

CENTRAAL INSTITUUT VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK

Publicatie van het Droogtechnisch Laboratorium, no.62

VERSLAG VAN BEWAARPROEVEN MET ZAAIZAAD, UITGEVOERD
TIJDENS HET WINTERSEIZOEN 1953-1954

door

prof.ir J.J.I.Sprenger

VERSLAG VAN BEWAARPROEVEN MET ZAAIZAAD, UITGEVOERD

TIJDENS HET WINTERSEIZOEN 1953-1954

door

prof.ir J.J.I.Sprenger

Waarnemingen uitgevoerd door B.Rozendaal, in samenwerking met de N.A.K.

Korte inhoud

Bij Publicatie van het Droogtechn. Lab. no.45 (Nov.'53) werden bewaarproeven met haver en lijnzaad beschreven, gedurende het winterseizoen 1952-'53 uitgevoerd in twee pakhuisen (te Groningen en te Rijsoord).

Eveneens in overeenstemming met het programma van onderzoek, vastgesteld door de Commissie tot Coördinatie van Zaaizaadonderzoek van het Centraal Orgaan, zijn deze proeven voortgezet gedurende de winter 1953-'54, ditmaal met gerst in pakhuisen te Anna-Paulowna en te Goes. Bovendien werden, parallel hiermede, in een geïmproviseerde opslagruimte van het Droogtechnisch Laboratorium bewaarproeven uitgevoerd met 10 zaadsoorten (rogge, erwten, maïs, lupinezaad, graszaad, haver, bietenzaad, uienzaad, lijnzaad en koolzaad), waarbij een systeem van automatisch geregelde ventilatie werd toegepast.

De resultaten van deze proeven kunnen als volgt worden geresumeerd:

1. Te Anna-Paulowna (22 Nov. - 28 Febr.) schommelde het vochtgehalte van de gerst tussen de grenzen 16,8 % (begin) - 16,4 % (min.) - 16,7 % (eind), dus met zeer geringe veranderingen. De kiemkracht nam gedurende deze periode nog iets toe (91-95 %).
2. Te Goes (22 Nov. - 5 April) varieerde het vochtgehalte van de gerst tussen de grenzen 16,4 % (begin) - 16,9 % (max.) - 16,7 % (eind), dus eveneens weinig. De kiemkracht bedroeg 95-93 %, en bleef dus praktisch constant.
3. Het vochtgehalte van de verschillende zaden, in het Droogtechnisch Laboratorium bewaard, schommelde met de vochtigheidsgraad van de lucht, en kon aan de hand van dampdrukisothermen ongeveer voorspeld worden. De amplitudo van de schommelingen in vochtgehalte is een maat voor de snelheid, waarmede het zaad van vochtgehalte verandert. Hoe groter dit cijfer is, des te moeilijker is de beschouwde zaadsoort bewaarbaar. Het toegepaste automatische ventilatiesysteem, waarbij de inlaatventilator slechts ingeschakeld was bij een relatieve vochtigheidsgraad van de buitenlucht, lager dan 80 %, bleek voortreffelijk te werken. Kiemkrachtbepalingen van uienzaad wezen uit, dat praktisch tijdens de bewaarperiode geen achteruitgang optrad.
4. De gevonden evenwichtsvochtgehalten bleken te zijn:

voor gerst	16,4 - 16,9 %
rogge	17,2 - 18,0 %
haver	15,4 - 16,4 %
maïs	16,2 - 17,3 %
lupinezaad	15,4 - 17,0 %

voor erwten	16,6 - 17,6	%
graszaad	15,2 - 16,4	%
bietenzaad	14,4 - 15,6	%
uienzaad	13,6 - 15,4	%
lijnzaad	11,3 - 11,8	%
koolzaad	9,4 - 10,4	%

Het zal aanbeveling verdienen, het zaad voor winterbewaring met een vochtgehalte, dat een weinig (0,5 - 1,0 %) beneden de bovenstaande minima ligt, in het pakhuis te brengen; men is dan veiliger in de wat warme beginperiode.

5. De wanden van de onderzochte pakhuizen bleken wel isolerend te zijn tegen warmte-overdracht, doch praktisch niet tegen doorgang van waterdamp.

