

15n 282186

231.0/7

- 2 APR 60

Bibliotheek
Instituut voor de Groenten- en
Fruittenteelt onder Glas te Naaldwijk

De warmtehuishouding van de grond in de groenteteelt onder glas

Thermal properties of soils in relation with glasshouse horticulture
Summary see page 79

C. J. VAN DER POST,

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen/Proefstation voor de Groenten- en Fruittenteelt onder glas, Naaldwijk

INLEIDING

De bodemtemperatuur is van grote invloed op groei en ontwikkeling van de plant. De studie van deze milieufactor staat echter nog aan het begin. Zij wordt bemoeilijkt door het feit dat niet alle gewassen dezelfde eisen aan de bodemtemperatuur stellen. Bovendien heeft men de ervaring opgedaan, dat de reacties op cultuurmaatregelen t.a.v. de temperatuur bij de verschillende bodemtypen niet dezelfde zijn.

Voornameijk uitgaande van de kennis uit de praktijk zullen in het onderstaande enkele aspecten van de warmtehuishouding van tuinbouwgronden worden besproken. Bodemtypen, teeltmethoden en gewassen, die in het Zuidhollands Glasdistrict worden aangetroffen, zijn als voorbeeld gekozen.

BODEMKUNDIGE ASPECTEN

In het Zuidhollands Glasdistrict worden vele, sterk uiteenlopende bodemtypen aangetroffen. Behalve natuurlijke zand-, klei- en veengronden van uiteenlopende textuur en profielopbouw vindt men er kunstmatige bodemtypen, zoals afgezande en opgevaren gronden. Vrijwel al deze gronden hebben profielen, waarin capillaire opstijging van grondwater tot in de wortelzone kan plaatsvinden. Niettemin zijn er grote verschillen in vocht- en daarmee ook in warmtehuishouding.

De warmtecapaciteit van een grond is gelijk aan de som van de capaciteit van de afzonderlijke componenten (Van Duin, 1956). De warmtecapaciteit van water, minerale grond en humus is respectievelijk 1,0, 0,46 en 0,6 cal/cm³ °C, de warmtecapaciteit van de lucht is in vergelijking hiermede verwaarloosbaar klein.

Het warmtegeleidingsvermogen van de bestanddelen waaruit de grond is opgebouwd is zeer verschillend. Van Duin geeft hierover gegevens (tabel 1).

Tabel 1 Warmtegeleidingsvermogen (in cal/cm sec °C) van de belangrijkste componenten van de grond bij 20° C.

kwarts	overige minerale bestanddelen	organische stof	water	lucht	
				droog	verzadigd
20.10 ⁻³	7.10 ⁻³	0,6.10 ⁻³	1,42.10 ⁻³	0,0615.10 ⁻³	0,238.10 ⁻³

Het warmtegeleidingsvermogen van de grond is te berekenen indien men samenstelling en vorm van de deeltjes, structuur en vochtgehalte van de grond kent (De Vries, 1952). Het warmtegeleidingsvermogen neemt toe met het vochtgehalte van de grond, omdat lucht een slechte geleider is. Een hoog gehalte aan organische stof beperkt evenwel het warmtegeleidingsvermogen van de grond. Dit verklaart hoe men in een vochtige klei-arme veengrond een lager warmtegeleidingsvermogen kan meten dan in een zandgrond op veldcapaciteit met een veel lager vochtgehalte (De Vries, 1952).

Warmtecapaciteit en -geleiding bepalen de snelheid waarmee de warmte in de grond doordringt en de hoogte van de temperatuur die op verschillende diepten wordt bereikt. Bij een zeer slechte warmtegeleiding blijft de verwarming van het profiel beperkt tot een dunne bovenlaag. De plant profiteert in dit geval even weinig van de toegestraalde energie als in gronden met een goede warmtegeleiding, die tot grote diepte worden verwarmd, maar door hun hoge warmtecapaciteit slechts zeer weinig in temperatuur stijgen.

