

S P R E N G E R   I N S T I T U U T

Haagsteeg 6, Wageningen

Tel.: 08370-19013

Rapport no. 1953

MECHANISCHE KOELING VAN WITLOFWORTELEN

Ing. O. Wiersma

Uitgebracht aan de Directeur van het Sprenger Instituut.  
Proj. 78 en 35

## MECHANISCHE KOELING VAN WITLOFWORTELEN 1975-1976

### Inleiding

Witlofwortelen worden zowel in luchtgekoelde bewaarplaatsen als in mechanisch gekoelde cellen bewaard. Tot omstreeks februari geeft luchtkoeling weinig moeilijkheden. Bij langere bewaring kan de gewenste temperatuur van ca. 3°C niet meer worden gehandhaafd en begint de krop teveel uit te lopen.

Een aantal luchtgekoelde bewaarplaatsen is daarom ingericht als koelcel. Hierbij wordt er meestal een koeler + ventilator in de ruimte aangebracht waarbij de aanwezige ventilator voor de buitenluchtkoeling wordt benut om de circulatie van de (koude) lucht boven de wortels dóór de lading te verzorgen.

### Directe koeling

In het seizoen 1975/76 werden in een koelcel met directe koeling temperatuurmetingen uitgevoerd. Op een witlofbedrijf werd speciaal voor de bewaring van witlofwortelen een koelcel gebouwd van ca. 11 x 6½ x 4 m. De cel werd rondom geïsoleerd. Door het toepassen van een staande koeler die aansloot op een luchtkanaal onder een roostervloer werd verticale luchtcirculatie dóór de lading verkregen.

Enkele technische gegevens van de koelinstallatie zijn:

koelcompressor	ca. 15.500 kcal/h bij -5° en +35°C bij het hoge toerental.
elektromotor	poolomschakelbaar resp. 1500 en 750 toeren per minuut.
luchtkoeler	cap. ca. 15.500 kcal/h bij ca. 7°C temperatuurverschil.
koelerventilator	13.000 m <sup>3</sup> /h (gemeten).

De koelcompressor heeft steeds op het halve toerental gedraaid en de ventilator van de koeler meestal automatisch, dat wil zeggen alleen als er koude werd gevraagd. Bij het inkoelen werkte de ventilator continu.

### Waarnemingen

Met een Honeywell temperatuurschrijver en thermokoppels werden de temperaturen van het produkt en de lucht op verschillende plaatsen in de ruimte gemeten. De plaats van de meetpunten is aangegeven in bijlage 1. Er werden produkttemperaturen gemeten op 10 cm boven de vloer, 50 cm boven de vloer en bovenin de lading op ca. 150 cm boven de vloer. Luchttemperaturen werden gemeten in het bodemkanaal vlak na de koeler nrs. 10 en 11, op het eind in

het bodemkanaal nrs. 17 en 18 en boven de wortels nrs. 16, 19 en 20. De storthoogte bedroeg ca. 2 m. In de dwarsrichting halverwege de cel was een schot geplaatst voor afscheiding van de partijen wortelen.

Op 17 november 1975 werden in cel 2 op zes plaatsen drie proefbaaltjes met elk 12 kg netto wortelen tussen de lading gelegd, totaal 18 baaltjes. Eén baaltje op de vloer, één halverwege de ladinghoogte en één baaltje bovenin gelijk met de bovenlaag. Er werden baaltjes van geweven plastic gebruikt. De plaats van de baaltjes tussen de lading is aangegeven in bijlage 2. De wortelen, afkomstig uit een IJsselmeerpolder, waren niet vertakt en praktisch vrij van grond.

Het witlofras van de 18 proefbaaltjes was Secosa, middenvroeg, en er werd één baaltje (2A) van het ras Mitado, laat, aan toegevoegd.

Bij een gevulde cel werden luchthoeveelheden en de luchtweerstand van de lading gemeten.

Cel 1 werd op 15 november gevuld. De temperatuur van de wortels was 5°C.

Cel 2 met de proefbaaltjes werd op 20 en 21 november gevuld.

### Temperaturen

Een globaal overzicht van het temperatuurverloop vanaf half november 1975 tot de tweede helft van maart 1976 is uitgezet in bijlage 3. Hiervoor zijn twee representatieve meetpunten gekozen, namelijk nr. 1, is 10 cm boven de vloer en nr. 2 is bovenin de lading. De overige temperaturen op overeenkomstige hoogte weken hiervan in het algemeen slechts weinig af. Door een systematische afwijking van de elektronische temperatuurschrijver kunnen de werkelijke temperaturen ca. 0,4°C hoger zijn geweest dan in de grafieken is aangegeven.

Over de gehele periode is de produkttemperatuur gemiddeld 2½° tot 3½°C geweest.

Onderin was de temperatuur gemiddeld omstreeks 1°C lager dan bovenin. Soms was dit verschil slechts 0,5°C of minder, bijv. van 17 tot 21 november, begin december enz. Soms was dit verschil groter, bijv. 1,6°C op 17 december, 1,5°C eind januari, 1,5°C begin februari, enz. Van 16 tot 18 maart was de temperatuur van de onderste wortelen hoger dan die van de wortelen bovenin. Dit was een gevolg van het uitschakelen van de koelinstallatie, omdat op 14 maart wegens onverklaarbare oorzaak de temperatuur geleidelijk te laag geworden was (ca. 1°C). Er werd toen een paar maal per dag enkele uren gecirculeerd. Tot het einde van de bewaring in mei werd ongeveer dezelfde temperatuur gehandhaafd.