Het voordeel van de voorgestelde ventilatiemethode is dan ook niet, dat daardoor de absolute luchtvochtigheid in de pakhuisruimte wordt verlaagd, doch wel, dat dientengevolge de binnentemperatuur stijgt, waardoor de R.V.-graad afneemt en het zaad een lager evenwichtsvochtgehalte zoekt.

Hoofdstuk I. Opzet en inrichting der proeven.

Gedurende de winter 1952-1953 waren bewaarproeven uitgevoerd in een tweetal pakhuizen te Groningen en te Rijsoord. Ten einde een zo goed mogelijke spreiding te bereiken langs de kuststrook van Nederland, werd voor de proeven 1953-'54 gezocht naar hiervoor geschikte pakhuizen in Noord-Holland en Zeeland. In overleg met de N.A.K. viel de keuze op:

1. het pakhuis van de Z.P.C. te Anna-Paulowna. Dit bleek een nevenpakhuis te zijn, waarin zowel opgeslagen als geschoond wordt. Het pakhuis is van beton gebouwd, zonder ramen; de aanwezige luchtgaten zijn door middel van houten schotten gedicht. De voorradige partijen zaaigoed werden in het gebouw bewerkt, en soms tussentijds afgevoerd. Er was dus geen ononderbroken opslag. Van het begin van de waarnemingsperiode tot begin December was het pakhuis voor $\frac{1}{4}$ gevuld, begin December voor $\frac{1}{2}$, eind December - half Januari voor $\frac{3}{4}$, de tweede helft van Januari voor $\frac{1}{2}$, en daarna $\frac{3}{4}$ - $\frac{1}{2}$.

De monsters voor de bepaling van vochtgehalte en kiemkracht werden door middel van een boor steeds uit dezelfde zak genomen. De zakken gerst lagen gelijkvloers, van de buitenmuur af, gestapeld.

2. het pakhuis van Duvekot's Graanhandel te Goes. Dit is een vrij nieuw pakhuis, aan de Haven gelegen. De genoemde firma bezit aldaar een reeks in elkaar overgaande pakhuizen, met een silo. In het voor de proef bestemde gebouw, hetwelk nog niet volledig was ingericht, had men in de zolder een flink gat gespaard met het oog op later aan te brengen machines of transportinrichtingen. De gerst lag op de zolder onder een plat dak. Deuren en ramen waren goed in orde.

Ook in dit pakhuis stond een schoningsmachine en er werd regelmatig gewerkt. Van de buitenmuur af lag de gerst in twee rijen opgeslagen.

In beide pakhuizen werd een thermo-hygrograaf geplaatst, terwijl een dergelijk instrument ook buiten beschikbaar was (in een weerhuisje). De bijstelling van deze apparaten, het verwisselen van de papierstroken, alsmede de vocht- en kiemkrachtbepalingen geschieden door de plaatselijke vertegenwoordigers van de N.A.K., voor welke medewerking wij hierbij onze erkentelijkheid betuigen.

Voor de verwerking van de resultaten hebben wij uit de thermograaf-stroken de dagelijkse maximum en minimum temperaturen genoteerd (zowel binnen als buiten) en deze cijfers in een grafiek uitgezet. De extrême waarden der buitentemperaturen zijn door getrokken lijnen verbonden, en die der binnentemperaturen door stippellijnen. Voor de duidelijkheid is verder de band tussen de stippellijnen (gang van de binnentemperatuur) gearceerd.

Beschouwing van de temperatuurgrafieken (Bijlagen I, II en III bovenaan) leert, dat, als gevolg van isolatie tegen warmte, de amplitudo der schommelingen binnen veel kleiner was dan die buiten, zodat bij grotere veranderingen in de buitentemperatuur die van de binnentemperatuur achterblijft.

Opvallend is, dat de gearceerde strook te Goes (Bijlage II) t.o.v. de buitentemperatuur hoger ligt dan die te Anna-Paulowna (Bijlage I). Men zou geneigd zijn, aan een constante miswijzing van één van beide thermografen te denken. Dit behoeft echter geens-

zins het geval te zijn. Immers valt een dergelijk effect waar te nemen bij de proeven te Wageningen (Bijlage III), waar de instrumenten geregeld gecontroleerd werden. Hier hebben ongetwijfeld een rol gespeeld zowel warmte-doorgang door de muur van een aangrenzend vertrek, waar gestookt werd, als het toegepaste ventilatiesysteem, en dergelijke oorzaken kunnen ook te Goes van invloed zijn geweest.