In het licht van deze theoretische overwegingen moeten de ervaringsgegevens worden gezien als in het navolgende van enkele grondsoorten zullen worden vermeld. Hierbij is gerekend met de toestand die in het winterhalfjaar voorkomt, wanneer het vochtgehalte van de gronden nabij veldcapaciteit ligt en een globale vergelijking van de bodemprofielen beter mogelijk is.

Duinzandgronden met een ontwateringsdiepte van bijvoorbeeld 70 cm hebben in hun bouwvoor een laag vochtgehalte en een zeer goede doorluchting. Deze gronden staan bekend om hun vroegheid in het voorjaar.

Ze reageren snel op een temperatuurverandering, wat in perioden van een geringe energietoestraling uiteraard gunstig is. Verhoging van de grondwaterstand tot 40 à 50 cm beneden maaiveld werkt sterk verlatend. Dit kan behalve aan tragere verwarming ook aan geringere doorluchting te wijten zijn. In veengronden treft men over het algemeen ontwateringsdiepten aan van 40 à 50 cm. In vergelijking met de juist genoemde zandgronden worden deze profielen als laat aangemerkt. De gronden zijn in het algemeen slechter doorlucht en de opwarming van het profiel schijnt trager te verlopen dan in de zandgrond.

Een kleigrond met eenzelfde ontwateringsdiepte als de eerstgenoemde zandgrond zal in het voorjaar langzamer worden verwarmd en in de herfst langzamer afkoelen. Ook hier is de doorluchting slechter dan in de zandgrond. Op dergelijke profielen komt de groei in het voorjaar trager op gang dan op zandgrond, doch zij gaat in de herfst langer door.

INVLOED VAN GLASBEDEKKING

De zonnestraling kan een glasdek vrijwel onveranderd passeren want alleen stralen met een golflengte $< 320 \text{ m}\mu$ en $> 2800 \text{ m}\mu$ worden door normaal vensterglas geabsorbeerd (fig. 1). De warmteverliezen door terugstraling zijn bij glasoverdekking veel geringer, daar de warmtestraling, die door de grond

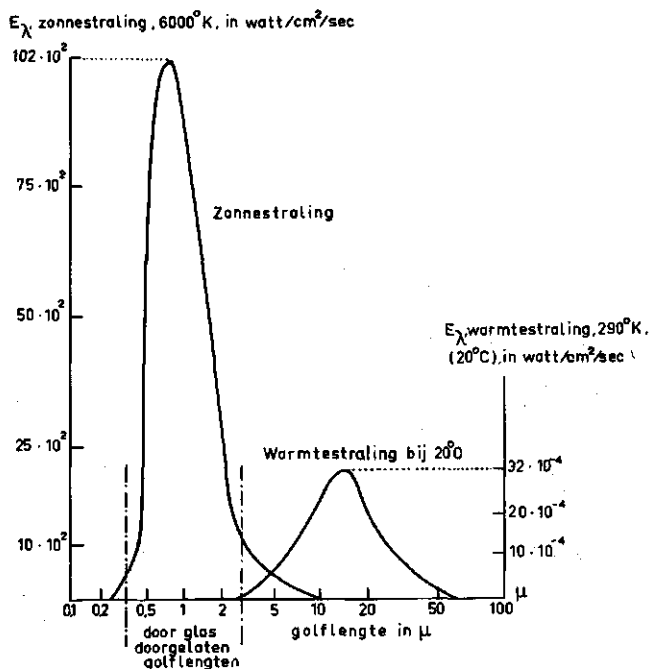


Fig. 1 Energiecurven van zonne- en warmtestraling. De verticale schaaleenheid voor zonnestraling is ongeveer 10^{-6} maal die voor warmtestraling.

