating, aangebracht op cellofaan als drager, te meten. Tevens wordt de weerstand van de luchtlaag gemeten. Experimenteel zijn er 3 jampotten nodig.

- De 1^e is gevuld met ongeveer 200 gram water, afgedekt met cellofaan. De afstand tussen wateroppervlak en cellofaan bedraagt ongeveer 5 cm.
- De 2^e is gevuld met 20 gram water, afgedekt met cellofaan, zodat de afstand tussen oppervlak en cellofaan 10 cm is.
- De 3^e is gevuld met 200 gram water, afgedekt met cellofaan waarop de te beproeven coating is aangebracht.

Met deze proefopzet worden 3 vochtverliezen bepaald voor de 3 jampotten, terwijl er sprake is van 3 materialen namelijk lucht, cellofaan en coating. Theoretisch ontstaan 3 vergelijkingen met 3 onbekenden waaruit de weerstand van lucht, cellofaan en coating volgt. Bij iedere nieuwe proef vormt de weerstand van lucht een indicatie of de proef te vergelijken is met eerder uitgevoerde proeven.

Een listing van het computerprogramma JAMPOT.BAS is op aanvraag verkrijgbaar.

BIJLAGE 6: De effectieve diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht

Inleiding

De diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht heeft volgens de leerboeken de waarde $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. De bepaling van de diffusiecoëfficiënt is uitgevoerd in voor dit doel speciaal ontworpen apparatuur.

In deze apparaten zijn allerlei storende praktische effecten opgeheven en daarbij rekenkundig gecorrigeerd.

Storende praktische effecten zijn bijvoorbeeld kleine temperatuur- en concentratieverschillen waardoor natuurlijke convectie optreedt, drukwisselingen, trillingen.

Het resultaat van al deze effecten is dat de praktische diffusiecoëfficiënt groter kan zijn dan de waarde die in de leerboeken wordt gehanteerd. Deze bijlage beschrijft experimenten waarmee de praktische diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht is te bepalen.

Theorie en meetprincipe

Als waterdamp door twee verschillende lagen stroomt (fig. 16), bijvoorbeeld eerst door een laag lucht en dan door een laag folie (in ons geval cellofaan) dan is het verband tussen de dikte van de lagen, de diffusiecoëfficiënten van waterdamp in die lagen als volgt:

$$(D/d)_{\text{tot}} = \frac{l}{\frac{l}{(D/d)_{\text{folie}}} + \frac{l}{(D/d)_{\text{lucht}}}} \quad (1)$$

terwijl $(D/d)_{\text{totaal}}$ uit het experiment volgt:

$$(D/d)_{\text{totaal}} = \frac{RT m}{A \Delta p} \quad (2)$$

symbool	eenheid	grootheid
A	m^2	doorstroomd oppervlak
d	m	dikte laag
D	m^2/s	diffusiecoëfficiënt
m	kg/s	waterdampstroom
Δp	Pa	dampdrukverschil
R=462	J/(kg.K)	gasconstante
T	K	temperatuur

Het experiment is zodanig opgezet dat er uiteindelijk 2 vergelijkingen met 2 onbekenden ontstaan. De praktische uitvoering bestaat uit het meten van het vochtverlies uit een jampotje dat is afgesloten met een folie cellofaan (fig.

17). De dikte van de cellofaan is 22μ en de dikte van de luchtlaag tussen cellofaan en waterlaag varieert. De jampotten staan gewoon op de tafel van een werkkamer. Door lichtinval ontstaan dan waarschijnlijk kleine temperatuurverschillen in de jampot.

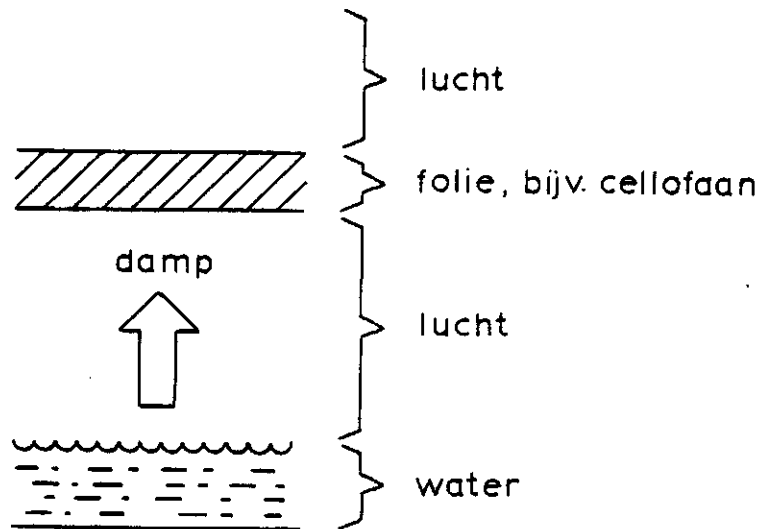


Fig. 16: Ruimtelijk model voor de bepaling van de diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht

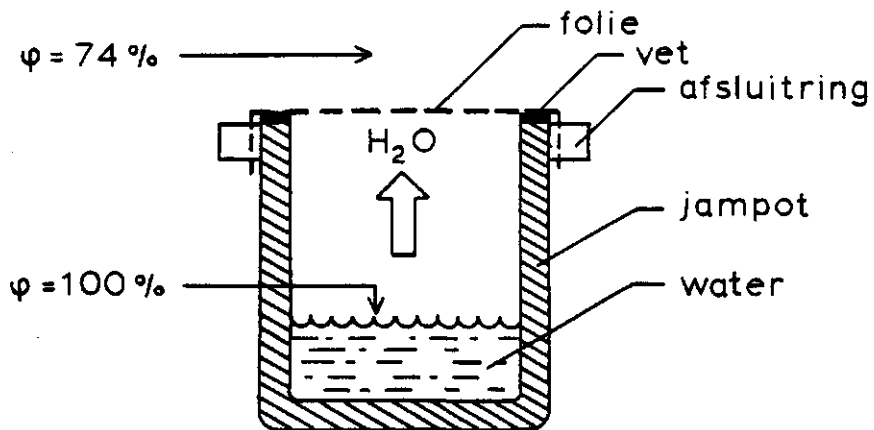


Fig. 17: Geschematiseerde werkwijze van de jampot-proef

Resultaten

1^e experiment

In 15,75 uur = 56700 s verloor de jampot met een luchtlaag van 10 cm 0,54 gram water. Het jampotje met een luchtlaag van 1 cm verloor 1,02 gram.

Hieruit blijkt dat de diffusieweerstand van de luchtlaag aanzienlijk is.

Een luchtlaag van 10 cm heeft hetzelfde effect als één cellofaanfolie.

De berekening van $(D/d)_{\text{totaal}}$ volgens vergelijking 1 is uitgevoerd in onderstaande tabel, waarbij $m = \Delta m / \Delta t$.

symbool	eenheid	dikte luchtlaag		N.B.
		1 cm	10 cm	
R	J/(kg.K)	462	462	
T	K	295	295	22°C
Δt	s	56700	56700	
Δm	gram	1,02	0,54	
m	kg/s	$1,799 \cdot 10^{-8}$	$9,524 \cdot 10^{-9}$	
A	$\frac{m^2}{s}$	$2,29 \cdot 10^{-3}$	$2,29 \cdot 10^{-3}$	$\phi = 54 \text{ mm}$
Δp	Pa	687,18	687,18	$\varphi = 74\%$
$(D/d)_{\text{tot}}$	m/s	$1,56 \cdot 10^{-3}$	$8,25 \cdot 10^{-4}$	

In het algemeen geldt dat de effectieve diffusiecoëfficiënt volgt uit:

$$D_{\text{waterdamp - lucht}} = \frac{d_{\text{lucht, groot}} - d_{\text{lucht, klein}}}{\frac{(D/d)_{\text{tot, groot}}}{1} - \frac{(D/d)_{\text{tot, klein}}}{1}} \quad (3)$$

De diffusiecoëfficiënt is dus:

$$D = \frac{0,1 - 0,01}{\frac{8,25 \cdot 10^{-4}}{1} - \frac{1,56 \cdot 10^{-3}}{1}} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

Deze waarde is 6,4 x groter dan de in de leerboeken opgegeven diffusiecoëfficiënt.

2^e experiment

Bij het 2^e experiment waren de luchtlagen 10,5 en 5,5 cm dik, terwijl het vochtverlies 0,82 respectievelijk 0,905 gram in 68400 s was bij een dampdrukverschil van 846 Pa ($\varphi = 67\%$). Uit vergelijking 2 volgt dat $(D/d)_{\text{tot, 10,5 cm}} = 8,43 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, hetgeen in overeenstemming is met het 1^e experiment, en

$(D/d)_{\text{tot, 5,5 cm}} = 9,31 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

De diffusiecoëfficiënt, uitgerekend met vergelijking 3, voor waterdamp in lucht is nu $4,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, dus 18 x groter dan de theoretische waarde.

Diffusiecoëfficiënt van waterdamp door de folie

Tot nu toe is alleen aandacht besteed aan de effectieve diffusiecoëfficiënt van waterdamp door lucht. Het is echter ook mogelijk, als nevenuitkomst van deze experimenten, de diffusiecoëfficiënt van waterdamp door de folie, in dit geval cellofaan, te berekenen. De volgende vergelijking is daarvoor geschikt:

$$D_{\text{folie}} = \frac{d_{\text{folie}}}{\frac{1}{(D/d)_{\text{totaal}}} + \frac{1}{(D/d)_{\text{lucht}}}} \quad (4)$$

waarin d de dikte en D de diffusiecoëfficiënt voorstelt.

De dikte van de cellofaanfolie is 22μ ($22 \cdot 10^{-6} \text{ m}$). Bij het 1^e experiment is $(D/d)_{\text{totaal}} = 8,25 \cdot 10^{-4}/0,1$ als de luchtlaag $0,1 \text{ m}$ dik is. Uit vergelijking 4 volgt dat de diffusiecoëfficiënt van waterdamp in cellofaan is $D_{\text{film}} = 3,75 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$.

In het 2^e experiment is $(D/d)_{\text{totaal}} = 8,43 \cdot 10^{-4}$ en $(D/d)_{\text{lucht}} = 4,5 \cdot 10^{-4}/0,105$ zodat $D_{\text{film}} = 2,31 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$. De gemiddelde waarde voor de diffusiecoëfficiënt van waterdamp in cellofaan is dus $3,0 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$.

Het is gebruikelijk deze waarde te vergelijken met die in lucht. De diffusieweerstandsfactor is als volgt gedefiniëerd:

$$\mu = \frac{D_{\text{waterdamp - lucht}}}{D_{\text{waterdamp - folie}}} \quad (5)$$

De diffusieweerstandsfactor van cellofaan is $2,5 \cdot 10^{-5}/3,0 \cdot 10^{-8} = 830$, hetgeen erop duidt dat de diffusie van waterdamp door een laag lucht 830 x sneller gaat dan door een even dikke laag cellofaan. Bij de berekening van de weerstandsfactor is uitgegaan van de theoretische diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht.

Verschillen in relatieve vochtigheid bij de "jampot-methode"

De waterdampdruk vlak boven het wateroppervlak in de jampot is verzadigd, de relatieve vochtigheid is 100% en als de temperatuur bekend is, kan de waterdampdruk in Pa berekend worden.

Omdat de temperatuur in en rondom de jampot gelijk en constant is, wordt in dit deel alleen de relatieve vochtigheid gebruikt. De relatieve vochtigheid buiten de jampot is 74% bij het 1^e experiment en de vraag is nu wat de relatieve vochtigheid is vlak boven en onder de cellofaanfilm. In de ruimte waarin de jampotten staan, een werkkamer, is de lucht steeds in beweging. We mogen daarom aannemen dat vlak boven de cellofaan film $\varphi = 74\%$, waarin φ de relatieve vochtigheid symboliseert. De relatieve vochtigheid vlak onder de cellofaanfilm volgt uit:

$$(\Delta\varphi)_{\text{lucht}} = \frac{(\mu d)_{\text{lucht}}}{(\mu d)_{\text{totaal}}} (\Delta\varphi)_{\text{totaal}} \quad (6)$$

$$\text{en } (\mu d)_{\text{totaal}} = (\mu d)_{\text{lucht}} + (\mu d)_{\text{film}} \quad (7)$$

Voor het 1^e experiment geldt:

$$(\mu d)_{\text{film}} = \frac{2,5 \cdot 10^{-5}}{3,75 \cdot 10^{-8}} \cdot 22 \cdot 10^{-6} = 0,015$$

$$(\mu d)_{\text{lucht}} = \frac{2,5 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,1 = 0,016$$

$$(\mu d)_{\text{totaal}} = 0,031$$

$$(\mu\varphi)_{\text{lucht}} = \frac{0,016}{0,031} \cdot (100 - 74) = 13,4\%$$

De relatieve vochtigheid vlak onder het cellofaan is dus $100 - 13,4 = 86,6\%$ als de luchtlaag 10 cm dik is.