Over twee perioden, namelijk de laatste week van november en de derde week van januari, werden de temperaturen van drie plaatsen in de lading gedetailleerd, d.w.z. van alle vier metingen per dag, uitgewerkt. (De schrijver registreerde de temperaturen 1 x per zes uur.) Hiervoor werden genomen drie meetpunten op 10 cm boven de vloer en de drie bovenin op 150 cm hoogte in de lading. De waarnemingen van 22 tot 29 november, dat was ca. één week na het vullen van dit gedeelte van de cel, zijn uitgezet in een grafiek in bijlage 4.

Boven het luchtkanaal (mpt. 4 en 6) en bij de wand (mpt. 1 en 2) zijn de temperatuurverschillen ten hoogste 1°C, doorgaans kleiner. Naast de koeler (mpt. 7 en 9) treden vaker verschillen op van 1°C en soms meer. Dit is vrij zeker een gevolg van een kleinere luchthoeveelheid op die plaats. De temperatuurbewegingen van de onderste lagen zijn wat heftiger dan die van de bovenlaag. Hoger in de lading worden deze bewegingen wat gedempt door de wortelmasse.

#### Luchttemperaturen

In bijlage 5 zijn de luchttemperaturen vlak na de koeler in het bodemkanaal (mpt. 10) en die van de lucht boven de wortelen (mpt. 20) uitgezet. De luchttemperatuur onder wisselt sterker dan die erboven. Dit is te verklaren door de omstandigheid dat de lucht onderin direct wordt beïnvloed door de koeler en mede afhangt van het toeval wanneer de registratie plaatsvindt. De temperatuurwisselingen van de lucht bovenin worden ook hier gedempt door de lading produkt. De temperatuurverschillen van de lucht tussen onder en boven waren meestal niet meer dan 1°C en een enkele keer 1½°C.

#### Produkttemperatuur onder en boven in november

Over de laatste week van november zijn gemiddelde produkttemperaturen van vier meetpunten onder en van vier meetpunten bovenin uitgezet in bijlage 6. De luchttemperatuur in het bodemkanaal na de koeler is hierbij ook aangegeven. Er blijkt een nauw verband tussen de bewegingen van produkttemperaturen onder en boven. Door gemiddelden van vier meetpunten te nemen zijn de verschillen tussen onder en boven wat afgevlakt. Ze zijn overwegend minder dan 1°C.

#### Produkttemperaturen in januari

Gedetailleerde produkttemperaturen op drie plaatsen in de cel in de derde week van januari zijn uitgezet in bijlage 7. Nu is de lading goed doorge-

koeld en zijn de bewegingen en verschillen in de temperatuur geringer dan in de laatste week van november (bijlage 4). Naast de koeler (meetpunten 7 en 9) zijn ook nu weer de temperaturen hoger en de verschillen groter door gebrek aan voldoende lucht op die plaats.

#### Produkttemperaturen onder en boven in januari

Gemiddelde produkttemperaturen onder en boven in de derde week van januari zijn uitgezet in bijlage 8. De temperatuurbewegingen zijn gering en de verschillen tussen onder en boven minder dan 1°C.

#### Luchtmetingen - luchtweerstand

Op 15 januari werden de luchtopbrengst en de luchtweerstand bij de gevulde cel gemeten. Men mag aannemen dat de lading, bij een storthoogte van 2 m zich toen gezet had.

Er werd een luchthoeveelheid van 13.000 m<sup>3</sup>/h gemeten, dat is bij een vloeroppervlakte van 70 m<sup>2</sup> 185 m<sup>3</sup> lucht/m<sup>2</sup> h.

Bij deze luchtopbrengst was de weerstand van het produkt 0,1 tot 0,15 mm wk per m'. Dit is een lage waarde waarbij we opmerken dat het rechte, niet vertakte wortels betrof die praktisch vrij van grond waren.

#### Relatieve luchtvochtigheid

Bij steekproeven werd boven de wortels een relatieve luchtvochtigheid van 98% gemeten, bij draaiende ventilator zonder koeling.

#### Arbeidsuren koelinstallatie

Op 16 december 1975 werd een arbeidsurenteller op de koelinstallatie aangesloten. Het aantal arbeidsuren was gemiddeld per dag als volgt.

	uren/dag
december (15 dg.)	5,4
januari	6,2
februari	5,2
maart	3,7
april (11 dg.)	4,9
gemiddeld	5,1

De periode van het inkoelen ontbreekt bij deze waarnemingen. Op 21 januari werd de thermostaat vervangen door een elektronische thermostaat met een kleinere difference, waarna de installatie 2 à 3 x per uur liep. Vóór 21

januari waren de perioden van stilstand aanzienlijk langer, soms tot 6 uren toe.

De compressor heeft steeds op het halve toerental gedraaid.

#### Produkt

Van de 19 proefbaaltjes die tussen de lading waren opgeslagen werden op 9 april de gewichtsverliezen bepaald. De wortelen werden op 13 april opgezet, waarbij wat te dunne wortelen werden uitgesorteerd. Op 8 mei, dat is na vijftwintig dagen, werd het lof geoogst. De opbrengst werd beoordeeld en gewogen.

De uitkomsten van de wegingen zijn vermeld in bijlage 9. We merken hierbij op dat het de teelt zonder dekgrond betrof.

#### Gewichtsverlies wortelen

Het gewichtsverlies van de wortelen op 9 april werd per laag berekend met de volgende uitkomsten in gemiddelden van 6 baaltjes per laag.

	gewichtsverlies in procenten	
	totaal	per maand gemiddeld
boven	7,2	1,7
midden	5,6	1,4
onder	11,7	2,9

De onderste laag vertoont een aanzienlijk hoger gewichtsverlies dan de beide andere. De wortelen waren op 9 april over het algemeen nog vrij stevig. In de onderste baaltjes vertoonden de wortelen enige indrogingsverschijnselen en er was geen kropgroei — midden en boven waren de wortelen niet merkbaar ingedroogd en er was enige kropgroei tot ten hoogste ca. 4 cm. Ze waren dus goed in rust gebleven.

