

DE KLIMAATKASSEN VAN HET I.B.S.

with summary

P. A. SPOELSTRA

Instituut voor Tuinbouwtechniek, Wageningen

In april 1956 is door het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen te Wageningen een nieuw kassencomplex in gebruik genomen voor het fysiologisch en ecologisch onderzoek aan aardappelen en granen.

De financiering van dit project is geschied gedeeltelijk uit rijks gelden, gedeeltelijk uit hiervoor door de Stichting Nederlands Graancentrum ter beschikking gestelde fondsen.

De bouw geschiedde onder directie van het Instituut voor Tuinbouwtechniek, dat ook optrad als adviseur voor de technische outillage.

Het complex bestaat uit een lange oost-west geprojecteerde corridor, die aan de noordzijde toegang geeft tot 2 laboratoriumkamers, 3 geïsoleerde donkere cellen, ketelhuis, een regel- en pompenkamer en aan de zuidzijde tot 7 kascompartimenten.

De volgende korte beschrijving is beperkt tot de technische voorzieningen in deze kascompartimenten.

Bij het ontwerp van de kassen is uitgegaan van onderstaand programma van eisen.

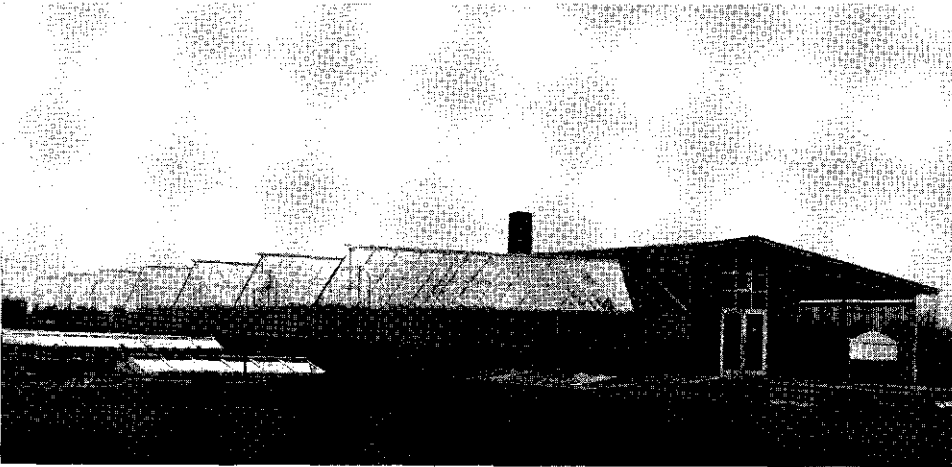


Fig. 1. Overzicht van het kassencomplex
General view of the glasshouses

| Kas nr. | Toelaatbare max. temp. in de kassen in °C in de zomer | Te bereiken temp. in de winter in °C |
|---------|---|--------------------------------------|
| 1 | +20 | +10 |
| 2 | +17 | +10 |
| 3 | +17 | +10 |
| 4 | +12 | +10 |
| 5 | +30 | +10 |
| 6 | +30 | +10 |
| 7 | +30 | +10 |

KASTEMPERATUREN IN DE ZOMER

De hierboven aangegeven kasttemperaturen in de zomer gelden onder de volgende omstandigheden:

- buitentemperatuur +30°C;
- matige windsnelheid (ca. 5 m/sec.);
- hoogste zonnestand (21 juni 12.00 uur 51° N.B.);
- onbewolkte heldere lucht.

Onder deze omstandigheden moet gerekend worden dat op 1 m² horizontaal vlak per uur ca. 650 kcal aankomt.

Bij de normale praktijkkassen worden, om de kasttemperatuur niet ontoelaatbaar hoog te laten oplopen, de volgende voorzieningen getroffen:

1. Schermen of kalken, zodanig, dat ongeveer 75 % zonlicht buiten de kas gehouden wordt.
2. Voldoende ventilatieramen (bij voorkeur doorlopende nokluchtramen en zo nodig nog zijluchtramen).