Op gelijke wijze berekend is de relatieve vochtigheid 97,6% vlak onder de film als de luchtlaag 1 cm is.

Bij het 2^e experiment is de relatieve vochtigheid 93,5 en 96,3% bij 10,5 respectievelijk 5,5 cm luchtlaag (fig. 18).

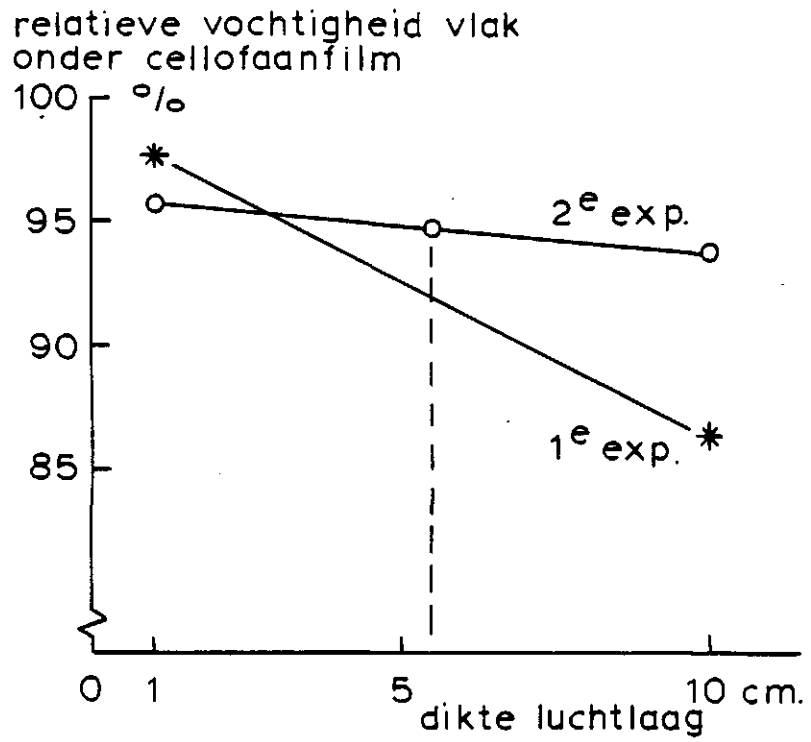


Fig. 18: De relatieve vochtigheid vlak onder de cellofaanfilm berekend van het 1^e en 2^e experiment, als functie van de dikte van de luchtlaag in de jampot

De algemene vergelijking (fig. 19) voor het verschil in relatieve vochtigheid over een laag is:

$$(\Delta\varphi)_{\text{laag}} = \frac{(\mu d)_{\text{laag}}}{(\mu d)_{\text{totaal}}} (\Delta\varphi)_{\text{totaal}} \quad (8)$$

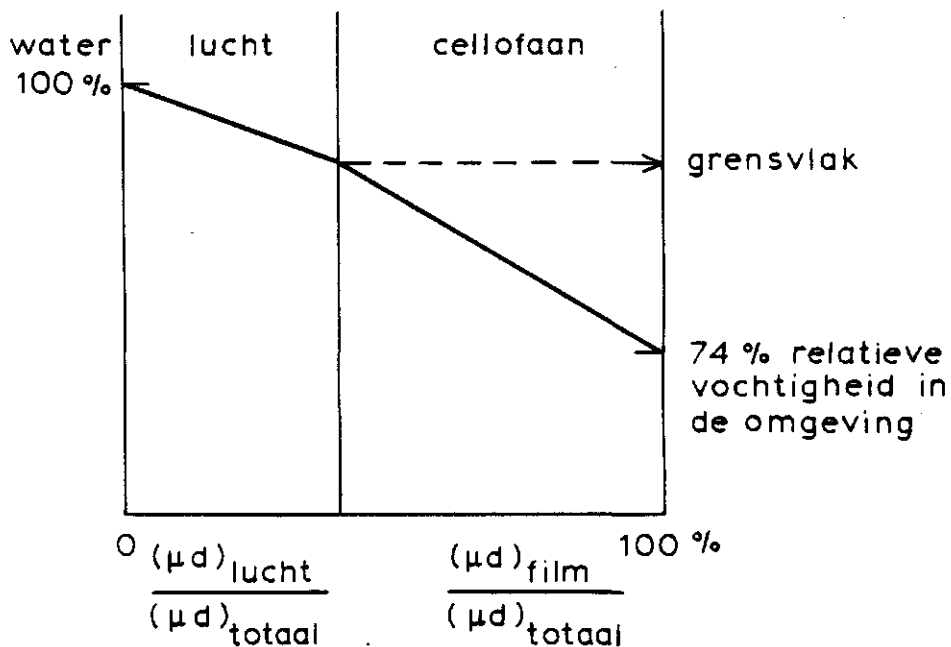


Fig. 19: Nomogram om de diffusieweerstandsfactor van cellofaan en lucht af te lezen in %

Conclusie

1. De effectieve diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht, gemeten met de "jampot-methode" geeft waarden die veel groter zijn dan de literatuur vermeldt, namelijk ca. 10 maal groter.
2. Het is de moeite waard om na te gaan of de effectieve diffusiecoëfficiënt anders is als de "jampot-methode" in het donker wordt uitgevoerd (minder temperatuurverschillen).

BIJLAGE 7: Relatieve dampdruk van zwavelzuur-water en van glycerol-watermengsels, gemiddeld tussen 10° en 30°C

Men kan deze mengsels gebruiken om bij kamertemperatuur (gemiddeld 20°C) een willekeurige gewenste relatieve waterdampspanning in een afgesloten ruimte (hygrostaat) in te stellen.

Ook dienen deze mengsels omgekeerd in de tensimetrie om een relatieve dampdruk te meten, door na bereiking van evenwicht, de concentratie van het zwavelzuur (het eenvoudigst door titratie) of van de glycerol (het eenvoudigst uit de refractie, zie tabel) te bepalen en in de tabel daarna de rel. d.d. op te zoeken.

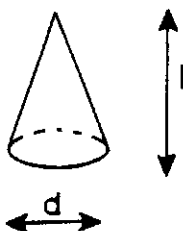
De dampdrukken van zwavelzuur-water zijn ontleend aan Wilson, 1921; die van glycerol-water berusten op bepalingen van Schoorl.

Interpolatie kan geschieden door de in deze tabel aangegeven punten over te brengen op millimeterpapier.

Rel. d.d.	conc. zwavelzuur	conc. glycerol	gew. %	rel. d.d. zwavelz. Aq.	rel. d.d. glyc. Aq.
1,00	0	0	0	1,00	1,00
0,95	11	22	5	0,98	0,99
0,90	18	35	10	96	98
0,85	23	45	15	93	97
0,80	27	53	20	88	95
0,75	30	58	25	83	94
0,70	33	64	30	75	92
0,65	35	68	35	66	90
0,60	38	72	40	56	87
0,55	41	75	45	46	85
0,50	43	78	50	36	82
0,45	45	81	55	26	78
0,40	48	84	60	17	74
0,35	51	87	65	10	69
0,30	53	89	70	5	63
0,25	55	92	75	2	56
0,20	58	94	80	1	48
0,15	61	96	85		39
0,10	65	97	90		30
0,05	70	99	92		25
0,02	75		95		17
0,01	80		97		10
0	100	100	100	0	0

BIJLAGE 8: Bepaling oppervlak van gewassen

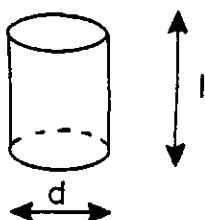
1. Kegelvorm



Voor lange stengels is de gemiddelde diameter

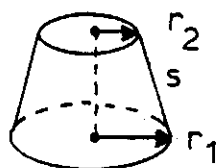
$$F = \frac{1}{2} \pi d \cdot l$$

2. Cilindervorm



$$F = \pi \cdot d \cdot l$$

3. Afgeknotte kegel



$$F = (r_1 + r_2) \cdot \pi \cdot s$$

4. Een schatting van het oppervlak van wortelgestellen kan uitgevoerd worden door het wortelgestel te dompelen in een filmvormende vloeistof en het gewicht daarvan te meten.

DEEL 2: EXPERIMENTELE TOEPASSINGEN

INLEIDING

Op basis van het in deel 1 van dit rapport beschreven werkhypothesen en meetmethoden zijn in 1985-1986 een aantal experimenten uitgevoerd met materialen die voor de boomkwekerij van belang kunnen zijn:

- appeltakken
- peretakken
- kersetakken
- gleditsiatakken
- rozetakken
- rozewortels
- verpakkingsmateriaal
- diverse coatings

BESCHRIJVING VAN DE EXPERIMENTEN

In de periode 1985-1986 zijn 21 experimenten uitgevoerd.
In dit deel wordt de werkwijze en de resultaten beschreven.

Experiment 1

Doel

Meting van de vochtafgifte van een appeltak om de juiste tijdstap bij de registratie van de vochtafgifte te verkrijgen.

Werkwijze

De appeltak werd in zijn geheel op een weegschaal in een klimaatkast gelegd bij een gemiddelde temperatuur van $10,5^{\circ}\text{C}$ en een relatieve vochtigheid van 60%. Met korte regelmatige tussenpozen werd de massa automatisch door een Epsom HX-20 computer gemeten en in het geheugen opgeslagen. Het dampdrukdeficit is

$$p_s(10,5^{\circ}\text{C}) - \frac{60}{100} p_s(10,5^{\circ}\text{C}) = 1269 - \frac{60}{100} \cdot 1269 = 1269 (1-0,6) = 1269 * 0,4$$

$$= 508 \text{ Pa}$$

(zie bijlage 2).

Resultaten

De specifieke vochtafgifte van de appeltak is $0,6 \text{ E-}10 \text{ kg}/(\text{kg.Pa.s})$. Het gewicht van de appeltak werd iedere 3 uur gemeten op een weegschaal (aflezing in 0,01 gram). Uit fig. 20 blijkt dat er na 3 uur soms geen gewichtsverlies is, wat wijst op een te korte tijdstap tussen metingen. De juiste tijdstap voor de berekening van de specifieke vochtafgifte werd bepaald met een foutenanalyse. Bij de berekening van de specifieke vochtafgifte uit de meting van massa, tijd, temperatuur en relatieve vochtigheid maakt men fouten. De maximale afwijking per meting wordt geschat en met behulp van het computerprogramma FTSPEC.BAS, dat het experiment 100 x uitvoert, vindt men de standaardafwijking en de variatie van de specifieke vochtafgifte. Vooral de variatie (= standaardafwijking/gemiddelde) is een goede maatstaf.