Fig. 1 Energycurves of sun- and thermic radiance. The vertical scale unit of sunradiance is about 10^{-6} times as large as that of thermic radiance.

en andere objecten onder glas wordt uitgezonden, een golflengte heeft van meer dan 2800μ . Door de beschuttende invloed van het kasdek wordt de opstijging van de warme lucht belemmerd, waardoor de warmteverliezen door convectie eveneens belangrijk worden verminderd. De bodemtemperatuur bereikt onder glas hogere waarden dan in het vrije veld. Ook de minimum waarden zijn hoger. De afkoeling van de grond wordt vertraagd, omdat een gedeelte van de warmtestraling door het glasdek naar de grond wordt geretourneerd (Seemann, 1957).

De grond onder glas kan sterker worden verwarmd naarmate de zonnestraling beter door het kasdek kan binnendringen. Dit is afhankelijk van de helling van het glasdek (reflectie) en het aandeel van ondoorzichtig materiaal in kasdek en onderbouw (Lawrence, 1948).

Uit oriënterende metingen door het Instituut voor Tuinbouwtechniek is gebleken, dat dank zij het grotere rendement van de zonne-energie, in een moderne kas de luchttemperatuur bij helder vriezend weer overdag meer dan 4°C hoger kan zijn dan in een onderwets warenhuis. In de winterperiode van februari 1956 ontdooide de grond in de moderne kas dagelijks en bleef in het warenhuis voortdurend bevroren (De Vries, 1958). Dergelijke verschillen zijn in de praktijk reeds vaker waargenomen en zullen van invloed zijn op de groei van het gewas.

Kropsla heeft van deze gewassen de geringste warmtebehoefte. Als jonge plant kan dit gewas onder glas op vele gronden zonder kunstmatige verwarming overwinteren. Dit gaat bijna altijd gepaard met een tijdelijke groeistilstand, waarbij de bodemtemperatuur veelal de limiterende factor is. Wanneer de bodemtemperatuur lager wordt dan omstreeks 4°C stagneert de groei geheel. Bij 7 à 8°C kan de groei echter zowel boven- als ondergronds al weer goed voortgang vinden. Hieruit blijkt, dat een temperatuurverschil van slechts enkele graden zeer belangrijk kan zijn. Een sterke verhoging van de bodemtemperatuur boven dit niveau is in de wintermaanden niet mogelijk, omdat dit het instellen van te hoge luchttemperaturen zou vergen. Vooral bij een geringe straling is een hoge luchttemperatuur gedurende de nacht spoedig nadelig voor de kropvorming van het gewas. Ook bij de *tomaat* moet men in verwarmde kassen in de winter nauwlettend toezien om bij de lage lichtintensiteit niet een te hoge luchttemperatuur te handhaven. Een goede groei van de plant vindt evenwel bij veel hogere temperaturen plaats dan bij *kropsla* het geval is. Bij een bodemtemperatuur van 12°C wordt veelal reeds een ernstige groeivertraging waargenomen en komen gebreksverschijnselen, in het bijzonder fosfaatgebrek, spoedig naar voren. De groeivertraging is vanzelfsprekend een groot nadeel omdat men zo vroeg mogelijk wenst te oogsten. Bij een bodemtemperatuur van 15 à 16°C treden geen moeilijkheden meer op. Om deze bodemtemperatuur bij het huidige systeem van bovengrondse warmwaterverwarming te kunnen handhaven moeten soms echter te hoge nachttemperaturen worden aangehouden.

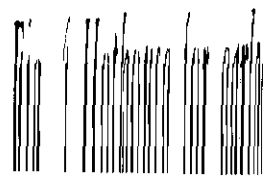
Bij het opkweken van jonge *tomateplanten* in de winter streeft men ernaar de ongunstige licht-temperatuur-verhouding te wijzigen. Soms geschiedt dit door kunstmatige bijbelichting, soms door toepassing van directe bodemverwarming die het mogelijk maakt een wat lagere luchttemperatuur aan te houden.