Schermmatten hebben t.o.v. kalken het voordeel, dat ze verwijderd kunnen worden als er geen zon is. Een nadeel is echter dat het manipuleren met schermmatten veel tijd en oplettendheid vergt, veel onderhoud aan de schermmaterialen en eventuele rolconstructies. In de winter zijn deze hulpconstructies hinderlijk wegens het onderscheppen van licht.

De luchtramen hebben voor kassen t.b.v. het wetenschappelijk onderzoek nog andere bezwaren. Het wordt veelal gewenst, zo niet noodzakelijk geacht, insecten, sporen e.d. buiten de kas te houden. Dit tracht men dan te bereiken door de ventilatieraamopeningen te voorzien van fijn bronsgaas of filterdoek. Het resultaat is dan echter dat de natuurlijke ventilatie in de warme maanden zeer onvoldoende is, resp. de kasttemperaturen ook bij sterk afschermen te hoog oplopen en in feite de kassen dan niet goed bruikbaar zijn.

De bezwaren hiervoor genoemd aan normale kassen, speciaal voor kassen t.b.v. het onderzoek, zijn bij de klimaatkassen van het I.B.S. vermeden door:

1. Geen luchtramen en schermmateriaal toe te passen.
2. De kassen elk te voorzien van een automatische koelinrichting (zie verder).

KASTEMPERATUREN IN DE WINTER

De eisen betreffende de temperatuur brengen geen bijzondere problemen met zich mee. Daar voor kassen in het algemeen een snel reagerend verwarmingssysteem (geringe warmtecapaciteit van het warmtetransportmiddel en het materiaal van de instal-

latie) vereist is, kan doelmatig warmeluchtverwarming worden toegepast. De genoemde kastemperaturen in de winter kunnen worden bereikt bij een buitentemperatuur van -10°C , geen schermmatten, geen zon en een windsnelheid van 5 m per sec.

KASCONSTRUCTIE (bovenbouw)

Uit de gestelde eis om vooral in de lichtarme wintermaanden nog zo veel mogelijk licht in de kassen te krijgen, is gestreefd naar zo weinig mogelijk schaduwgevende constructiedelen. Dit is bereikt door:

1. Toepassing van grote ruiten ($73,1 \times 140,8$ cm).
2. Geen luchtramen.
3. Doelmatige spant- en glasroede profielen.
4. Geen schermconstructie.
5. Toepassing van warmeluchtverwarming (geen schaduwgevende pijpen).

LICHTMETINGEN

Op een egaal bewolkte morgen is de lichtintensiteit in de kassen vergeleken met de lichtintensiteit buiten en met de lichtintensiteit in een andere op het terrein staande kas met normale, kleine ramen en verwarmingspijpen in de kas. In de kassen nieuw model was de lichtintensiteit 78 % en in de kassen oud model 61 % van de lichtintensiteit buiten. De lichtintensiteit op de zijtabletten is ongeveer 94 % van de lichtintensiteit op het middentablet. Het meeste licht wordt onderschept door de aan de noordzijde van de kassen lopende corridor. Bij de deur van de kas is de lichtintensiteit 60 % van die op het middentablet. Dit verschil is zo groot, dat tot 2 à 3 meter uit de deur in het winterhalfjaar geen proeven genomen kunnen worden. Het grote lichtverschil blijkt trouwens ook uit de fototropische reactie van kiemplantjes, die tot ongeveer deze afstand van de deur waarneembaar is.