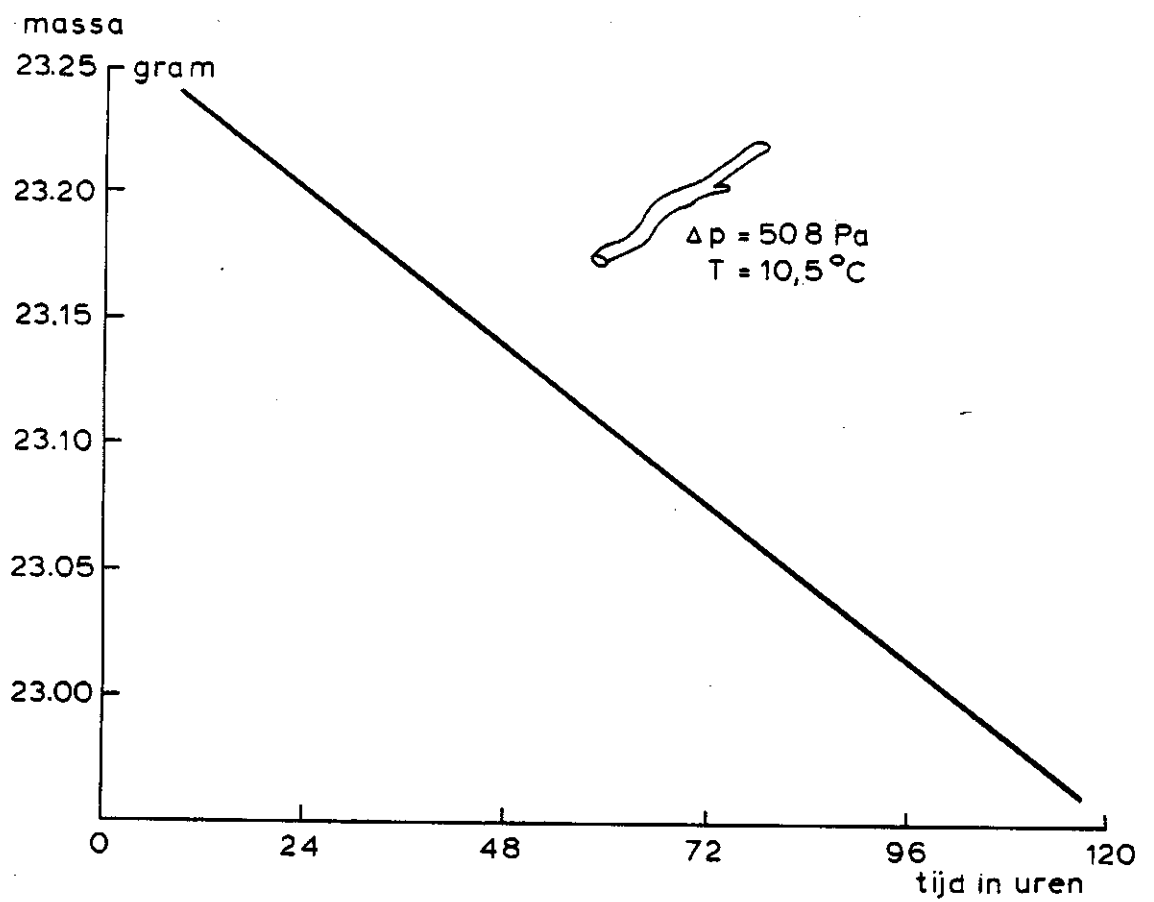
Voor een nauwkeurige meting is een variatie < 10% noodzakelijk.

De foutenanalyse voor de tijdstap van dit experiment toont aan dat de tijdstap 24 of 48 uur moet zijn (tabel 9) bij een zo lage specifieke vochtafgifte.

Tabel 9: De variatie van de specifieke vochtafgifte van een appeltak bij diverse tijdstappen, als $k = 0,6 \cdot 10^{-10} \text{ kg}/(\text{kg.Pa.s})$.

tijdstap in uur	variatie in %
96	3
24	15
12	30
6	43

Fig. 20: Vochtafgifte van een 1 jarige appeltak cv. Golden Delicious (Mg) om de 3 uur geregistreerd



Experiment 2

Doel

Vaststelling van de specifieke vochtafgifte van kleine stukjes appeltak, teneinde het verschil tussen top en ondereinde te vinden.

Werkwijze

Van gehele appeltakken werden 3 topstukjes, 3 ondereinden en 3 tussenstukjes gesneden. De uiteinden werden met aluminium-folie afgedekt. Daarna werd het gewichtsverlies gemeten gedurende een verblijftijd van 6 dagen bij 10°C en 60% r.v.

Resultaten

In onderstaande tabel is de specifieke vochtafgifte van de 3 soorten stukjes en een gehele tak opgenomen

Tabel 10: De specifieke vochtafgifte van onderdelen van de appeltak

produkt	spec. vochtafgifte kg/(kg.Pa.s)
topstuk	1,3 E-10
tussenstuk	0,9 E-10
ondereinde	0,8-1,1 E-10
gehele tak	0,7 E-10

De vochtafgifte van de top (per kg) is het grootst. Echter, de vochtafgifte is geen volume-verschijnsel (= massa), maar meer evenredig met het takoppervlak. De gemeten gemiddelde takdiameter is 4 mm voor de top, 20 mm voor het ondereinde en 12 mm voor het tussenstuk. De verhouding tussen oppervlak en volume van een cilinder is $F/V = (\pi d l) / (1/4 \pi d^2 l) = 4/d$, waarin F = oppervlak in m^2 , V = volume in m^3 , d = diameter in m en l = lengte tak in m. Voor een tak van 1 kg en een geschatte dichtheid van $1000 \text{ kg}/m^3$, de tak zweeft dan in water, is het oppervlak F -top = $1 \text{ m}^2/\text{kg}$, F -tussenstuk = $0,333 \text{ m}^2/\text{kg}$ en F -ondereinde = $0,2 \text{ m}^2/\text{kg}$ (tabel 11). Met deze factoren kunnen we de vochtafgifte per m^2 berekenen.

Tabel 11: Relatie tussen vochtafgifte per massa en per Oppervlak

produkt	vochtafgifte kg/(kg.Pa.s) (1)	oppervlak m^2/kg (2)	vochtafgifte kg/(m^2 .Pa.s) (3)
top	1,3 E-10	1	1,3 E-10
tussen	0,9 E-10	0,333	2,6 E-10
ondereinde	0,8 E-10	0,2	4,1 E-10

Bespreking

De huid van de topstukjes is minder doorlatend dan de huid van het ondereinde. Echter, de diameters van de takstukjes zijn achteraf geschat zodat de resultaten mogelijk niet geheel juist zijn.

Experiment 3

Doel

Meting van de specifieke vochtafgifte van appeltakken (1-jarig, Golden Delicious, type 9), peretakken, kersetakken en Gleditsiatakken.

Werkwijze

De takken werden in zijn geheel in de klimaatkast geplaatst bij een temperatuur van 10,1°C en een relatieve vochtigheid van 71%. De takken waren niet gecoat.

Resultaten

De resultaten zijn in de onderstaande tabel samengevat

Tabel 12: Gemeten specifieke vochtafgifte van enkele soorten ongecoate takken

produkt	aantal takken	spec. vochtafgifte kg/(kg.Pa.s)
appeltak	4	1,5 E-10
peretak	12	2,0 E-10
kersetak	10	4,3 E-10
Gleditsiatak	8	3,2 E-10

De standaarddeviatie voor appel-, pere-, kerse- en Gleditsiatakken is respectievelijk 0,1 E-10, 0,13 E-10, 0,70 E-10 en 0,44 E-10.

De variatie (standaardafwijking/gemiddelde) bedraagt respectievelijk 6, 6, 16 en 14%. Voor biologisch materiaal is de gevonden variatie goed te noemen, want meestal is deze grootte ongeveer 20%.

Bespreking

De specifieke vochtafgifte is een maat voor de snelheid waarmee een tak vocht verliest. Uit de meting blijkt dat een kersetak sneller zijn vocht verliest dan een appeltak. Het verschil tussen appel- en peretakken is niet erg groot. Helaas ontbreken gegevens over de diameter van de takken, zodat de specifieke vochtafgifte niet betrokken kan worden op het oppervlak. Dit is jammer omdat de vochtafgifte in feite evenredig is met het oppervlak en niet met de massa van de takken.

In experiment 1 is gevonden dat de specifieke vochtafgifte van een gehele appeltak 0,6 E-10 kg/(kg.Pa.s) was, hetgeen duidelijk minder is dan de in dit experiment gevonden waarde.

Experiment 4

Doel

Meting van de vochtafgifte van gecoate appeltakken (1-jarig, Golden Delicious, type 9), peretakken, kersetakken en Gleditsiatakken.

Werkwijze

De takken werden gespoten met coating I, verhouding 1:1 en na droging gelegd in een klimaatkast waarin de temperatuur en de relatieve vochtigheid 10,2°C respectievelijk 70% is.

Resultaten

De resultaten van de metingen zijn in de onderstaande tabel samengevat.

Tabel 13: Specifieke vochtafgifte van enkele gecoate takken

produkt	aantal takken	spec. vochtafgifte kg/(kg.Pa.s)
appeltak	4	0,9 E-10
peretak	12	1,1 E-10
kersetak	10	1,8 E-10
Gleditsiatak	8	1,5 E-10

De standaarddeviatie voor appel-, pere-, kerse- en Gleditsiatakken is respectievelijk 0,025 E-10, 0,056 E-10, 0,213 E-10 en 0,07 E-10; de variatie, een maat voor de meetafwijkingen, is respectievelijk 3, 5, 12 en 15%.

Bespreking

Dit experiment was bedoeld om het effect van een coating op de vochtafgifte van de takken te meten.

In experiment 2 is van dezelfde takken, maar dan niet-gecoat, de specifieke vochtafgifte bepaald. De beschermingsgraad van de coating tegen vochtafgifte, is de verhouding tussen de specifieke vochtafgifte onbehandeld en gecoat. In de volgende tabel is de beschermingsgraad voor de 4 taksoorten opgenomen.

Tabel 14: De beschermingsgraad van enkele soorten takken

produkt	niet gecoat	gecoat	beschermings- graad
appeltak	1,52 E-10	: 0,89 E-10 =	1,7
peretak	1,98 E-10	: 1,07 E-10 =	1,9
kersetak	4,27 E-10	: 1,84 E-10 =	2,3
Gleditsiatak	3,18 E-10	: 1,53 E-10 =	2,1

De gemiddelde beschermingsgraad van coating I, gespoten, is dus 2. Dit houdt in dat gecoate takken 2 maal langer bewaard kunnen worden voordat hetzelfde vochtverlies optreedt als bij niet-gecoate takken. Echter, tijdens een langdurige opslag, verweert de coating waardoor de vochtdoorlatendheid ervan toeneemt. Het is dus van belang om de beschermingsgraad van de coating als functie van de tijd te meten.

Experiment 5

Doel

De meting van de waterdampdoorlatendheid van acht reeds in de handel zijnde verpakkingsmaterialen.

Dit experiment toont de overeenkomst aan tussen coaten en kleinverpakken.

Werkwijze

Omschrijving van de verpakkingsmaterialen:

1. cellofaan folie, dikte 24 μ , niet gecoat;
2. geperforeerde bloemenverpakking;
3. geperforeerde bloemenverpakking;
4. geperforeerde poly-ethyleen verpakking, zeer kleine gaten;
5. folie met 2 grote gaten;
6. bloemenverpakking;
7. bloemenverpakking, geperforeerd;
8. limatec, dikte 80 μ , niet geperforeerd.

De verpakkingsmaterialen werden gespannen over jampotjes die gevuld waren met water. Met behulp van een weegschaal werd het gewichtsverlies gemeten gedurende een aantal dagen.

Resultaten

In de onderstaande tabel staat hoeveel waterdamp door het verpakkingsmateriaal is gestroomd gedurende 8 dagen. De relatieve vochtigheid rondom de jampotten was ca. 50%, de temperatuur 20°C en het doorstroomd oppervlak was 26 cm².

Uit deze gegevens is de weerstand R berekend met het computerprogramma WEERST. Van cellofaan (PT ongecoat) blijkt R = 1030 s/m, hetgeen behoorlijk overeenstemt met latere metingen. De weerstand van geperforeerde folies varieert tussen 860 en 1850 s/m. Veel waterdruppels (condens) vormden zich aan de onderkant van materiaal 4, en weinig waterdruppels vormden zich bij 5 en 8.

Tabel 15: Gemeten weerstand van enkele folies

materiaal	waterdampstroom in gram	weerstand s/m
1	9,94	1030
2	7,95	1290
3	11,96	860
4	0,03	343.000
5	0,35	29.000
6	5,55	1850
7	7,31	1410
8	0,37	27.806

Experiment 6

Doel

Het meten van de doorlatendheid van coatings in bepaalde verdunningen.

Werkwijze

De proef werd uitgevoerd op glazen potten zonder deksel. Deze werden afgedekt met cellofaan met een dikte van 24 μ . Op dit cellofaan werd de coating aangebracht (totaal 8 behandelingen). De glazen potten waren elk gevuld met 200 cc water, waarbij de randen van te voren waren ingesmeerd met siliconevet. Het experiment vond plaats in een ruimte met een relatieve vochtigheid van 50-59% en een temperatuur van 19-25°C gedurende 17 dagen.

Resultaten

In onderstaande tabel is de gemeten weerstand van de diverse coatings opgenomen. Duidelijk is dat de weerstand afneemt bij een grotere verdunning. De genoemde weerstanden zijn opgebouwd uit de weerstand van cellofaan (= 870 s/m) en de weerstand van de coating.