De *komkommer* is een zeer warmteminnend gewas. In kassen wordt het geteeld op wallen van zogenaamde staalgrond, waarin de temperatuur niet beneden 20°C mag dalen (fig. 4). Een zeer zware verwarming vindt dan ook plaats en het gietwater wordt zonodig voorverwarmd. Gieten met te koud water kan verwelking, soms zelfs afsterven van de planten tot gevolg hebben. Mogelijk zou in deze teelt een of andere vorm van directe bodemverwarming dienstig kunnen zijn.



Fig. 4 Zwaar verwarmde komkommerkas

(Foto: Proefstation Naaldwijk)



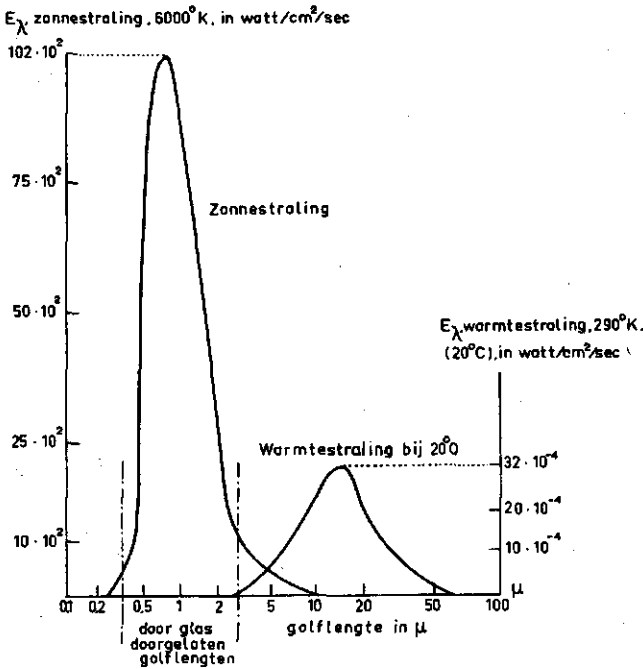


Fig. 1 Energiecurven van zonne- en warmtestraling. De verticale schaaleenheid voor zonnestraling is ongeveer 10^{-6} maal die voor warmtestraling.

Fig. 1 Energycurves of sun- and thermal radiation. The vertical scale unit of sunradiance is about 10^{-6} times as large as that of thermal radiance.

en andere objecten onder glas wordt uitgezonden, een golflengte heeft van meer dan 2800μ . Door de beschuttende invloed van het kasdek wordt de opstijging van de warme lucht belemmerd, waardoor de warmteverliezen door convectie eveneens belangrijk worden verminderd. De bodemtemperatuur bereikt onder glas hogere waarden dan in het vrije veld. Ook de minimum waarden zijn hoger. De afkoeling van de grond wordt vertraagd, omdat een gedeelte van de warmtestraling door het glasdek naar de grond wordt geretourneerd (Seemann, 1957).

De grond onder glas kan sterker worden verwarmd naarmate de zonnestraling beter door het kasdek kan binnendringen. Dit is afhankelijk van de helling van het glasdek (reflectie) en het aandeel van ondoorzichtig materiaal in kasdek en onderbouw (Lawrence, 1948).

Uit oriënterende metingen door het Instituut voor Tuinbouwtechniek is gebleken, dat dank zij het grotere rendement van de zonne-energie, in een moderne kas de luchttemperatuur bij helder vriezend weer overdag meer dan 4°C hoger kan zijn dan in een ouderwets warenhuis. In de winterperiode van februari 1956 ontdooidde de grond in de moderne kas dagelijks en bleef in het warenhuis voortdurend bevroren (De Vries, 1958). Dergelijke verschillen zijn in de praktijk reeds vaker waargenomen en zullen van invloed zijn op de groei van het gewas.