#### Rendementen lof

Bij het opzetten werden enkele slechte, dunne pennen verwijderd. De trek zonder dekgrond duurde vijftwintig dagen. Het gewicht aan geoogst lof werd bepaald zoals in bijlage 9 is vermeld. Het rendement van de lofopbrengst werd op twee manieren berekend, namelijk betrokken op het wortelgewicht:

- vóór de bewaring = 12 kg per baaltje
- opgezette wortelen op 9 april.

In de tabel zijn beide rendementen per laag van gemiddeld 6 baaltjes vermeld.

situatie proefbaaltjes	Rendement lof/wortelen in percenten	
	basis: wortelgewicht vóór bewaring	basis: werkelijk opgezette wortelen
boven	35	45
midden	48	56
onder	35	47

De middenlaag was het beste. Deze wortelen vertoonden op 9 april het laagste gewichtsverlies. Boven en onder zijn gelijk aan elkaar. Een ongunstig effect van het grotere gewichtsverlies bij de bewaring van de wortelen per 9 april is bij de trek niet aan het licht gekomen.

Wij merken hierbij op dat de rendementen aan lof niet hoog zijn. Dit wordt mede verklaard door het feit dat Secosa een middenvroeg ras is en zich minder goed leent voor de late trek. Ook voor Mitado (één baaltje 2A bijlage 9) was het te laat. Bij de hoofdpartij, die vroeger in het seizoen werd opgezet, gaf Mitado rendementen tussen 60 en 70%.

#### Enkele conclusies

- Bij directe koeling van witlofwortelen die 2 m hoog waren gestort werden temperatuurverschillen tussen onder en boven waargenomen van ca. 1°C. Meestal waren ze geringer.
- De geïnstalleerde koelcapaciteit was 55 kcal per m<sup>3</sup> celinhoud per uur waarbij de compressor steeds op het halve toerental heeft gedraaid.
- De koelinstallatie werkte overwegend automatisch d.w.z. de ventilator van de koeler draaide alleen wanneer er koude werd gevraagd.
- Het aantal arbeidsuren van de koelinstallatie was in de periode van half december tot begin april 5,1 uur per dag.
- De luchtopbrengst van de ventilator was 185 m<sup>3</sup> lucht per m<sup>2</sup> vloeroppervlak.
- De luchtweerstand van het produkt was bij deze luchthoeveelheid 0,1 tot 0,15 mmwk per m laagdikte.
- Bij een temperatuur van ca. 3°C en een relatieve vochtigheid van ca. 98% boven de wortelen gemeten, waren de gewichtsverliezen van de wortelen begin april op de vloer 11,7% halverwege 5,6% en van de bovenlaag 7,2%.
- Het rendement aan lof varieerde van 35% tot 48%. De middenlaag was het beste; onder en boven waren gelijk.

### Slotopmerkingen

Wij leggen er de nadruk op dat een aantal grootheden als koelcapaciteit en ventilatorcapaciteit niet zonder meer als een advies mogen worden overgenomen. Het betreffen immers waarnemingen in één praktijkgeval die niet als optimaal voor elke situatie zullen gelden.

Zo heeft de koelinstallatie steeds op het halve toerental gedraaid. Dit kon doordat de produkttemperaturen met 5 tot 7°C vrij laag waren en de cel slechts tot 2 m hoogte werd gevuld.

Een voordeel van het halve toerental was dat er zal zijn gewerkt met een gering temperatuurverschil koeler/cellucht (er is niet gemeten) wat zal hebben bijgedragen tot een gunstige, hoge relatieve vochtigheid in de cel.

Door bijvoorbeeld het vergroten van de storthoogte van 2 naar 3 m zullen de temperatuurverschillen tussen onder en boven - bij gelijkblijvende ventilatorcapaciteit - toenemen en daarmee het risico van méér indrogen onderin. Het blijft moeilijk het indrogen van het produkt op de vloer binnen de perken te houden.

### Dankbetuiging

Op het witlofbedrijf waar wij de waarnemingen hebben verricht, kregen wij alle medewerking die nodig was om tot waardevolle resultaten te komen. De kweker heeft relevante feiten genoteerd en de teelt en oogst van de proefpartijtjes geheel verzorgd.