In tabel 17 is de zuivere weerstand van de coating opgenomen, waaruit blijkt dat door te verdunnen de weerstand, zoals te verwachten is, afneemt.

Tabel 16: Weerstand, na 8 dagen bewaring, van verdunde coatings

behandelingsnr.	omschrijving	weerstand s/m
1	onbehandeld, onafgedekt	380
2	onbehandeld, afgedekt met cellofaan 24 μ	870
3	coating I 45% vast	2300
4	coating II 22½% vast verdunning 1:1	1350
5	coating II½ 18% vast verdunning 1:1½	1110
6	coating I2 15% vast verdunning 1:2	1060
7	coating I3 11,25% vast verdunning 1:3	1015
8	coating J 10% vast verdunning 1:9	900

Opmerking:

Tijdens het verloop van de proef vond er geen condensvorming plaats.

De coatings zijn met de kwast opgebracht.

De droogtijd was vrij lang en liep uiteen van 3½ uur tot 24 uur:

behandelingen 4, 5 en 8 - 3½ uur;

behandeling 7 - 4 uur;

behandeling 3 - 24 uur.

Behandeling 7 valt uit de toon. We hadden een kortere droogtijd verwacht ten opzichte van behandelingen 4, 5 en 6 daar deze het meest zijn afgedund.

De oppervlakte van de af te dekken potten bedroeg $2,29 \text{ E-3 m}^2$.

Tabel 17: Weerstand van coating I als functie van de verdunningsgraad

coating		weerstand m/s
I	45% vast	1430
I1	22% vast (1:1)	480
I1½	18% vast (1:1½)	240
I2	15% vast (1:2)	190
I3	11% vast (1:3)	145

Experiment 7

Doel

Het meten van de doorlatendheid van een geperforeerde verpakking in vergelijking met een in de handel aangeboden coating.

Werkwijze

De proef werd uitgevoerd op glazen potten zonder deksel. De glazen potten waren gevuld met elk 200 cc water. De randen aan de bovenzijden van de potten werden van te voren ingesmeerd met siliconevet. Bij behandeling A werd de pot afgedekt met geperforeerde folie (2 gaten). Bij behandeling B werd de pot afgedekt met ongecoat cellofaan, dikte 24 μ , daarna werd er een coating op aangebracht met de kwast. Het experiment vond plaats in een ruimte waar gedurende 10 dagen de relatieve vochtigheid 50-59% bedroeg en de temperatuur 20-22°C.

Resultaten

De resultaten zijn weergegeven in tabel 18. Dit laat zeer duidelijk zien dat de geperforeerde folie aanzienlijk minder doorlatend is dan coating J.

Tabel 18: Verschil in weerstand tussen een coating en een geperforeerde folie

omschrijving	weerstand ¹⁾ s/m
geperforeerde folie 2 gaten per 26 cm ²	19000
coating J (10% vast)	900

1) De weerstand van coating J is de zuivere weerstand gecorrigeerd voor de weerstand van cellofaan en luchtlaag

Experiment 8

Doel

Nagaan wat de invloed is van een coating op het gewichtsverlies en specifieke vochtafgifte van een- en tweejarige rozetakken van twee cultivars, gedurende zeven dagen.

Werkwijze

Het proefmateriaal bestond uit een- en tweejarige rozetakken van de cultivars Rosa Peace en Rosa Gaujard. Direct na het snijden werden er vier behandelingen uitgevoerd, waaronder een dubbele controle. De takken werden gecoat en gedurende zeven dagen in een ruimte geplaatst waar de gemiddelde waarde van temperatuur 22°C was, en de relatieve vochtigheid 60% bedroeg.

De takken werden na 2, 3 en 7 dagen gewogen. Tevens werd de vochtafgifte bepaald. De opzet wordt weergegeven in tabellen 19 en 20.

Resultaat

De resultaten worden in tabellen 21 en 22 weergegeven. Naarmate men lager bewaart, stijgt het percentage gewichtsverlies; daarentegen, de specifieke vochtafgifte wordt steeds kleiner. Opmerkelijk is dat de cultivar Rosa Gaujard minder snel zijn vocht afgeeft dan de cultivar Rosa Peace.

Ook 1- en 2-jarige rozetakken leveren verschillen op. Een 2-jarige tak zal minder vocht verliezen dan een 1-jarige tak.

De daling van de specifieke vochtafgifte kan veroorzaakt worden door:

1. de verandering van de "huid" van de rozetakken;
2. de daling van de evenwicht en relatieve vochtigheid in de takken als gevolg van de toenemende uitdroging.

Tabel 19: Visuele verandering van cultivar 'Rosa Peace' na 3 dagen bewaring

behandelings- nr.	omschrijving van de behandeling	opmerkingen na 3 dagen bewaring
1	onbehandeld 2-jarige rozetak	sterk ingedroogd, geribbeld kleur: dof groen
2	onbehandeld 2-jarige rozetak	sterk ingedroogd, geribbeld kleur: dof groen
3	gecoat a/d uiteinden met I 2-jarige rozetak	sterk ingedroogd, geribbeld kleur: lichtgroen
4	gecoat - totaal met I verh. 1:1 = 22,5% oplossing 2-jarige rozetak	ingedroogd, iets geribbeld kleur: lichtgroen
5	onbehandeld 1-jarige rozetak	ingedroogd, geribbeld kleur: dof groen
6	onbehandeld 1-jarige rozetak	ingedroogd, geribbeld kleur: dof groen
7	gecoat a/d uiteinden met I 1-jarige rozetak	ingedroogd, geribbeld kleur: lichtgroen
8	gecoat - totaal met I verh. 1:1 = 22,5% oplossing 1-jarige rozetak	ingedroogd, geribbeld kleur: lichtgroen-rood

Tabel 20: Visuele verandering van cultivar 'Rosa gaujard' na 3 dagen bewaring

behandelings- nr.	omschrijving van de behandeling	opmerkingen na 3 dagen bewaring
1	onbehandeld 2-jarige rozetak	sterk ingedroogd, geribbeld dof van kleur
2	onbehandeld 2-jarige rozetak	sterk ingedroogd, geribbeld dof van kleur
3	gecoat a/d uiteinden met I 2-jarige rozetak	sterk ingedroogd, geribbeld lichter van kleur
4	gecoat - totaal met I verh. 1:1 = 22,5% oplossing 2-jarige rozetak	ingedroogd, iets minder geribbeld lichter van kleur
5	onbehandeld 1-jarige rozetak	ingedroogd, geribbeld dof van kleur
6	onbehandeld 1-jarige rozetak	ingedroogd; geribbeld dof van kleur
7	gecoat a/d uiteinden met I 1-jarige rozetak	ingedroogd, geribbeld lichter van kleur
8	gecoat - totaal met I verh. 1:1 = 22,5% oplossing 1-jarige rozetak	ingedroogd, geribbeld lichter van kleur

Tabel 21: Vochtverlies en specifieke vochtafgifte van cultivar 'Rosa Peace'

behande- lingsnr.	% gewichtsverlies			specifieke vochtafgifte		
	na 2 dgn	na 3 dgn	na 7 dgn	na 2 dgn	na 3 dgn	na 7 dgn
1	34	40	51	21,958 E-10	10,757 E-10	5,456 E-10
2	31	36	47	19,531 E-10	9,760 E-10	4,795 E-10
3	22	30	47	13,458 E-10	11,535 E-10	7,209 E-10
4	20	26	43	11,798 E-10	10,084 E-10	6,344 E-10
5	41	48	63	27,178 E-10	15,942 E-10	8,757 E-10
6	37	45	61	24,219 E-10	16,670 E-10	8,924 E-10
7	32	44	70	20,665 E-10	21,717 E-10	15,388 E-10
8	26	35	63	15,753 E-10	15,554 E-10	14,287 E-10

Tabel 22: Vochtverlies en specifieke vochtafgifte van cultivar Rosa 'Gaujard'

behande- lingsnr.	% gewichtsverlies			specifieke vochtafgifte		
	na 2 dgn	na 3 dgn	na 7 dgn	na 2 dgn	na 3 dgn	na 7 dgn
1	20	28	43	11,9 E-10	11,9 E-10	4,6 E-10
2	24	31	42	14,4 E-10	11,2 E-10	4,6 E-10
3	21	28	44	12,4 E-10	10,8 E-10	6,3 E-10
4	22	30	47	12,9 E-10	12,5 E-10	7,4 E-10
5	29	36	49	17,7 E-10	12,8 E-10	5,8 E-10
6	32	40	54	20,6 E-10	14,0 E-10	6,9 E-10
7	24	33	49	14,6 E-10	14,2 E-10	6,8 E-10
8	26	35	58	15,7 E-10	16,3 E-10	10,9 E-10

Experiment 9

Doel

Vaststelling van de specifieke vochtafgifte van verpakkingsmateriaal en coatings.

Werkwijze

Op glazen potten zonder deksel gevuld met 200 cc water werden na de randen te hebben ingesmeerd met silicone, verpakkingsmaterialen aangebracht. Tevens werden een aantal potten afgedekt met cellofaan. Op het cellofaan werden enkele coatings aangebracht. De proef bestond uit 6 behandelingen. Deze werden uitgevoerd in een ruimte waar de temperatuur schommelde tussen 19 en 21°C en de relatieve vochtigheid tussen 49 en 58% bleek te zijn. De proef duurde 5 dagen, waarbij er twee tijdstippen werden vastgelegd namelijk na 1 dag en na 4 dagen.

Resultaten

Het resultaat van de proef is in tabel 23 weergegeven. Opmerkelijk is behandeling 2 daar hier geen sprake is van vochtafgifte na 4 dagen. Behandeling 3 laat ten opzichte van behandeling 1 wel duidelijk een vermindering in vochtafgifte zien.

Bezien we de aangebrachte coating en behandelingen 4 t/m 6 dan levert behandeling 6 het beste resultaat op; nadelig is dat de coating niet droogt. Tot nog toe biedt behandeling 5 de beste perspectieven.

De gemeten weerstand van coating I (1:1) $R = 365$ s/m komt goed overeen met het resultaat van experiment 6 ($R = 480$ s/m).

Tabel 23: De weerstand na 4 dagen

omschrijving van de behandelingen	weerstand in s/m
onbehandeld cellofaan - 24 μ	845
verpakkingsfolie 13	∞
verpakkingsfolie 12	2280
coating L - verdunning 1:50	0
coating L - verdunning 1:1	365
coating H	855

Experiment 10

Doel

Vaststelling van de specifieke vochtafgifte van één- en overjarige rozetakken van twee verschillende cultivars.

Werkwijze

Het proefmateriaal bestond uit éénjarige en overjarige rozetakken en wel van de cultivars Rosa 'Peace' en Rosa 'Gaujard'. De rozetakken werden gedurende 3 dagen in een ruimte geplaatst bij een temperatuur van 20°C en een relatieve vochtigheid van 55%. Het proefmateriaal werd niet behandeld.

Resultaten

De resultaten, weergegeven in tabel 24, laten zien dat éénjarige rozetakken van beide cultivars een grotere vochtafgifte hebben dan overjarige rozetakken. Dat dit resultaat onderling varieert blijkt bij behandelingen 5 en 6, alhoewel het verschil voor biologisch materiaal aanvaardbaar is. Zodra het "verschil" een factor 2 bedraagt, moet serieus rekening gehouden worden met significante verschillen.

Tabel 24: De specifieke vochtafgifte na 3 dagen van rozetakken

omschrijving van de behandelingen	specifieke vochtafgifte in kg/(kg.Pa.s)
1-jarige cultivar Peace	26 E-10
overjarige cultivar Peace	16 E-10
overjarige cultivar Peace	17 E-10
1-jarige cultivar Gaujard	23 E-10
overjarige cultivar Gaujard	15 E-10

Experiment 11

Doel

Het vaststellen van de invloed van de hoeveelheid water in een jampot op de diffusiecoëfficiënt.

Werkwijze

De proef werd uitgevoerd met glazen potten afgedekt met cellofaan en in duplo uitgevoerd met drie verschillende hoeveelheden water. Totaal werden er vijf metingen verricht over vijf dagen bij een gemiddelde temperatuur van 21°C en een relatieve vochtigheid van 69%.

Resultaten

De grootste diffusiecoëfficiënt werd gemeten bij behandelingen 3 en 4 (zie tabel 25). Vastgesteld werd dat de grootste hoeveelheid water ook de hoogste diffusiecoëfficiënt gaf. Hieruit kan de conclusie getrokken worden dat de luchtlaag tussen cellofaan en wateroppervlak een bepaalde weerstand heeft, en dat de relatieve vochtigheid vlak onder het cellofaan niet 100% is.