INVLOED VAN KUNSTMATIGE VERWARMING

Bij het gebruikelijke systeem waarbij warmwaterbuizen min of meer gelijkmatig over de kasruimte verdeeld vrij worden opgehangen (fig. 2) vindt de warmte-overdracht, ruwweg gesteld, voor 90 % plaats aan de lucht en voor 10 % aan de grond. De luchttemperatuur is daarom bij deze wijze van verwarmen veel sneller op de gewenste hoogte te brengen dan de bodemtemperatuur. Vandaar dat in zonnarme perioden in de winter, wanneer de grond dus slechts weinig stralingswarmte ontvangt, de bodemtemperatuur zeer moeilijk op het gewenste niveau is te handhaven zonder dat de luchttemperatuur een ongewenste hoogte bereikt.

In de loop der jaren heeft men de verwarmingssystemen al enigszins gewijzigd, mede om aan de bezwaren van de ongunstige verhouding van bodem- en luchttemperatuur tegemoet te komen. De verwarmingsbuizen brengt men thans dicht bij de grond aan, waardoor meer directe straling naar de grond gaat en tevens een sterkere luchtcirculatie ontstaat.

Bij het opkweken van de jonge tomaten- en komkommerplanten in de wintermaanden gaat men er in Nederland steeds meer toe over een speciale bodemverwarming te gebruiken. Op deze wijze kan de kweker gemakkelijk een voor de planten gunstige bodemtemperatuur aanhouden zonder dat hiervoor hoge luchttemperaturen nodig zijn; hij kan op deze wijze meer gedrongen, stevige planten verkrijgen.

Door vers organisch materiaal als broeimest te gebruiken, tracht men een beter wortelmilieu voor de plant te verkrijgen. Verhoging van de bodemtemperatuur is daarbij het voornaamste doel. Voorts werkt de aangebrachte laag isolerend, daar zij zowel de capillaire aanvoer van water uit de ondergrond, als de geleiding van warmte naar de ondergrond tegengaat. De zonnewarmte wordt dus in de bovenste decimeters van het profiel opgehoopt, wat

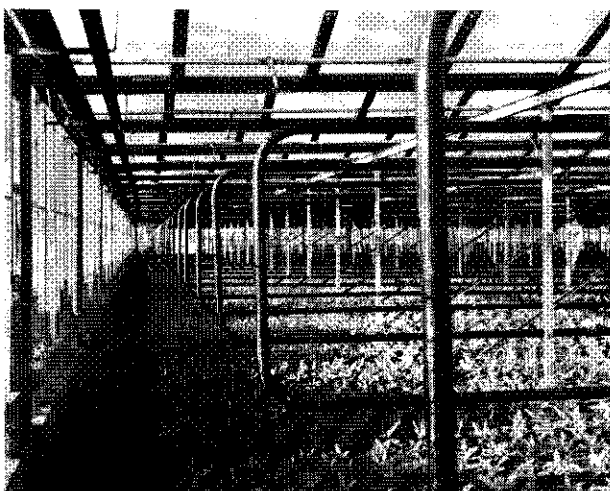


Fig. 2 Warm-waterverwarming in een warenhuis

(Foto: Proefstation Naaldwijk)

Fig. 2 Hot water-heating

Fig. 3 Broeimest in voren
(Foto: Proefstation Naaldwijk)



Fig. 3 Heating-manure in
trenches

er mede toe bijdraagt, dat aanzienlijk hogere bodemtemperaturen bereikt kunnen worden. Samenstelling en eigenschappen van de bouwvoor worden sterk beïnvloed, aangezien per ha 250 à 300 ton vers organisch materiaal, in stroken, wordt toegediend (fig. 3).

DE WARMTEBEHOEFTE VAN ENKELE GEWASSEN

Het is bekend, dat de bodemtemperatuur de wateropname van de plant sterk beïnvloedt. Dit effect is bij planten afkomstig uit een warm klimaat reeds bij een hogere temperatuur merkbaar dan bij planten uit een koeler klimaat. Katoen verwelkt bijvoorbeeld reeds als de bodemtemperatuur beneden 17 à 20° C daalt; koolsoorten daarentegen verwelken nog niet bij temperaturen in de buurt van het vriespunt (Kramer, 1949).