Met de hygrograaf-resultaten werd op geheel overeenkomstige wijze gehandeld als met die van de thermografen. De waarnemingen zijn in het midden van de verschillende bijlagen grafisch uitgezet. De bufferwerking van de graanvoorraad op de R.V. komt in de resultaten duidelijk tot uitdrukking.

Verder zijn uit de gemiddelde waarden van temperatuur en R.V.-graad cijfers voor de absolute luchtvochtigheid (g per kg droge lucht) berekend, en deze cijfers zijn eveneens in een grafiek getekend. Opvallend is het kleine verschil van de absolute vochtigheid binnen en buiten, hetgeen enerzijds vertrouwen wekt in de registratie der instrumenten, doch verder wijst op weinig isolerende werking van de pakhuiswanden tegen doorgang van waterdamp.

Ten slotte bevatten de Bijlagen I en II nog gegevens omtrent het vochtgehalte en de kiemkracht van de gerst (wekelijks bepalingen), terwijl deze gegevens voor 10 graansoorten in het Droogtechnisch Laboratorium zijn neergelegd in de afzonderlijke Bijlage IV.

In de geïmproviseerde bewaarruimte van het Droogtechnisch Laboratorium was verder een automatisch ventilatie-systeem aangebracht. Hiervoor werd een inlaat-, alsmede een uitlaat-ventilator gebruikt (Stork, 150 mm \varnothing). In de stroomkring was een relais opgenomen, hetwelk gesloten werd, zodra de R.V. in een weerhuisje buiten 80 % of lager werd. Een eenvoudige contact-haarhygrometer, fabrikaat Lambrecht, is hiervoor gebruikt, en dit instrument heeft uitstekend voldaan. In de stroomkring was verder nog een minimumthermostaat geplaatst, welke de ventilatoren stil zette bij vriezende buitenweer, alsmede een maximaal-thermostaat, die het circuit verbrak bij buitentemperaturen boven 10°C. Er was verder een registratie-inrichting aanwezig, welke aantekende, gedurende welke tijden de ventilatoren draaiden.

Als voorbeeld van het effect van deze ventilatie-methode geven wij in Bijlage V het resultaat gedurende de week 5 - 11 April 1954. De buitentemperatuur en -R.V. zijn met een getrokken lijn getekend, die binnen gestippeld; de draaitijden van de ventilator zijn door een geblokte band aangegeven. Bij beschouwing van deze diagrammen bedenke men, dat de ventilator niet behoorde te draaien bij R.V.-graad buiten van 80 % of meer, alsmede bij vorst (temp. $\bar{< 0^{\circ}\text{C}$) of hoge temperaturen ($\geq 10^{\circ}\text{C}$).

Tijdens deze week van 7 x 24 = 168 uren draaide de fan gedurende 81,5 uur, als gevolg waarvan in de binnenruimte een opvallend lage R.V.-graad werd verkregen. Men zal dan ook uit Bijlage IV zien, dat tijdens deze week (de laatste van de proef) het vochtgehalte van alle zaden dientengevolge sterk daalde.

Stellen wij de gemiddelde binnentemperatuur op 10°C, dan betekent dit bij 60 - 50 en 40 % R.V. een abs. vochtigheid van resp. 4,58 - 3,82 en 3,05 g/kg, terwijl dit cijfer voor de buitenlucht in de overeenkomstige perioden globaal bedroeg 4,14 - 3,96 en 3,12 g/kg, dus praktisch geen verschil. Maar wel maakt dit een

aanmerkelijk verschil uit voor de bewaarbaarheid van het zaad, omdat de buitenlucht wordt aangezogen tijdens warme perioden. De gemiddelde temperatuur binnen stijgt diencolge, en de R.V.-graad daalt.

Hoofdstuk II. Bespreking der verkregen resultaten.

A. Verloop van de pakhuistemperatuur.

1. Goes. De temperatuur was begin December ongeveer 10°C en daalde als gevolg van vorst eind Januari tot -5°C . In Maart en April werd weer het niveau van $10 - 11^{\circ}\text{C}$ bereikt.
2. Anna-Paulowna. Hier vertoonde de gang van de temperatuur ongeveer hetzelfde beeld.
3. Droogtechnisch Laboratorium. Hiervan kan hetzelfde worden vermeld; slechts lag de binnentemperatuur hier op een wat hoger niveau.