In het vervolg zal ook de weerstand van de luchtlaag bepaald worden, met het doel een controle te hebben op de omstandigheden tijdens de metingen.

Tabel 25: Het verloop van de diffusiecoëfficiënt gedurende vijf dagen

hoeveelheid water in de glazen pot (cc)	diffusiecoëfficiënt in m ² /s				
	na 1 dag	na 2 dagen	na 3 dagen	na 4 dagen	na 5 dagen
20	200 E-10	217 E-10	191 E-10	180 E-10	191 E-10
20	156 E-10	163 E-10	152 E-10	163 E-10	157 E-10
350	285 E-10	303 E-10	265 E-10	281 E-10	255 E-10
350	303 E-10	312 E-10	279 E-10	313 E-10	283 E-10
200	173 E-10	177 E-10	163 E-10	191 E-10	182 E-10
200	176 E-10	181 E-10	164 E-10	198 E-10	180 E-10

Experiment 12

Doel

Nagaan hoe groot het verschil in diffusiecoëfficiënt is bij een verpakkingsmateriaal geperforeerd met één of twee gaten per 10 cm^2 .

Werkwijze

De proef werd met glazen potten, gevuld met 200 cc water uitgevoerd.

De metingen vonden op zeven verschillende tijdstippen plaats. De temperatuur in de proefruimte was gemiddeld 21°C en de relatieve vochtigheid bedroeg 66%.

Resultaten

Zowel tabel 26 als tabel 27 laten duidelijk zien dat de doorlaatbaarheid van een folie vergroot wordt bij meerdere perforaties. De gemiddelde factor is 2. Grotere doorlaatbaarheid levert een hogere diffusiecoëfficiënt.

Tabel 26: Doorlatendheid van folie met 1 of 2 gaten

perforatie aantal gaten	D/d in m/s						
	11/9	13/9	19/9	20/9	23/9	24/9	25/9
1	8.2 E-5	6.5 E-5	6.7 E-5	8.1 E-5	7.8 E-5	7.6 E-5	8.0 E-5
2	<u>1.4 E-4</u>	<u>1.3 E-4</u>	<u>1.4 E-4</u>	<u>1.5 E-4</u>	<u>1.4 E-4</u>	<u>1.6 E-4</u>	<u>1.5 E-4</u>

Tabel 27: Diffusiecoëfficiënt van folie met 1 of 2 gaten

perforatie aantal gaten	diffusiecoëfficiënt (D) in m^2/s						
	11/9	13/9	19/9	20/9	23/9	24/9	25/9
1	18 E-10	14 E-10	14 E-10	17 E-10	17 E-10	16 E-10	17 E-10
2	30 E-10	28 E-10	32 E-10	34 E-10	31 E-10	35 E-10	33 E-10

Experiment 13

Doel

Het meten van de diffusiecoëfficiënt wanneer de glazen potten in het donker zijn geplaatst, waarbij de invloed van de natuurlijke convectie minimaal is.

Werkwijze

Glazen potten afgedekt met cellofaan en gevuld met twee verschillende hoeveelheden water, werden gedurende drie dagen in een donkere ruimte geplaatst bij een temperatuur van $8,5^{\circ}\text{C}$ en een relatieve vochtigheid van 77,5% (klimaatkast). De proef vond in triplo plaats. Drie behandelingen, waarbij in 3 potten een hoeveelheid van 20 cc water aanwezig is en drie potten waar de hoeveelheid water 200 cc bedraagt.

Resultaten

De resultaten worden weergegeven in tabel 28. Na 1 dag in donker te hebben gestaan valt ons de uniformiteit op; bij 20 cc water een $(D) \text{ m}^2/\text{s}$ van $133 \text{ E-}10$ en bij 200 cc water $(D) \text{ m}^2/\text{s}$ is $187 \text{ E-}10$, dit alles over 3 dezelfde behandelingen. Na twee dagen in donker krijgen we toch een iets ander beeld, de behandelingen zijn iets minder uniform.

Tabel 28: De doorlatendheid van cellofaan in het donker

behandeling	hoeveelheid water in glazen potten (cc)	meting na 1 dag		meting na 2 dagen	
		$(D) \text{ m}^2/\text{s}$	D/d m/s	$(D) \text{ m}^2/\text{s}$	D/d m/s
1	20	$133 \text{ E-}10$	$6,07 \text{ E-}4$	$109 \text{ E-}10$	$4,98 \text{ E-}4$
2	20	$133 \text{ E-}10$	$6,07 \text{ E-}4$	$109 \text{ E-}10$	$4,98 \text{ E-}4$
9	20	$133 \text{ E-}10$	$6,07 \text{ E-}4$	$82 \text{ E-}10$	$3,73 \text{ E-}4$
5	200	$187 \text{ E-}10$	$8,50 \text{ E-}4$	$169 \text{ E-}10$	$7,72 \text{ E-}4$
6	200	$187 \text{ E-}10$	$8,50 \text{ E-}4$	$164 \text{ E-}10$	$7,47 \text{ E-}4$
10	200	$187 \text{ E-}10$	$8,5 \text{ E-}4$	$137 \text{ E-}10$	$6,22 \text{ E-}4$

Dit experiment is opgezet om te controleren of onder ideale omstandigheden, de diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht + cellofaan lager wordt.

Bij een watervulling van 200 cc is de diffusiecoëfficiënt voor lucht + cellofaan $D = 187...137 \text{ E-}10 \text{ m}^2/\text{s}$ terwijl in experiment 11, onder minder ideale kameromstandigheden, gevonden is dat $D = 191...163 \text{ E-}10 \text{ m}^2/\text{s}$. Hieruit blijkt dat de positieve invloed van de ideale omstandigheden in de klimaatkast niet te meten is.

Uit de proef is berekend dat de diffusiecoëfficiënt voor cellofaan van 24μ dikte ($d = 24 \cdot 10^{-6} \text{ m}$) $D(\text{cellofaan/water}) = 2,8 \text{ E-}8 \text{ m}^2/\text{s}$.

De weerstand van cellofaan is $R = d/D = 24 \text{ E-}6/2,8 \text{ E-}8 = 860 \text{ s/m}$.

Experiment 14

Doel

De doorlatendheid van nieuw te beproeven coatings bepalen.

Werkwijze

De bovenzijden van glazen potten werden afgedicht met cellofaan. Hierop werden de te beproeven coatings met de kwast opgebracht. De glazen potten waren van tevoren gevuld met 200 cc water. De omgevingsomstandigheden waren 19°C en 68% r.v.

Resultaten

De resultaten worden weergegeven in tabel 29. De berekening is uitgevoerd met het computerprogramma WIM2.BAS. Het nadeel van dit programma is dat de berekende diffusiegetallen gelden voor cellofaan + coating. Met het programma WEERST.BAS kan de meer aansprekende weerstand berekend worden van cellofaan + coating. De weerstand van cellofaan is ongeveer 900 s/m zodat de weerstand van de coating eenvoudig te vinden is:

$$R_{\text{coating}} = R_{\text{coating} + \text{cellofaan}} - 900$$

De weerstand van coating L is zeer hoog in vergelijking met de andere coatings.

Tabel 29: De diffusiecoëfficiënt en weerstand van diverse coatings

omschrijving coating	weerstand in s/m	D m ² /s	D/d m/s
I	570	88,8 E-10	4,03 E-4
L	7130	17,1 E-10	0,7 E-4
G	1900	48,1 E-10	2,1 E-4
M	1900	48,1 E-10	2,1 E-4
N	0	183,04 E-10	8,3 E-4
O	890	73,8 E-10	3,3 E-4

coating

cellofaan + coating

Experiment 15

Doel

Het testen van een in de praktijk aangeboden coating F op zijn vochtdoorlatendheid.

Werkwijze

Op glazen potten zonder deksel gevuld met 200 cc water werd, na de randen te hebben ingesmeerd met silicone, de opening afgedekt met cellofaan.

Een pot bleef onbehandeld, terwijl op pot 2, afgedekt met het bovengenoemde cellofaan, coating F met de kwast werd aangebracht.

Resultaten

De weerstand van de controle, alleen cellofaan, was 936 s/m, hetgeen goed overeenstemt met voorgaande metingen. De weerstand van coating F is $4046 - 936 = 3110$ s/m.

Experiment 16

Doel

Vaststelling van de weerstand van diverse coatings.

Werkwijze

Glazen potten zonder deksel gevuld met 200 cc water werden, na de randen te hebben ingesmeerd met silicone, afgedekt met cellofaan. Op de cellofaan werden de diverse coatings aangebracht. De proef bestond uit 7 coatings. Deze werden uitgevoerd in een ruimte waar de temperatuur schommelde tussen 17 en 19°C en de relatieve vochtigheid tussen 54 en 57%.

De proef duurde 3 dagen, waarbij er drie tijdstippen werden vastgelegd, respectievelijk na 1, 2 en 3 dagen.

Resultaten

Uit de tabel blijkt dat de weerstand niet erg constant is. Dit wordt veroorzaakt door de schommelingen in het klimaat. De tendens is echter wel duidelijk.

Het toevoegen van loog aan coating B (B₂ en B₃) veroorzaakt een duidelijke daling van de weerstand.

Tabel 30: De weerstand van enkele coatings

coating	weerstand in s/m		
	op 1 ^e dag	op 2 ^e dag	op 3 ^e dag
A	650	175	110
B	4300	2900	2300
B ₂	420	810	675
B ₃	400	310	512
C	2000	3300	1540
D	4200	3300	2500
E	3200	4500	3300

Experiment 17

Doel

Vaststelling van de specifieke vochtafgifte in vergelijking met onbehandeld van 3 coatings, welke zijn aangebracht met de kwast op gedeelten van rozestruiken en wel de toppen en middenstukken.

Werkwijze

Van rozestruiken werden 3 topstukjes en 3 tussenstukjes van 30 cm lengte gesneden. De uiteinden werden met entwas afgedekt. Daarna werd het gewichtsverlies gemeten gedurende een verblijftijd van 28 dagen bij gemiddelde temperatuur van 20°C en een relatieve vochtigheid van 58%. 5 tijdstippen werden vastgelegd en drie coatings werden vergeleken met onbehandeld produkt. In totaal 18 topstukjes en tussenstukjes (zie de figuren 21 en 22, 23 en 24) werden gebruikt. Iedere behandeling bestond uit 3 topstukjes en 3 tussenstukjes. Vervolgens werden de top- en tussenstukjes in een droogstoof gelegd bij 70°C gedurende 9 dagen. Er werd 4 keer op gewichtsafname gecontroleerd.

Resultaten

In figuren 21 en 22 is het verloop van het gewicht van de toppen respectievelijk de middenstukken weergegeven. Het gedrag van de toppen is duidelijk anders dan het gedrag van de middenstukken. De toppen drogen in een periode van 6 dagen snel uit en daarna is er nog nauwelijks gewichtsverlies. Waarschijnlijk is de reden hiervan dat er geen water meer beschikbaar is in de toppen. Of anders gezegd: De evenwichtsdampspanning in het weefsel is na 6 dagen, als gevolg van het waterverlies, gedaald tot de dampspanning van de omgeving.

Bij de middenstukken is de verhouding tussen vochtafgevend oppervlak en vocht-houdend weefsel geheel anders. Hierdoor nemen de middenstukken na 28 dagen nog steeds in gewicht af.

In figuren 23 en 24 is de berekende specifieke vochtafgifte uitgezet als functie van de tijd. Bij de berekening is aangenomen dat de evenwichts relatieve vochtigheid in de takken 100%, hetgeen dus niet te verwachten is. Door deze werkwijze daalt de specifieke vochtafgifte in de tijd snel tot een minimale waarde. Het is duidelijk dat de specifieke vochtafgifte in het begin van de proef de vochtdoorlatende eigenschap van de huid het best beschrijft. Voor top- en middenstuk:

midden: $k = 12 \text{ E-10 kg/(m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{s)}$
top : $k = 13 \text{ E-10 kg/(m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{s)}$

In deel 1 van dit rapport is beschreven wat de evenwichts relatieve vochtigheid als functie van de tijd is, als wordt aangenomen dat de "huideigenschap" constant blijft. Deze proef toont aan dat de meting van de relatieve vochtigheid in het produkt van groot belang is. Het vochtgehalte was 0,12 kg water/kg produkt na 28 dagen experimenten (0,14 kg water/kg droge stof). Voor vurehout is de relatie tussen relatieve vochtigheid en vochtgehalte bekend (figuur 10). Bij een vochtgehalte van 14% in het rozehout is de evenwichts relatieve vochtigheid 74% als de hygroscopische eigenschap van vurehout gelijk is aan die van rozehout. De relatieve vochtigheid van de omgeving was 58% zodat een drijvende kracht van $74 - 58 = 16\%$ na 28 dagen bewaring aanwezig is. Het lijkt zinvol dit soort proeven

met "droge" produkten nogmaals uit te voeren en de hygroscopische eigenschappen bij de uitwerking te gebruiken.