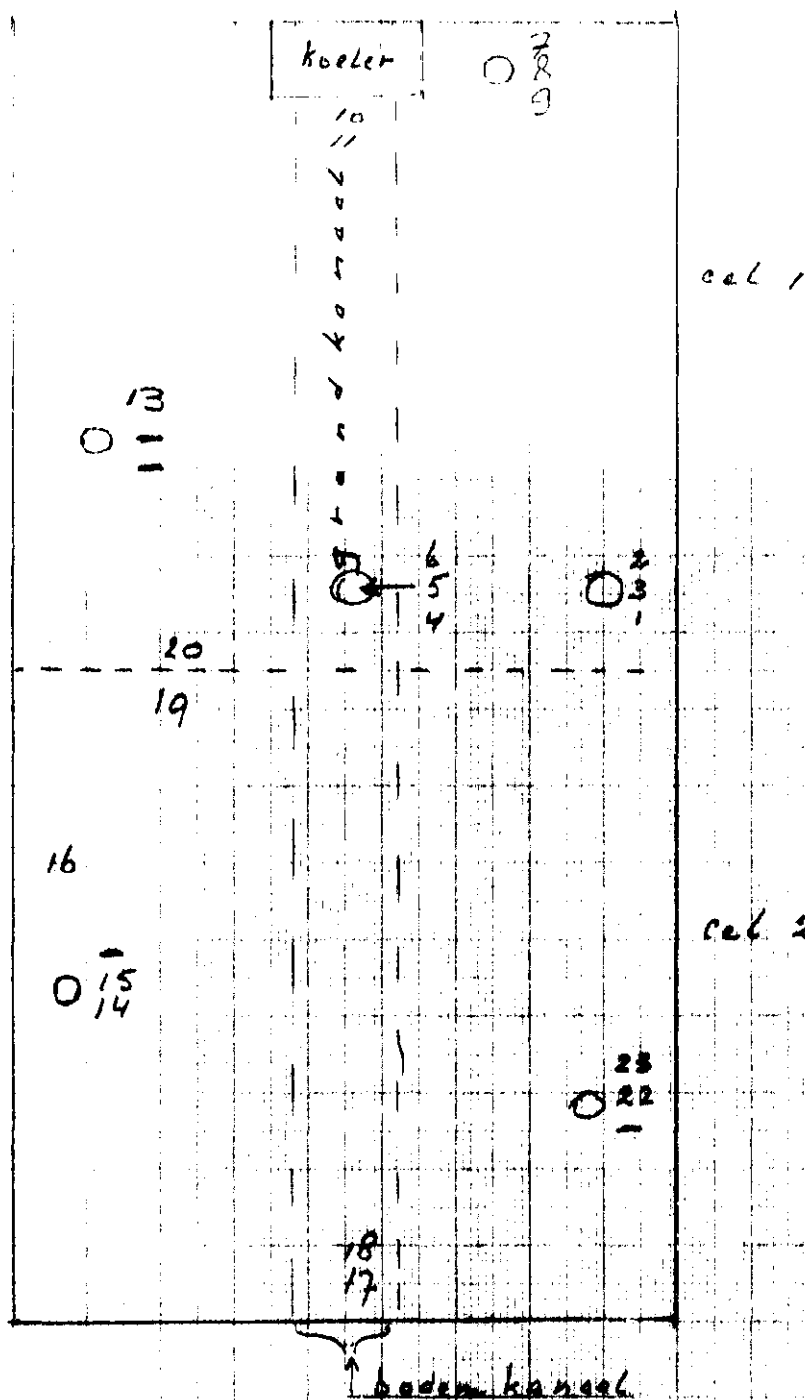
Wij betuigen onze dank voor de bijdragen aan dit onderzoek en voor de positieve belangstelling.

O. Wiersma.



Plaats van de meetpunten.

PLATTEGROND.

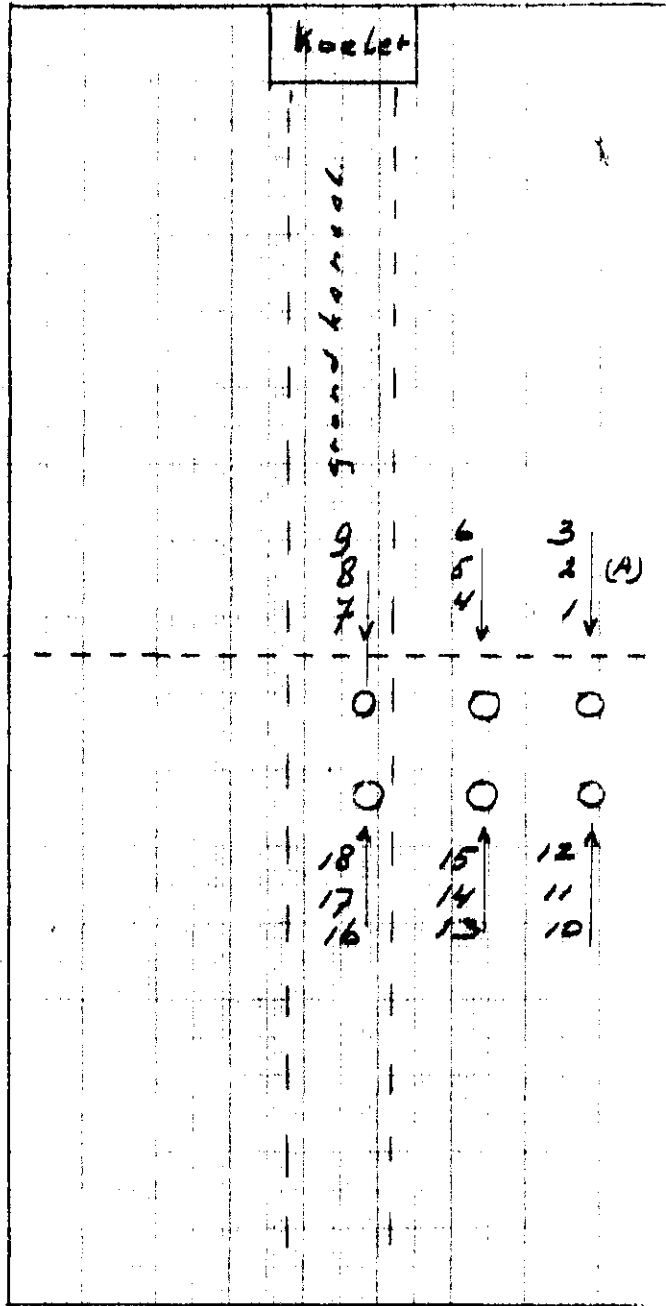


Plaats meetpunten

- 2 = boven in de stapel. starthoogte ca 2 cm.
- 3 = 50 cm boven de vloer
- 1 = 10 cm boven de vloer
- 6 en 2. 10 en 11 in grondkanaal bij koeler
- 5 en 2. 17 en 18 in grondkanaal einde
- 4
- = meetpt. ontbreekt. 16, 19 en 20 lucht boven lading

# Bylage 2

## PLAATS PROEFBAARTJES



cel 1

- 3 boven in.
  - 2 + 100 cm
  - 1 op vloer.
- enz.