Het niveau waarop de temperatuur bij onze kasplanten moet worden gehandhaafd is mede afhankelijk van de ontvangen lichtenergie. In perioden met weinig licht, dus in de wintermaanden, reageren de planten op hoge luchttemperaturen met een te week en te ijl groeiend gewas. Naarmate de stralingsintensiteit en de daglengte toenemen, kan het gewas ook weer hogere temperaturen verdragen.

Went (1957) vond dat voor een evenwichtige groei van de plant een zeker verschil tussen de dag- en nachttemperatuur van de lucht is vereist. De optimale nachttemperatuur ligt in de wintermaanden beneden de gewenste bodemtemperatuur. Vooral na zonloze dagen daalt de bodemtemperatuur dan gedurende de lange nacht tot een te lage waarde. Onder deze omstandigheden is het bereiken van een goed temperatuurevenwicht zeer moeilijk.

De toepassing van kunstmatige verwarming vereist dus kennis van de warmtebehoefte van het gewas. Wat betreft kropsla, tomaten en komkommers, de belangrijkste groentegewassen van het Zuidhollands Glasdistrict, kan het volgende worden opgemerkt.

Kropsla heeft van deze gewassen de geringste warmtebehoefte. Als jonge plant kan dit gewas onder glas op vele gronden zonder kunstmatige verwarming overwinteren. Dit gaat bijna altijd gepaard met een tijdelijke groeistilstand, waarbij de bodemtemperatuur veelal de limiterende factor is. Wanneer de bodemtemperatuur lager wordt dan omstreeks 4°C stagneert de groei geheel. Bij 7 à 8°C kan de groei echter zowel boven- als ondergronds al weer goed voortgang vinden. Hieruit blijkt, dat een temperatuurverschil van slechts enkele graden zeer belangrijk kan zijn. Een sterke verhoging van de bodemtemperatuur boven dit niveau is in de wintermaanden niet mogelijk, omdat dit het instellen van te hoge luchttemperaturen zou vergen. Vooral bij een geringe straling is een hoge luchttemperatuur gedurende de nacht spoedig nadelig voor de kropvorming van het gewas.

Ook bij de *tomaat* moet men in verwarmde kassen in de winter nauwlettend toezien om bij de lage lichtintensiteit niet een te hoge luchttemperatuur te handhaven. Een goede groei van de plant vindt evenwel bij veel hogere temperaturen plaats dan bij kropsla het geval is. Bij een bodemtemperatuur van 12°C wordt veelal reeds een ernstige groeivertraging waargenomen en komen gebreksverschijnselen, in het bijzonder fosfaatgebrek, spoedig naar voren. De groeivertraging is vanzelfsprekend een groot nadeel omdat men zo vroeg mogelijk wenst te oogsten. Bij een bodemtemperatuur van 15 à 16°C treden geen moeilijkheden meer op. Om deze bodemtemperatuur bij het huidige systeem van bovengrondse warmwaterverwarming te kunnen handhaven moeten soms echter te hoge nachttemperaturen worden aangehouden.

Bij het opkweken van jonge tomatplanten in de winter streeft men ernaar de ongunstige licht-temperatuur-verhouding te wijzigen. Soms geschiedt dit door kunstmatige bijbelichting, soms door toepassing van directe bodemverwarming die het mogelijk maakt een wat lagere luchttemperatuur aan te houden.

De *komkommer* is een zeer warmteminnend gewas. In kassen wordt het geteeld op wallen van zogenaamde staalgrond, waarin de temperatuur niet beneden 20°C mag dalen (fig. 4). Een zeer zware verwarming vindt dan ook plaats en het gierwater wordt zondig voorverwarmd. Gieten met te koud water kan verwelking, soms zelfs afsterven van de planten tot gevolg hebben. Mogelijk zou in deze teelt een of andere vorm van directe bodemverwarming dienstig kunnen zijn.