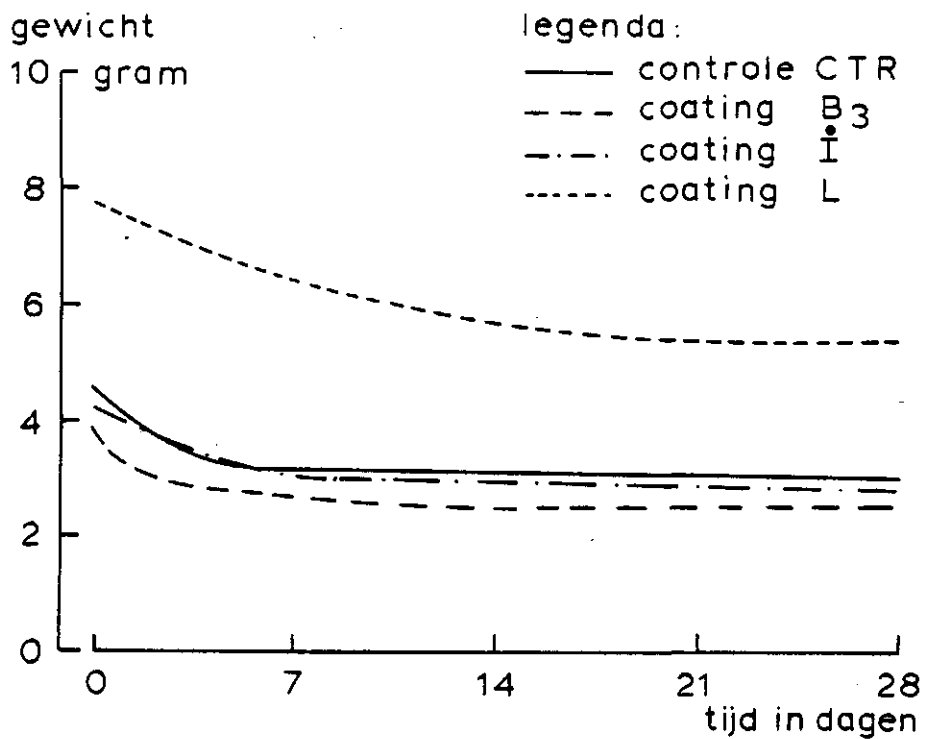


Fig. 21: Gewichtsafname van de top van een rozestruik c.v. Peace, gedurende bewaring bij 20°C

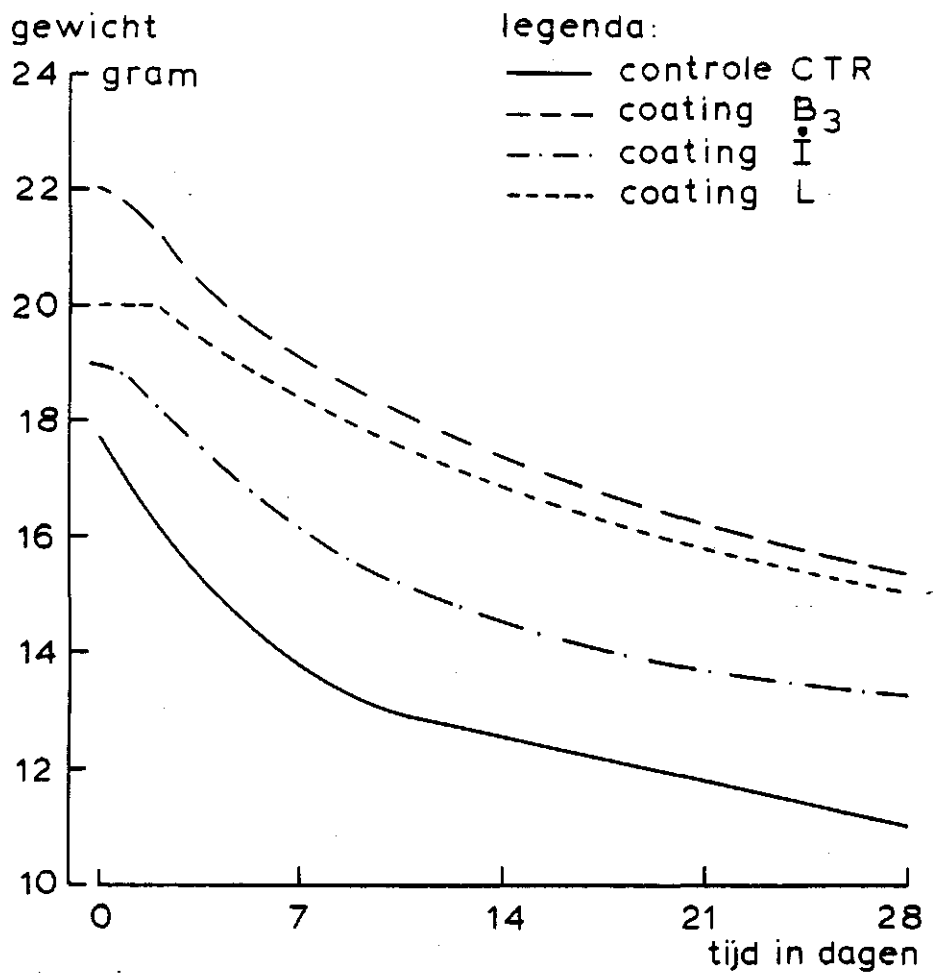


Fig. 22: Gewichtsafname van een middenstuk van een rozestruik cv. Peace gedurende bewaring bij 20°C

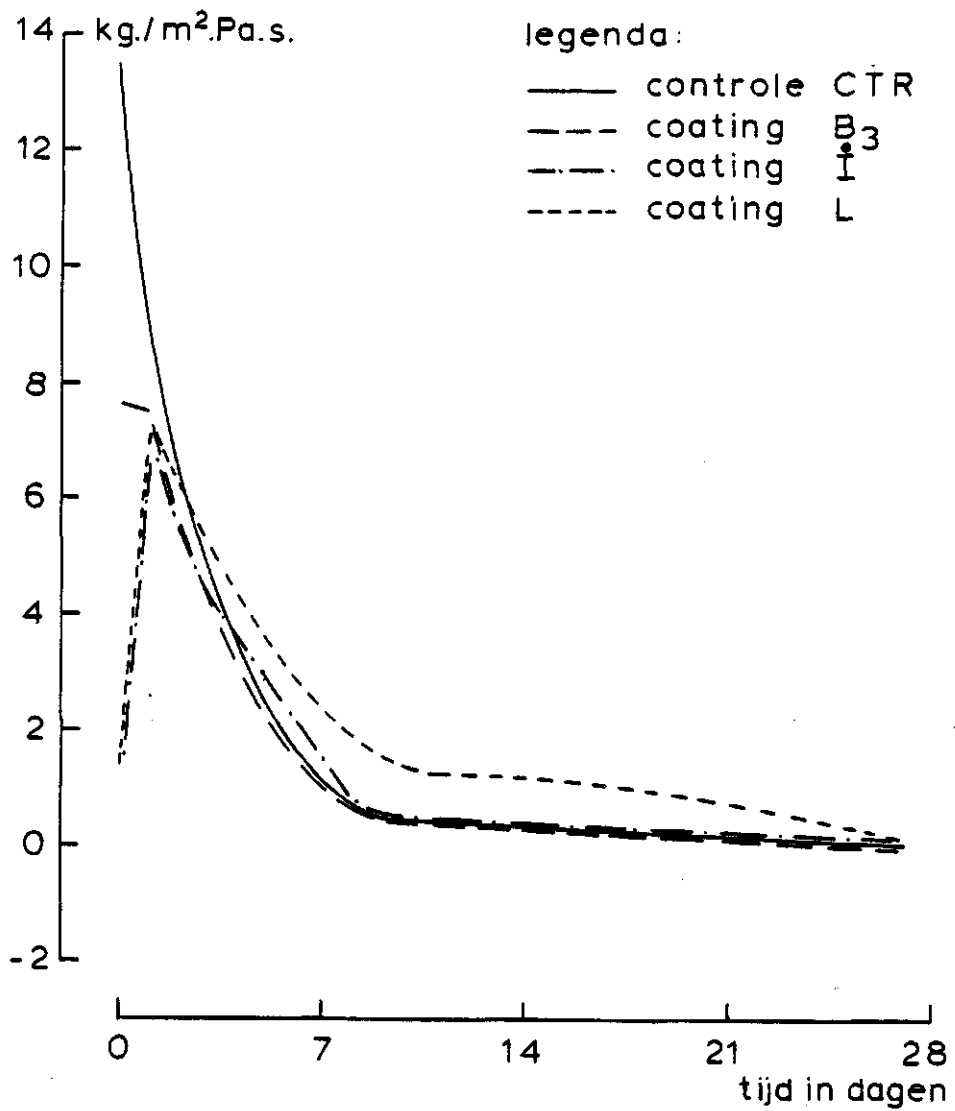


Fig. 23: De specifieke vocht afgifte van de top van een rozestruik cv. Peace bewaard bij 20°C

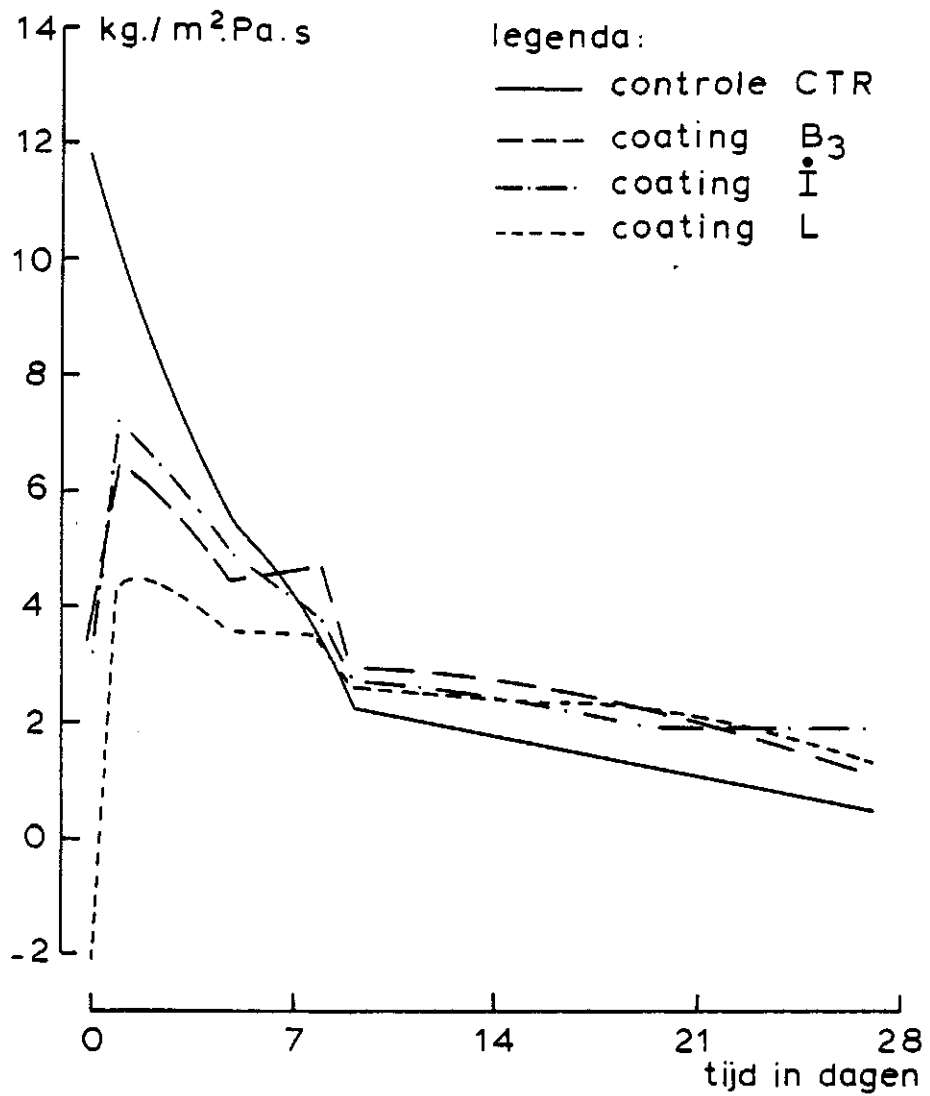


Fig. 24: De specifieke vocht afgifte van het middenstuk van een rozestruik cv. Peace bewaard bij 20°C

Experiment 18

Doel

Bepaling van de wateractiviteit van het gewas na een verblijf van zeven dagen in gesloten ruimten (exsiccatoren) waarin verschillende relatieve vochtigheden werden gecreëerd - namelijk 100, 90, 80 en 75 procent.