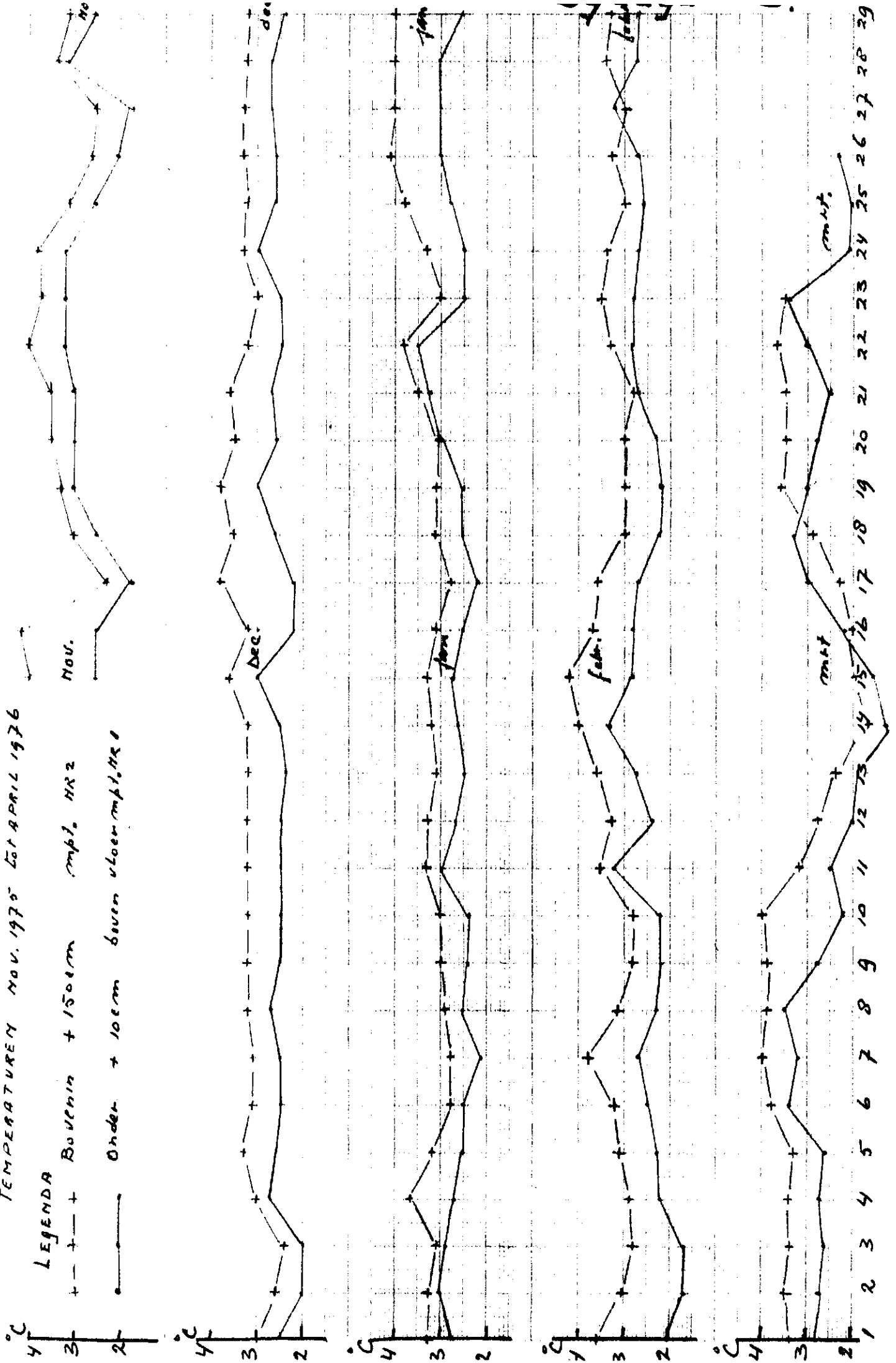
cel 2.