B. Verloop van de relatieve vochtigheid binnen.

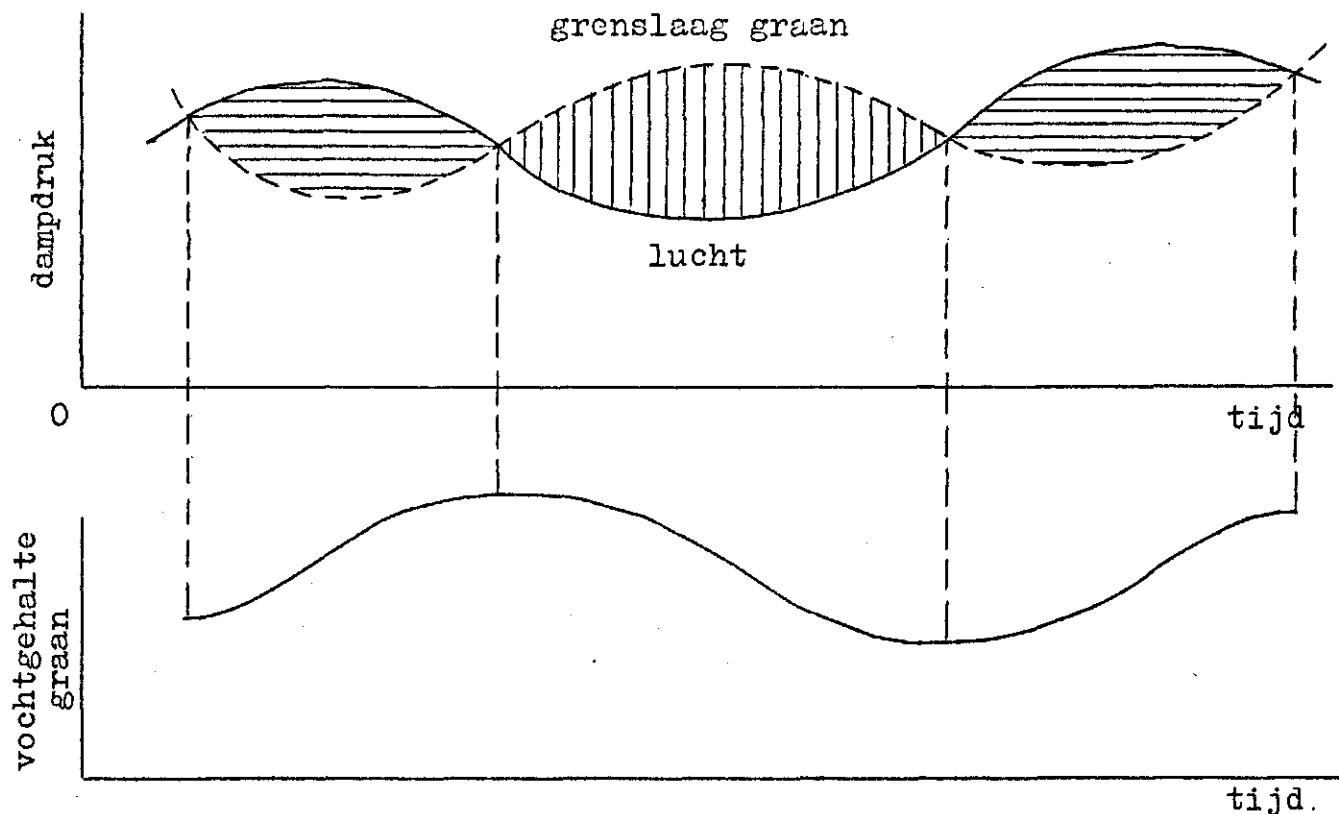
1. Goes. Tot half Januari was de R.V.-graad gemiddeld steeds boven 80 %, met een minimum van 70 - 75 %. Tijdens de vorstperiode (eind Januari) werd een daling waargenomen, gedurende een week was het gemiddelde ca. 55 % met minima van 45-50 % (uitvriezen van vocht). In de tweede helft van Februari was de R.V. van de orde van 75 %; in April vond een sterke daling plaats.
2. Anna-Paulowna. Het beeld wijst op een meer constante R.V.-graad, in het algemeen op een hoger niveau, dan te Goes. Vermoedelijk was dus te Anna-Paulowna de isolatie tegen waterdamp beter dan te Goes.
3. Droogtechnisch Laboratorium. De waarnemingen der R.V. binnen neigen hier veel meer naar de minima buiten dan in de beide praktijkproeven. Zulks moet ongetwijfeld aan het toegepaste ventilatie-systeem worden toegeschreven.