Werkwijze

Het produkt bestond uit kerse-, pere- en rozetakken. Deze werden geknipt tot een taklengte van 20 cm. Elk soort bestond uit 3 takjes. De wonden ontstaan door de takjes op de gewenste lengte te verkrijgen, werden afgedekt met entwas. Om de verschillende relatieve vochtigheden te realiseren werd iedere exsiccator voorzien van een oplossing water en glycerol (zie tabel 31) welke werd samengesteld volgens een tabellenboek (Chemisch Tabellen boek). Bijlage 7.

Tabel 31: Omschrijving van de behandeling

behandeling	relatieve vochtigheid %	oplossing	
		cc water	cc glycerol
1	100	1000	-
2	90	650	350
3	80	470	530
4	75	420	580

Van de takjes werd de oppervlakte bepaald, het gewichtsverlies gemeten en ten slotte het resultaat in een grafiek uitgezet zie hiervoor tabel 32, en figuren 25, 26 en 27.

Tabel 32: Gewichtsverlies van roze-, kerse- en peretakken bij diverse relatieve vochtigheden

behandelingsnr.	relatieve vochtigheid	begingewicht in g	eindgewicht in g	% gewichtsverlies	oppervlakte tak in mm ²	
ROOS	1	100	13,83	13,50	2,3	5799
			12,35	12,08	2,1	6144
			7,19	7,02	2,3	4869
	2	90	8,17	7,40	9,4	4800
			15,89	14,92	6,1	6496
			13,10	12,03	8,1	6377
	3	80	10,09	9,68	4,0	5386
			16,42	15,08	8,1	7457
			17,11	14,96	12,5	7263
	4	75	10,92	9,38	14,1	6113
			11,71	10,13	13,4	5774
			5,80	5,02	13,4	4787
KERS	1	100	35,58	35,28	0,8	9462
			16,33	16,33	0	6452
			26,74	16,70	0,1	8155
	2	90	31,68	30,74	2,9	8965
			32,32	31,86	2,9	8965
			31,00	31,39	+ 1,2	9022
	3	80	46,40	44,83	3,3	10800
			29,07	28,34	2,5	8689
			20,58	20,04	2,6	7219
	4	75	25,58	24,88	2,7	7790
			45,07	44,14	2,0	10542
			42,61	41,21	3,2	10002
PEER	1	100	12,81	13,03	+ 1,7	5309
			16,23	16,42	+ 1,1	6031
			10,28	10,87	+ 0,8	5070
	2	90	11,86	11,81	0,4	5384
			23,98	23,81	0,7	7432
			13,02	12,95	0,5	5453
	3	80	13,07	12,83	1,8	5491
			9,65	9,45	2,0	4592
			13,21	12,99	1,6	5541
	4	75	17,59	17,14	2,5	6433
			15,91	15,56	2,1	5899
			16,97	16,59	2,2	6502

(+ = gewichtstoename)

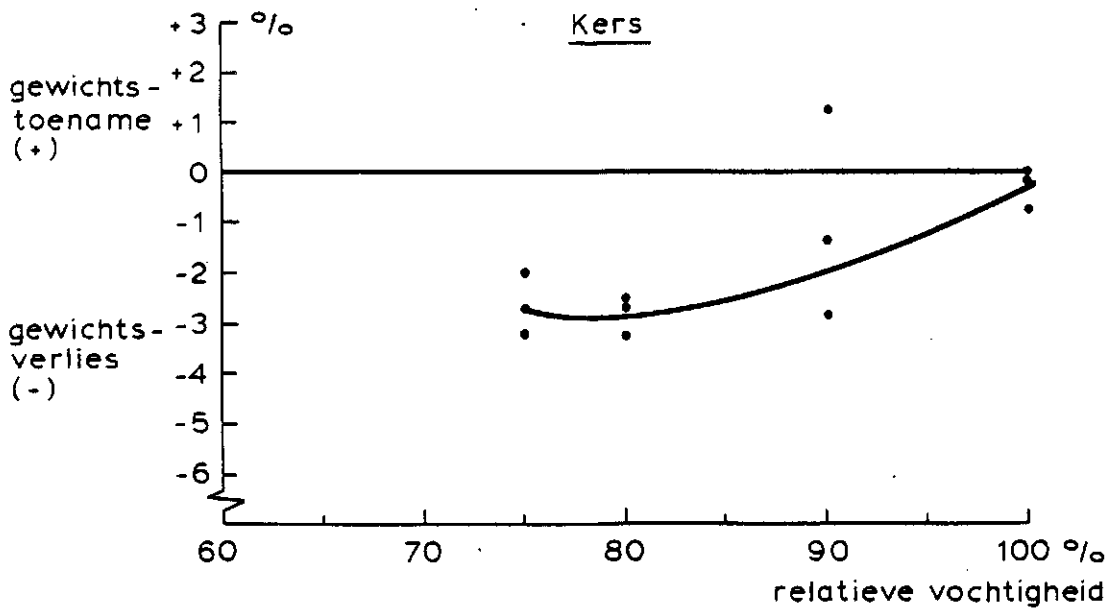


Fig. 25: Gewichtsverandering van kersetakken bewaard bij diverse relatieve vochtigheden. De evenwichts relatieve vochtigheid is 100%

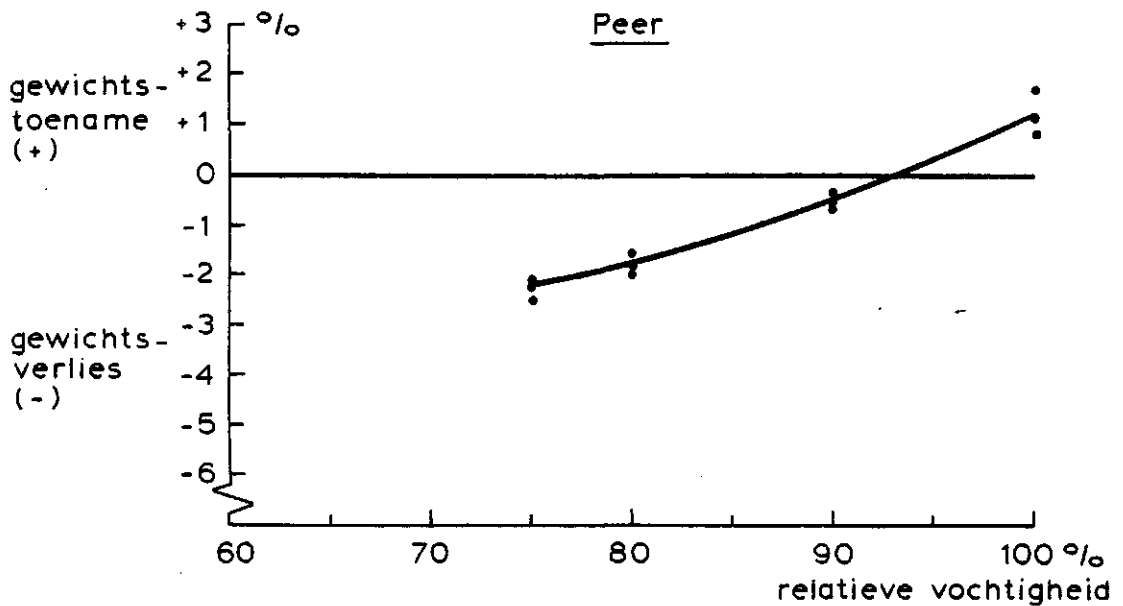


Fig. 26: Gewichtsverandering van peretakken bewaard bij een aantal relatieve vochtigheden teneinde de evenwichts relatieve vochtigheid te bepalen

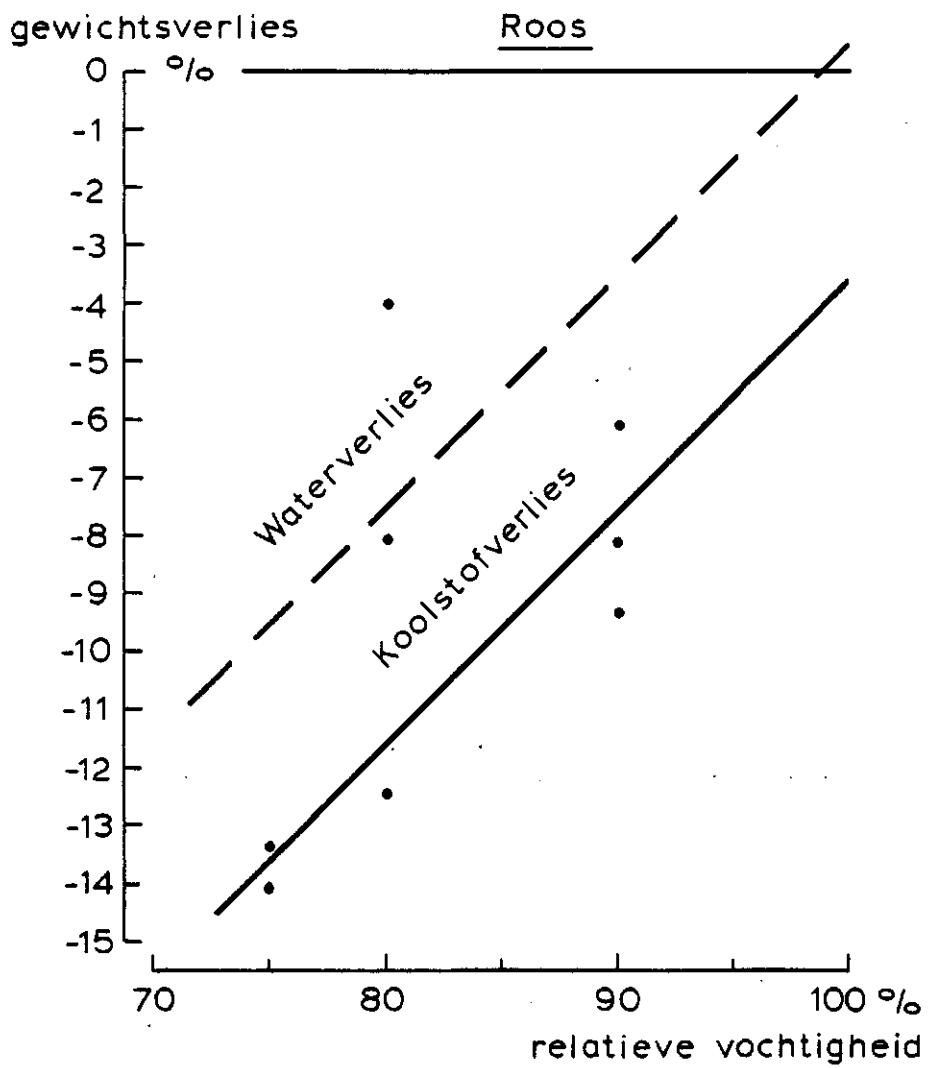


Fig. 27: Effect van het koolstofverlies op de bepaling van de evenwichts relatieve vochtigheid voor roos

Bespreking

Naarmate de relatieve vochtigheid vermindert, stijgt het gewichtsverlies.

Rozestruiken zijn hier aanmerkelijk gevoeliger voor dan peer- of kersetakken.

Het hoofddoel van dit experiment was om na te gaan of hiermee de evenwichts relatieve vochtigheid in het produkt op een eenvoudige wijze te bepalen is. In de 3 figuren is voor dat doel op de horizontale as de relatieve vochtigheid in de exsiccatoren uitgezet en op de vertikale as staat het percentage vochtverlies.

Daar waar de meetpunten door de 0-lijn voor vochtafgifte gaan, wordt de relatieve vochtigheid in het produkt afgelezen (zie ook tabel 33).