2(A) = laatste  
verse wortelen

TEMPERATUREN NOV. 1975 tot APRIL 1976

LEGENDA

- + - + Bovenin + 150cm
- Onder + 100cm
- boven vloer mpt. HR 1



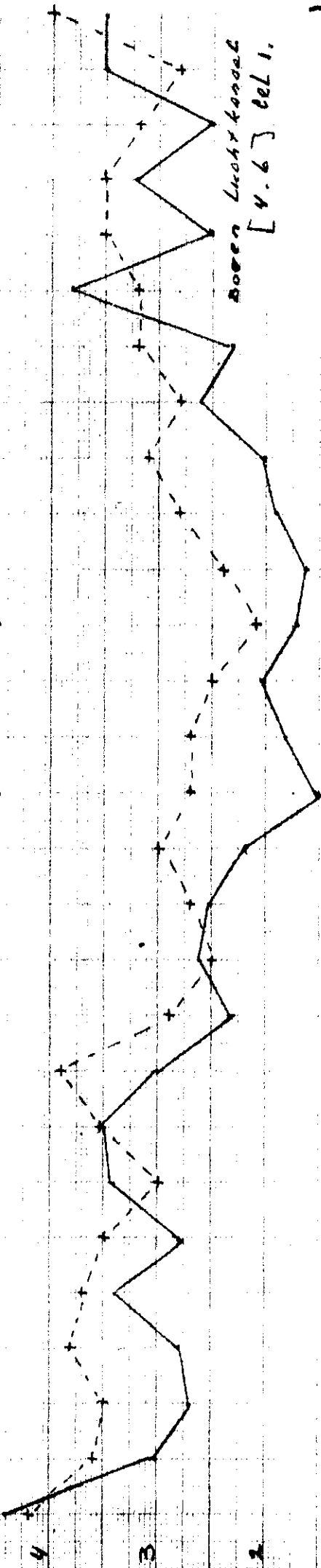
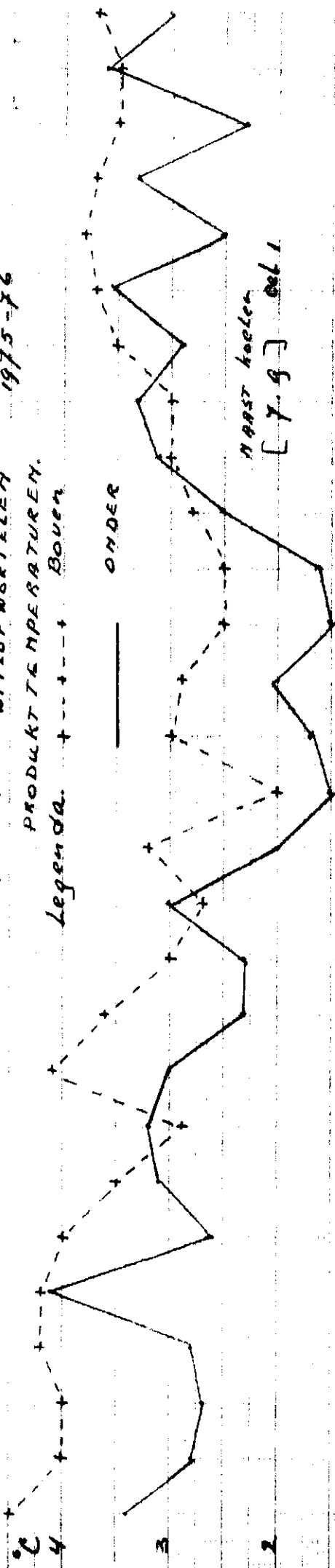
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

TEMPERATUREN WITLOF WORTELEN 1975-76

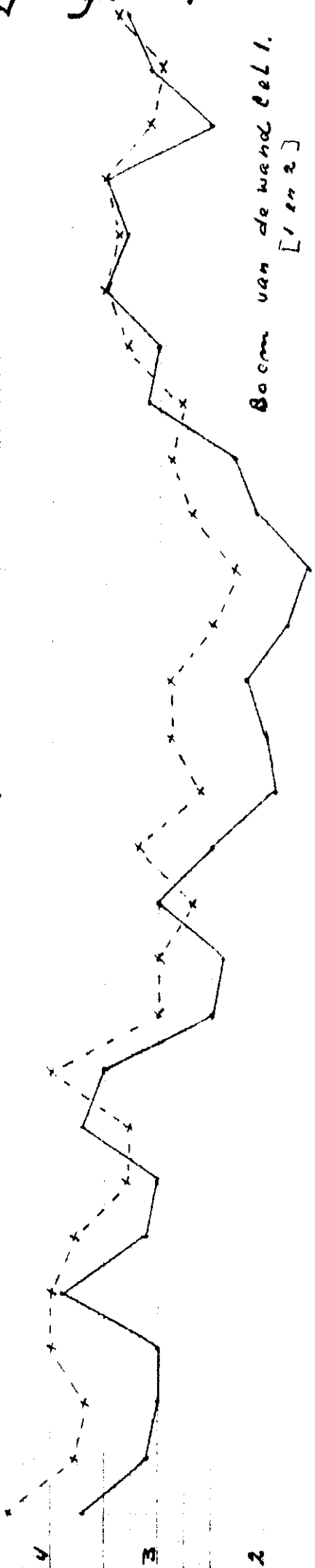
PRODUCT TEMPERATUREN.

Legenda. + - - - + BOVEN

— ONDER



Dy Lage 7



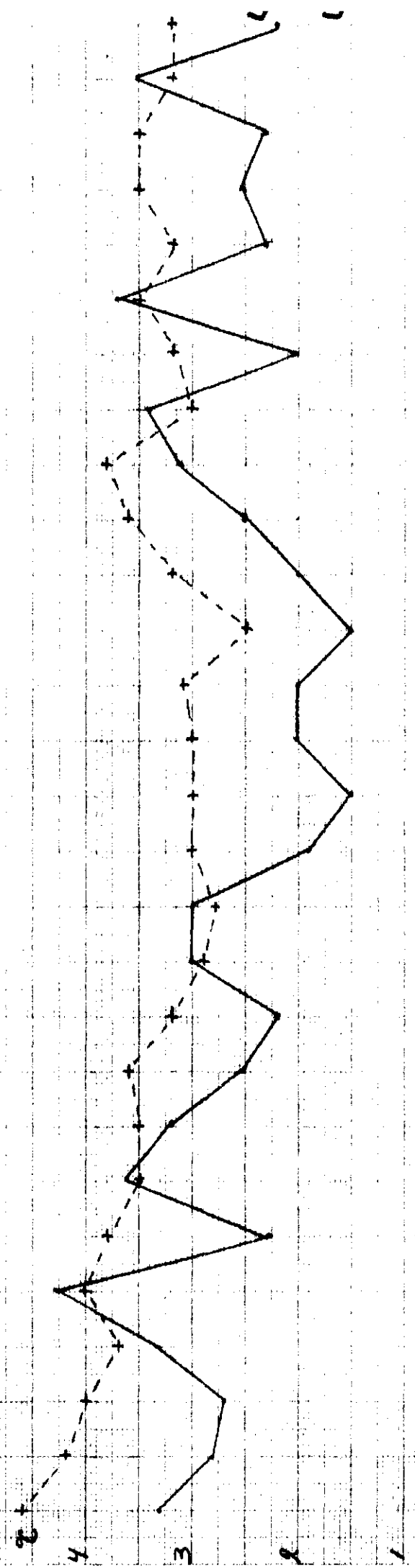
22 23 24 25 26 27 28 29  
November 1975

TEMPERATUREN

1975-1976

LUCHT

————— GROND NAAR DIRECT ACHTER KOELER [10] cel 1  
 +- +- +- +- Boven wortels bij plafond. cel 2. [20]