Fig. 4 Zwaar verwarmde komkommerkas

(Foto: Proefstation Naaldwijk)

Fig. 4 Hothouse for early cucumbergrowing

Voor het kweken van komkommers onder platglas, op de eerder beschreven broeimest, worden andere rassen gebruikt. Deze hebben een geringere warmtebehoefte dan de specifieke kaskommertypen. Ook hier is echter een bodemtemperatuur van 16 à 18° C een minimumeis voor goede groei.

EEN VOORBEELD UIT DE PRAKTIJK

Wanneer men van de teeltmethoden van enkele gewassen de regionale verspreiding in het Zuidhollands Glasdistrict beoordeelt, valt een zekere samenhang met het bodemtype waar te nemen. Zo vindt de teelt van de zogenaamde koude voorjaarssla, in onverwarmde kassen of warenhuizen, voornamelijk plaats op zand- en lichte zavelgronden. In de lichte gronden is een groot deel van het voor de plant beschikbare water gemakkelijk opneembaar. De z.g. stoelvorm van de pF-curve van deze gronden is hiervoor een aanwijzing. Als de capillaire nalevering niet voldoende is, wordt de watervoorraad tijdig kunstmatig aangevuld. De gunstige watervoorziening, samen met de goede doorluchting en de snellere stijging van de bodemtemperatuur leiden tot een snelle groei van het gewas in het vroege voorjaar. Het gewas is vroeg oogstbaar en brengt vrijwel steeds goede prijzen op. De teelt van koude voorjaarssla blijkt dus zeer goed te passen op de lichte gronden.

Het kweken van verwarmde sla die in de herfst en winter oogstbaar is, wordt daarentegen met veel meer succes op de kleigronden uitgevoerd. De groei van het slagewas verloopt op deze gronden minder snel. In de herfst is dit tragere groeitempo juist gewenst. De dagen worden korter, de temperatuur van de lucht daalt en ook de grond wordt geleidelijk kouder, doch deze temperatuursdaling vindt op kleigrond minder snel plaats dan op een zandgrond. Het gewas komt dus geleidelijk in minder gunstige omstandigheden te verkeren. Op kleigrond blijken de planten door het langzamer groeitempo deze milieuverslechtering veel beter te kunnen verdragen dan op zandgrond. Dit verschijnsel van adaptatie van het gewas is wellicht een zeer belangrijke factor, waardoor op een kleigrond een relatief stevig en gezond gewas kan worden geoogst.

SUMMARY

Some factors influencing the thermal properties of the soil types in the Southholland Glasdistrict are discussed.

In glasshouse horticulture the environmental conditions are altered by means of glass-covering, artificial heating and heating-manure. Higher soil temperatures are the result. The heat requirement of different crops is not the same. Lettuce, tomatoes and cucumbers need, in that order, more heat. The knowledge of these heat requirements is of importance, especially when growing crops in winter. In the Southholland Glasdistrict a certain adaptation of the growing methods to the soil properties is evident. The explanation of this adaptation is still rather hypothetical.

LITERATUUR

DUIN, R. H. A. VAN: Over de invloed van grondbewerking op het transport van warmte, lucht en water. *Versl. Landb. Onderz.* 62.7 (1956) 1—82.

- KRAMER, P. J.: Plant and Soil water relationships. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 1949, 347 pp.
- LAWRENCE, W. J. C.: Science and the glasshouse. Oliver and Boyd, London, 1948, 174 pp.
- SEEMANN, J.: Klima und Klimasteuerung im Gewächshaus. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, Bonn, 1957, 106 pp.
- VRIES, D. A. DE: Het warmtegeleidingsvermogen van grond. *Meded. Landb. Hogesch.* 52 (1952) 1—73.
- VRIES, K. J. DE: Economische overwegingen bij de keuze van een kastype. *Meded. Inst. Tuinb. Techn.* 37 (1958) 21—34.
- WENT, F. W.: The experimental control of plant growth. Chronica Botanica Company. Waltham, Mass. U.S.A., 1957, 343 pp.