Tabel 33: Gemeten evenwichts relatieve vochtigheid in enkele takken

produkt	evenwichts relatieve vochtigheid in %	
	1 ^e proef	2 ^e proef
kers	100	101
peer	93	95
roos	110	105
appel		93

Het is natuurlijk niet mogelijk dat de evenwichts relatieve vochtigheid groter dan 100% is. Dit verschijnsel kan veroorzaakt worden doordat het vochtverlies niet gelijk is aan het massaverlies als gevolg van de ademhalingswarmte (dus koolstofverlies) van de roos (zie figuur 27).

experiment 19

Doel

Vaststelling van de specifieke vochtafgifte van gecoat en onbehandelde wortelstukjes van rozestruiken.

Werkwijze

Van 4 rozestruiken (cv. 'Peace') werden van elk 3 wortelstukjes geknipt en de gemaakte wonden werden met entwas afgedekt. Totaal 12 wortelstukjes, 4 behandelingen in 3-voud. Daarna werd het gewichtsverlies gemeten gedurende een bewaartijd van 7 dagen bij een gemiddelde temperatuur van 2 à 3°C en een relatieve vochtigheid van 58,6%. 7 tijdstippen werden vastgelegd. Drie coatings werden vergeleken met onbehandeld. Vervolgens werden de wortelstukjes in een droogstoof gelegd bij 70°C en gedurende 7 dagen op gewichtsafname gecontroleerd.

De 3 coatings waren:

1. een acrylaat dispersie coating B₃
2. een copolymeer vinylacetaat dispersie, coating I
3. een copolymeer dispersie uit acrylesters van coating L.

Hiervan werden de resultaten ten opzichte van onbehandeld van iedere behandeling uitgezet in 3 soorten grafieken (fig. 28, 29 en 30).

A - Massa ten opzichte van de tijd

B - Percentage vocht ten opzichte van de tijd

C - De evenwichtsdampspanning ten opzichte van de tijd.

Uit de laatste grafiek blijkt heel duidelijk het effect van een coating.

Als bijvoorbeeld wordt afgesproken dat een evenwichts dampspanning van 95% nog net aanvaardbaar is dan blijkt uit fig. 24 dat de bewaartijd van een wortelgestel gecoat met coating L 5,5 dag is. Het resultaat van de proeven is in tabel 34 weergegeven. Het blijkt dat de beschermingsgraad van een coating 2 à 3 is. De relatie tussen de weerstand van de coating en de "houdbaarheid" is niet zo duidelijk. Het lijkt erop of de weerstand van het "naakte" (niet-gecoate) wortelgestel erg laag is, bijvoorbeeld 200 à 300 s/m.

Tabel 34: Houdbaarheid van wortelgestellen van rozestruiken.

Nog net aanvaardbaar = 95% evenwichts relatieve vochtigheid

type coating	weerstand s/m	bewaartijd in dagen
geen	-	2
B ₃	512 (exp. 16)	6
I	1430 (exp. 6)	5
L	7130 (exp. 14)	5,5

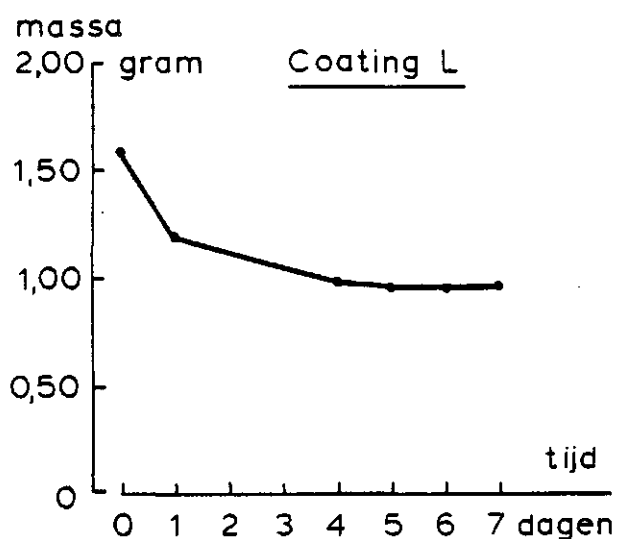


Fig. 28: Verandering van de massa van wortelstukje van rozestruiken bij bewaring

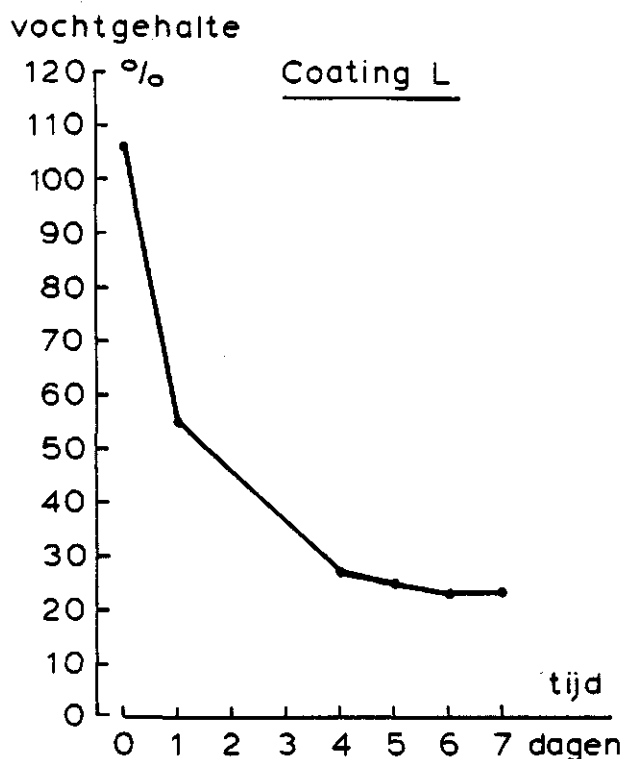


Fig. 29: Evenwichtsdampspanning van het gecoate produkt, roos - coating L

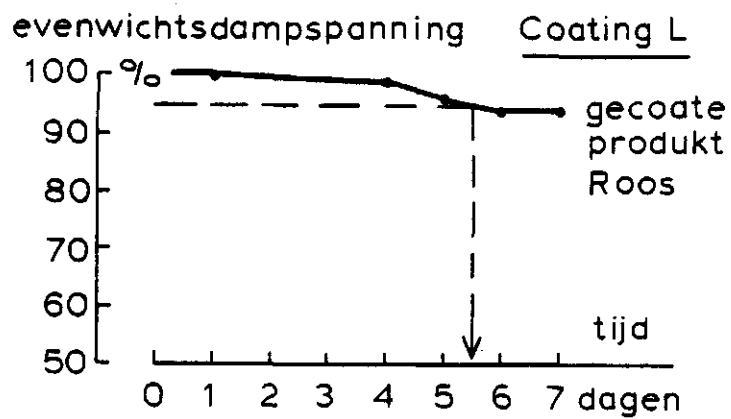


Fig. 30: Verandering van het vochtgehalte van wortelstukjes (roos), gecoat met produkt, en bepaling van de maximale bewaartijd, waarvoor als indicatie de 95% grens voor de evenwichts relatieve vochtigheid gekozen is.

Experiment 20

Doel

Bepaling van het maximaal toelaatbare vochtverlies van rozestruiken.

Werkwijze

Het gewas bestond uit 15 rozestruiken (1-jarig) alle met dezelfde zaailing onderstam Inernis, cultivar Ruby. In totaal werden er vijf behandelingen toegepast met drie herhalingen. Het uitgangsmateriaal werd ons door Tuinbouwplantenteelt ter beschikking gesteld. De opzet van de proef wordt in tabel 35 weergegeven.

Tabel 35: Omschrijving van de behandeling van de rozestruiken

behandelings- nr.	temperatuur in °C	rel. vochtigheid in %	opmerkingen
1	-	-	Standaardbehandeling Rozestruiken bleven opgeplant staan in 5 liter containers
2	20	100	Exsiccator 1
3	20	80	Exsiccator 2
4	20	50	Exsiccator 3 gevuld met silicagel om een zeer lage rel. vochtigheid te creëren
5	20	50	Rozestruikjes losliggend spec. vochtafgifte

Start en verloop van de proef

De rozestruiken werden voor behandelingen 2 t/m 5 uit de 5 liter containers gehaald, de grond eraf geschud, gewogen om ze daarna 10 dagen te bewaren. Na de bewaring wederom gewogen, daarna opgeplant in 5 liter containers om gedurende 36 dagen te verblijven in een kas van Tuinbouwplantenteelt. Het resultaat was als volgt:

Tabel 36: Visuele beoordeling van de rozestruiken na de bewaring

behandelings- nr.	gemiddeld % gewichtsverlies	opmerkingen
2	4	zien er fris uit, iets bladval iets schimmelvorming bovenkant onderstam en de wortels
3	25	Iets uitgedroogd, geen schimmelvorming
4	51	Blad wat uitgedroogd Schimmelvorming op bovenkant onderstam
5	64	Geen bladval, geen schimmelvorming, extreem droog

Na verblijf van 36 dagen in een kas werd het volgende geconcludeerd.

Tabel 37: Waardering van de rozestruiken na de opgroei

behandelingsnr.	cijfer waardering	opmerkingen
1	10	4 bloemknoppen, 2 stuks in kleur
2	8	1 bloemknop, met iets kleur
3	7	1 bloemknop, groen
4	2	iets wortelgroei
5	0	dode struiken, idem de wortelgestellen

Bespreking

Deze proef toont aan dat men rozestruiken gedurende 10 dagen bij 20°C kan bewaren, mits er een relatieve vochtigheid van 80% of hoger gehandhaafd blijft. Dat dit zeer nauw steekt is te zien aan behandelingen 4 en 5, waarbij rozestruiken zonder grond bewaard worden bij een relatieve vochtigheid van 50%. Deze behandelingen lieten het zeer duidelijk afweten, betreffende de latere hergroei in de kas. We mogen hier dus concluderen dat het bewaren van rozestruiken zonder grond hoge eisen stelt aan het bewaarklimaat.

Experiment 21

Doel

Bepaling van de weerstand van de coating P en de toxiciteit ervan.

Werkwijze

De coating P is een in water oplosbare coating met 12% droge stof. Ammoniak is toegevoegd om de oplosbaarheid te verbeteren. De droogtijd was ongeveer 60 minuten, terwijl de verspuitbaarheid slecht was.

De weerstand van de coating werd bepaald met de "Jampot-proef" (tabel 38). De fyto-toxiciteit van de coating werd beproefd door de coating op een 'Vlijtig Liesje' aan te brengen.

Resultaten

Tabel 38: Gemeten weerstanden in de "Jampot-proef"

omschrijving	weerstand (s/m) voor proef		
	1	2	3
lucht	107	146	132
cellofaan	1034	966	973
coating P	3419	3880	4309
totaal	4561	4993	5414

Het blijkt dat de weerstand van de coating groter wordt met toenemende ouderdom, want de proeven zijn met tussenpozen van 25 uur uitgevoerd.

De weerstand van de luchtlaag (5,6 cm) is erg klein, ca. 100 s/m en die voor cellofaan ca. 1000 s/m.

Interessant is dat het computerprogramma JAMPOT.BAS ook de diffusiecoëfficiënt van lucht en cellofaan berekend (tabel 39).

Tabel 39: Berekende diffusiecoëfficiënt voor lucht en cellofaan

proef	diffusiecoëfficiënt (m^2/s) van waterdamp in	
	lucht	cellofaan
1	5,2 E-4	2,1 E-8
2	3,8 E-4	2,3 E-8
3	4,1 E-4	2,3 E-8

De gemeten gemiddelde diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht is $4,3 E-4 m^2/s$ wat veel groter is dan de in de literatuur opgegeven waarde van $2,5 E-5$.

Dit wordt veroorzaakt door de niet ideale proefomstandigheden, zoals temperatuurschommelingen en temperatuurverschillen. Over het algemeen is de diffusiecoëfficiënt van een gas in lucht een factor 4-10 groter dan de opgegeven waarde in handboeken.

De fyto-toxiciteit van de coating P (pH=9) wordt beoordeeld door het gedrag van een gecoat "Vlijtig Liesje" te volgen:

- 1^e dag: direct na de bespuiting met coating een verkleuring van de bloem, verder goed.
- 2^e dag: duidelijk schadebeeld, slap, blad naar donkergroen verkleurd.
- 3^e dag: bladval en potplant uiterlijk zeer slecht.