22 23 24 25 26 27 28 29  
 November 1975

TEMPERATUREN 1975-76

WITLOFWORTELEN

[2.6.7.13]

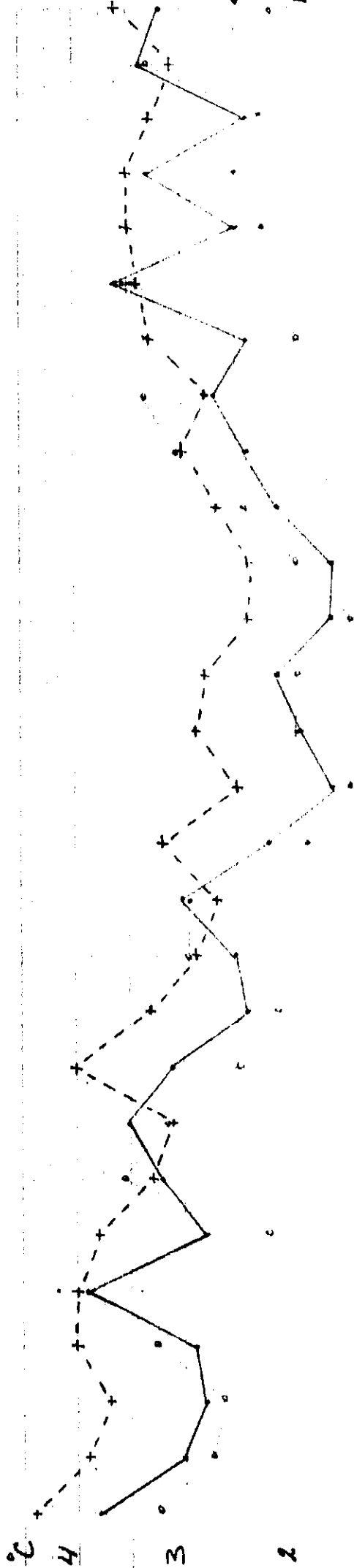
Legenda. + - + - + - + BOVEN

ONDER.

} gemiddelden van 4 meetpunten

[1.4.9.14]

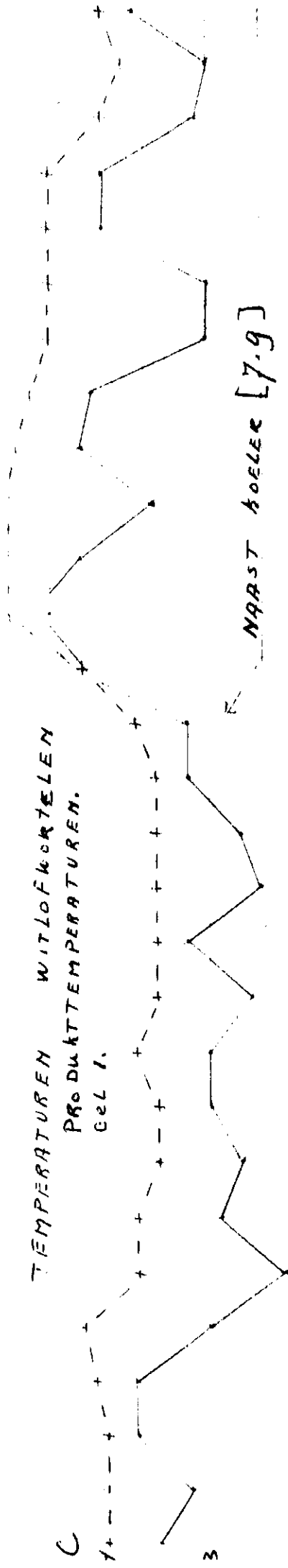
LUCHT na koeler in gronda kanaal [10]



DYLAAR 6.

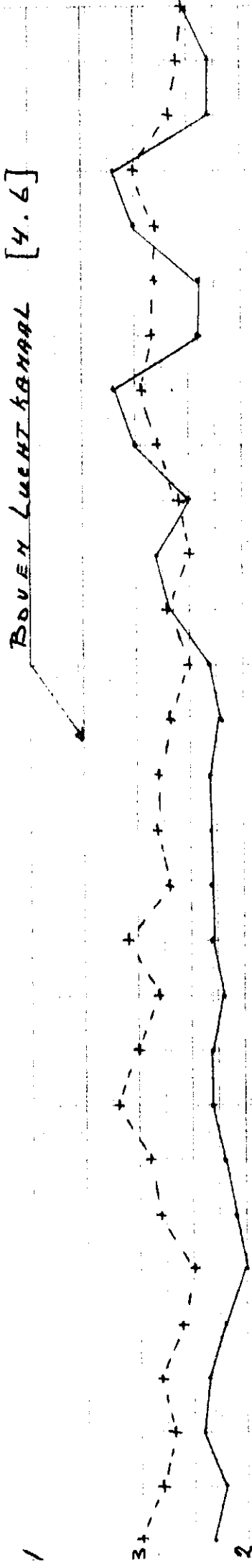
22 23 24 25 26 27 28 29  
NOVEMBER 1975

TEMPERATUREN WITLOFKORTELEN  
 PRODUKTTEMPERATUREN.  
 Gel. 1.