C. Verloop van het vochtgehalte van het graan.

Veranderingen van het vochtgehalte van het graan zijn een gevolg van een diffusie-stroming van waterdamp uit de grenslaag van het graan naar de lucht in het pakhuis, of omgekeerd. De snelheid van deze stroming - en dus tevens van de verandering van vochtgehalte - verloopt evenredig met het dampdrukverschil tussen de waterdamp in die grenslaag, en die in de omgevende lucht. Bij temperatuurswijzigingen verandert de dampdruk van de lucht in het magazijn praktisch niet, die in de grenslaag van het graan echter wel.

De evenwichtsdampspanning in de grenslaag zal in het algemeen een functie zijn zowel van de temperatuur, als van het ogenblikkelijke vochtgehalte. Wij hebben in Publicatie van het Droogtechn. Lab. no.10 (Fig. VII-a) getracht, op grond van proeven dit functioneel verband voor tarwe na te gaan; voor gerst is het echter niet bekend. Op grond van de bovenbeschreven theoretische grondslag kan hieromtrent echter in het algemeen het volgende worden medegedeeld.

Zou het verloop van de dampdrukken in de graangrenslaag alsmede in de omgevende lucht door waarneming (gecombineerd met berekening) bekend zijn, dan kan men deze beide grootheden als functie van de tijd in een diagram tekenen.



Het verticale (dampdruk) verschil op een gegeven tijdstip zal dan evenredig moeten zijn aan de snelheid van vochtverandering, en deze grootheid, naar de tijd geïntegreerd (d.w.z. de gearceerde oppervlakken) geven de totale vochtverandering aan. Het verloop van het vochtgehalte met de tijd is daarom de integraalkromme van de gearceerde oppervlakken.

De tijdens de proeven waargenomen schommelingen in vochtgehalte zijn te klein, om een en ander met een voldoende graad van nauwkeurigheid te kunnen reconstrueren. Wij willen daarom volstaan met vermelding van deze theorie.

Van belang is verder in het oog te houden, dat bij de proeven in het Droogtechnisch Laboratorium het zaad verpakt was in kleine, vrijstaande zakken. De snelheid van vochtbeweging als gevolg van diffusie door de massa heen verloopt omgekeerd evenredig met de af te leggen weg, zodat de grootte der zakken, zowel als hun dikte van stapeling, hierop van invloed moeten zijn. Bovendien kan worden verwacht, dat de diffusie bij grotere korrels sneller verloopt dan bij kleinere.

Dit blijkt ook wel duidelijk uit een tweetal proeven, hierover in de bewaarruimte van het Droogtechnisch Laboratorium genomen. Twee zaadsoorten werden nl. in een dunne laag geplaatst in open metaaldraadkooien. Deze zaden (maïs en koolzaad) zijn gemerkt II.

Tijdens de bewaarproef in het Droogtechnisch Laboratorium werd in de periode 11 - 25 Januari een sterke stijging van het vochtgehalte waargenomen, en 29 Maart - 12 April een sterke

daling. Wij hebben getracht, de snelheid van vochtverandering tijdens deze perioden te berekenen en te middelen, en kwamen tot de volgende vergelijkingscijfers:

uienzaad	1,93	erwten	1,15
lupinen	1,40	lijnzaad	1,14
koolzaad	1,28	bietenzaad	1,06
maïs	1,23	graszaad	1,025
haver	1,16	rogge	0,90

Een hoog cijfer wijst op snelle vochtveranderingen; het zaad zal dan in het algemeen moeilijk bewaarbaar zijn.

Verder is uit de literatuur bekend, dat schommelingen van vochtgehalten rond een bepaald niveau de kiemkracht ongunstig kunnen beïnvloeden, in vergelijking met op ditzelfde niveau constant gehouden vochtgehalte. Bij onze proeven op uienzaad, waarbij de sterkste schommelingen optraden, is echter van enige achteruitgang van de kiemkracht niets gebleken, zodat deze factor hier van weinig invloed is geweest. O.i. behoort dit te worden toegeschreven aan de goede kwaliteit van het gebruikte zaad. Zitten er een behoorlijk percentage zwakke korrels tussen, dan zal het beschreven effect vermoedelijk wel tot uitdrukking komen.