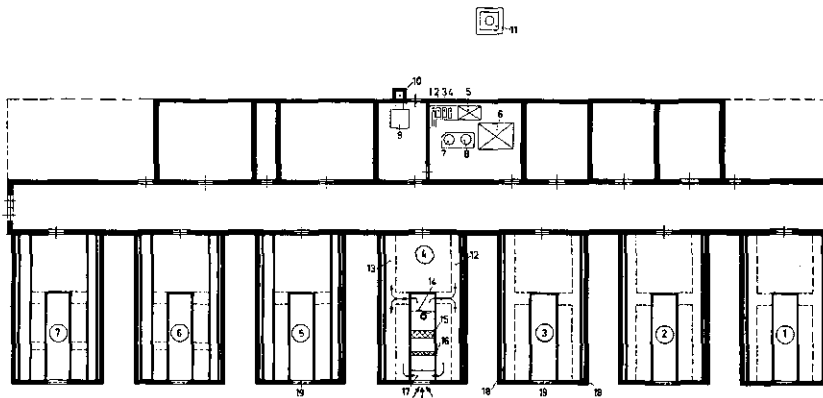


Fig. 2. Plattegrond van het kassencomplex.
Ground-plan of the glasshouses.

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1. Bevochtigingspompen | 11. Bron |
| 2. 3. en 4. Koelwaterpompen (kas 5, 6 en 7) | 12. 13. Ondergrondse kanalen |
| 5. Pompen t.b.v. latere uitbreiding | 14. Ventilator |
| 6. Plaats koelmachines | 15. Luchtkoeler |
| 7. Hydrofoortank (Koudwatervoorziening) | 16. Luchtverwarmer |
| 8. Warmwatertank (Warmwatervoorziening) | 17. Wisselkleppen |
| 9. Ketel | 18. Uitblaaspleten |
| 10. Schoorsteen | 19. Aanzuigopeningen verse lucht |

TECHNISCHE INSTALLATIES

In fig. 3 zijn de technische installaties in één der kassen in een perspectief doorsnede aangegeven. In fig. 2 is tevens de plaats vermeld van de diverse onderdelen van de installaties.

KOELINSTALLATIE IN DE KASSEN

De toelaatbare maximum temperaturen in de zomer, in kas 5, 6 en 7 is 30°C. Het temperatuurverschil met bronwater van ca. 11°C is zo groot, dat hiermede gekoeld kan worden, zonder dat overgegaan hoeft te worden tot het gebruik van onhandelbaar grote koelers, ventilatoren en luchtkanalen.

Bij kassen 2, 3 en 4 met een maximum toelaatbare temperatuur van 17, 17 en 12°C is koeling met het weinig koudere bronwater niet meer praktisch uitvoerbaar en mechanische koeling noodzakelijk. Kas 1 met een temperatuur van 20°C is wel de grens, waarbij bronwater kan worden toegepast. De capaciteit van de bronwaterkoeling bedraagt per compartiment 8000 l/uur.

DAKKOELING

Om de investeringskosten en de afmetingen van de koelelementen, ventilatoren en luchtkanalen te beperken, is dakkoeling toegepast.

De installatie is zodanig ontworpen, dat het bronwater na het verlaten van de koelelementen uit de kassen 1, 5, 6 en 7 of direct naar het riool kan stromen of geheel of gedeeltelijk over het dakglas van de 7 kassen kan vloeien.

Een redelijk sluitende waterfilm over het gehele dakglasoppervlak wordt verkregen bij een waterhoeveelheid van ca. 30 mm per uur, wanneer dit water via een pijp met sproeidoppen vanaf de nok wordt versproeid. De sproeidoppen hebben een spleetvormige uittrede-opening, waardoor een vlakke straal wordt verkregen (ca. 90°). De stralen overlappen elkaar.

Het koeleffect door deze dakkoeling met bronwater, dat na het verlaten van de koelelementen nog een temperatuur heeft van ca. 14°C, kan afhankelijk van de kas-temperatuur op 10–20% van de totale koellast worden gesteld. Het effect van de dakkoeling kan worden toegeschreven aan:

1. Enige schermwerking van het zonlicht.
2. Warmtetransport uit de kas via het dakglas naar het water op het dakglas.
3. Het ondervangen van warmtetransport (transmissie) van de buitenlucht via het dakglas naar de kas.

De ervaringen met de dakkoeling zijn, wat het koeleffect betreft, gunstig. Moeilijkheden zijn ondervonden in verband met het ijzergehalte in het bronwater (0,35 mg/liter), waardoor na enkele weken een lichte ijzeraanslag ontstaat, dat zich weliswaar gemakkelijk laat verwijderen met een zuringzoutoplossing.