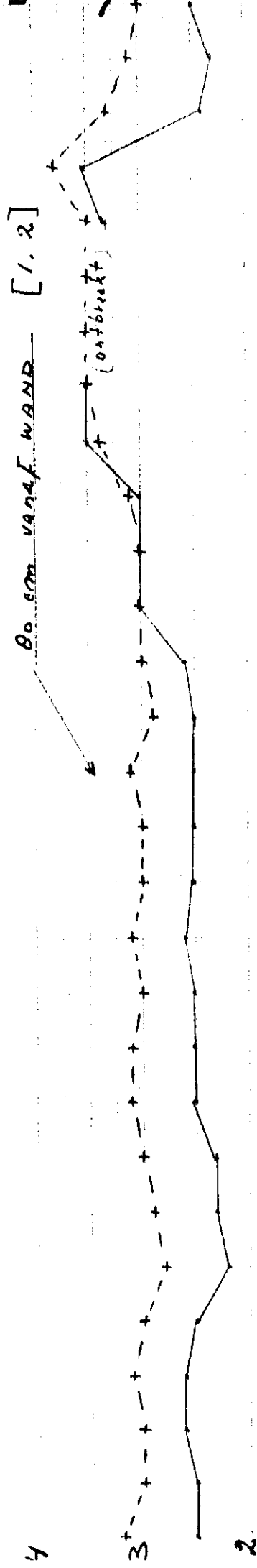


LEGENDA  
 + - - + BOVEN  
 ——— ONDER

BOVEN LUCHT KAMMEL [4.6]



80 cm vanaf wand [1.2]



16 januari 17 1976

18

19

20

21

22

TEMPERATUREN 1975-76  
WITLOFWORTELEN

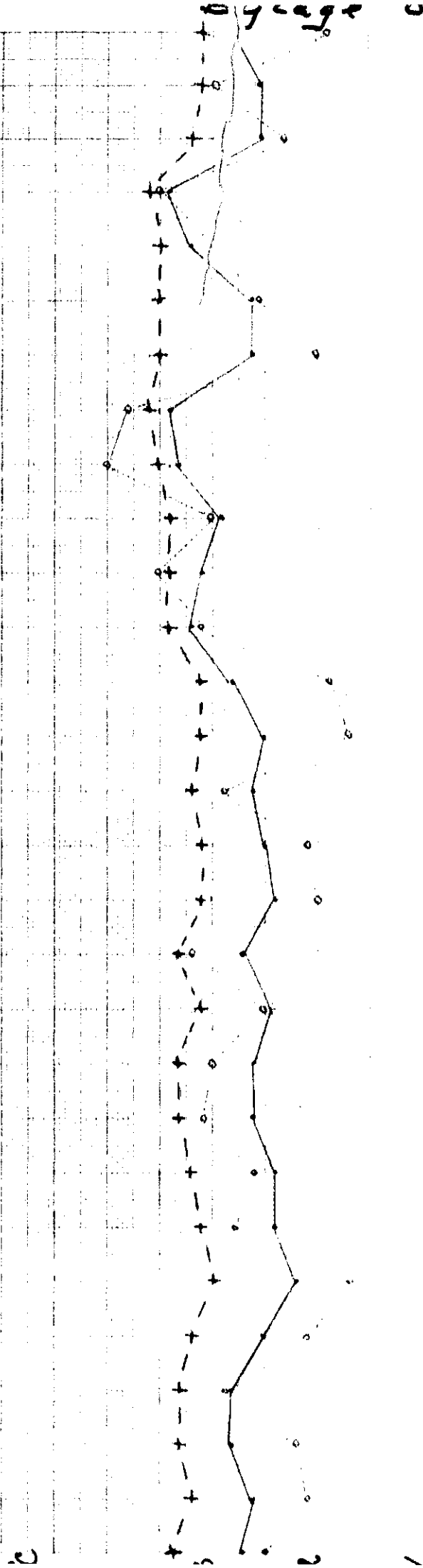
+ - + - + BOVEN [2.6.7.13]

ONDER 10 cm boven vloer

[1.4.9.14]

Gemiddelden  
4 meetpunten

o - o - o Lucht. Na koeler in g. and ka. maal [10]



16 JANUARI 17 1976 18 19 20 21 22



Uitkomsten proefbaaltjes in kg.

nr.	indrog- ging	uitval bij opzetten	opge- kuild	gewicht lof	opmerkingen kwaliteit lof
1	1,4	1,87	8,73	3,6	matig - enig wegval
2	0,6	1,19	10,21	5,6	goed
3	0,9	1,17	9,33	4,4	matig - los lof
4	1,45	1,55	9,0	3,9	matig - tulp - wegval
5	0,7	1,75	9,58	5,8	matig + onregelml., wat pijp
6	0,8	2,37	8,83	4,2	matig + onregelml., roos
7	1,25	2,0	8,85	4,4	matig - tulpvormig
8	0,7	1,06	10,34	5,4	matig - onregelmatig
9	9,85	1,13	10,02	3,6	slecht, pijp, sclerotinia
10	1,5	2,78	7,72	3,2	matig - tulp
11	0,6	0,96	10,44	5,8	redelijk goed
12	0,9	1,0	10,10	4,8	matig - tulp
13	1,35	1,63	10,02	5,2	goed
14	0,75	0,45	10,80	6,2	goed, zeer uniform
15	0,85	2,22	8,93	4,9	goed
16	1,5	1,45	9,05	4,8	goed
17	0,7	0,50	10,80	5,8	matig - beetje roos
18	0,85	2,23	8,92	3,5	goed - pijp
2A	0,9	0	11,2	5,5	slecht - veel pijp