D. Constructie en inrichting van het pakhuis.

Een interessant vraagstuk, hetwelk nauw verband houdt met het voorgaande, is het volgende:

De buitenlucht heeft een gegeven absolute vochtigheid, groot 3, 4 of 5 g/kg. Hierbij behoren temperaturen, die niet lager kunnen zijn dan -2, 1 resp. 4°C. Indien zulke lucht binnen wordt opgewarmd, verkrijgt men zeer uiteenlopende R.V.-graden, waarop het vochtgehalte van het zaad zich zal instellen. Welke binnentemperatuur zal dan voor de zaadbewaring het gunstigste zijn?

Abs. vochtgehalte	R.V.-graad bij binnentemp.								
	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°
3 g/kg	80%	69%	60%	52%	45%	39%	34%	30%	26%
4 "	-	91	80	69	60	52	46	40	35
5 "	-	-	100	86	75	66	57	50	44
6 "	-	-	-	-	90	79	69	60	53
7 "	-	-	-	-	-	92	80	70	62
8 "	-	-	-	-	-	-	91	80	70
9 "	-	-	-	-	-	-	-	90	79
10 "	-	-	-	-	-	-	-	100	89

De moeilijkheid voor een uitspraak is, dat niet precies bekend is, bij welke temperaturen zaad, dat in evenwicht is met een gegeven R.V.-graad (bijv. 60 %), gedurende een bepaalde tijd houdbaar zal zijn.

Wij menen, dat zaad van 50 % R.V. geruime tijd bij hoge temperaturen (tot 20-25°C) kan worden bewaard, zonder vrees voor achteruitgang van de kiemkracht.

Zaad van 60 % R.V. is stellig nog goed houdbaar bij temperaturen van 15 - 20°C.

Zaad van 70 % R.V. is in het algemeen nog behoorlijk houdbaar bij niet te hoge temperaturen.

Anderzijds bestaat weinig gevaar voor bederf bij temperaturen, die 10°C niet te boven gaan, en stellig niet bij 5°C.

Nemen wij nu aan, dat bij winterbewaring de lucht in het algemeen onder 6 g/kg vochtgehalte blijft, en geruime tijd onder 4 - 5 g/kg, dan wil ons, op grond van de voorgaande tabel, een binnentemperatuur van ongeveer 8°C de meest gunstige voorkomen.

De goedkoopste maatregelen, om de binnentemperatuur op, of in de buurt van, dit niveau te brengen, of te handhaven, zijn:

1. het hebben van een droogruimte annex (liever niet in de magazijnruimte wegens brandgevaar), en door middel van een ventilator lucht uit deze ruimte in het magazijn te persen
2. het aanzuigen van buitenlucht op daarvoor gunstige tijdstippen, zoals bij de proef in het Droogtechnisch Laboratorium geschiedde
3. bewaring in kelders.

Een behoorlijke isolatie van ramen en deuren (c.q. luiken) alsmede een portaal voor afvoer naar buiten als voorgesteld in ons vorig rapport, zullen belangrijk kunnen bijdragen ter verkrijging van het beoogde effect.

Verder zullen betonwanden uit een oogpunt van isolatie verre de voorkeur verdienen boven baksteenwanden. Een bekende proef is, dat men door een rondom luchtdicht in een buis bevestigde baksteen een gasbrander kan laten branden! Dit zal door een betonsteen stellig niet mogelijk zijn.

Een luchtconditioneringsinrichting, zoals die in onze grote havenplaatsen in enkele veembedrijven aanwezig is, geeft weliswaar een fraaie oplossing, doch zal in het algemeen te kostbaar zijn. Slechts voor dure kwaliteitszaden en zomerbewaring kan dit een punt van overweging uitmaken. Doch dan zal men tevens dienen na te gaan, of droging tot evenwicht met 50 % R.V. en luchtdichte verpakking (in stalen vaten) wellicht tot lagere exploitatiekosten kan leiden. De bewaring geschiede dan bij voorkeur in een koele omgeving (een kelder).

Wageningen, April 1955.

No.S 2174

100 ex.