Getracht wordt in deze moeilijkheden te voorzien door een aparte dakkoeling te maken met bronwater van uit ter plaatse aanwezige grondlagen, waarvan bekend is dat dit water geen moeilijkheden geeft (0,2 mg ijzer/liter). Ook wordt geëxperimenteerd met een dakkoeling via geperforeerde plastic buis, die zo dicht mogelijk op het glas ligt.

Dit kan verschillende voordelen hebben:

- a. gemakkelijk monteerbaar door licht gewicht,
- b. het water wordt niet verstoven en dus minder intensief geaereerd, hetgeen de uitvlokking van ijzer kan remmen,
- c. er kan met minder water een volledig watervlies worden gevormd,
- d. men heeft geen moeilijkheden met verstopte spuitdoppen.

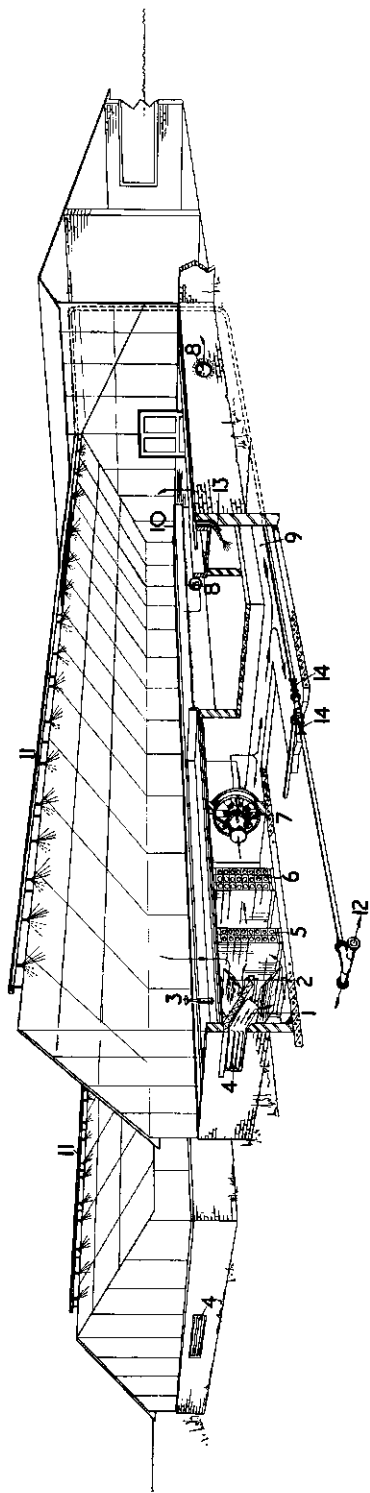


Fig. 3. Details van een kas.
Details of a glasshouse.

- 1. Filterdoek
- 2. Wisselkleppen
- 3. Bedieningshandle wisselkleppen
- 4. Aanzuigopeningen
- 5. Luchtverwarmer

- 6. Luchtkoeler
- 7. Ventilator
- 8. Luchtuitlaatopeningen
- 9. Luchtkanaal
- 10. Zijtablet ten

- 11. Daksproeileiding
- 12. Riolering
- 13. Bevochtigings neveldoppen
- 14. Afsluiters

DE BEREIKTE TEMPERATUREN

Om oriënterende gegevens te verkrijgen over het effect van bronwaterkoeling en berekening zijn op 4 juli 1957 enige waarnemingen gedaan.

Bij felle zonneschijn was de buitentemperatuur in de waarnemingshut 30,5°C. In een licht witgekalkt kascompartiment dat op maximale sterkte werd geventileerd met buitenlucht, werd 34,5°C gemeten.

In een gelijkvormig kascompartiment met bronwaterkoeling en enige luchtbevochtiging werd 28,5°C gemeten. Bij dakberekening zakte de temperatuur tot 25,5°C.

VERWARMING

Alle kassen hebben warmeluchtverwarming. Hiertoe is (zie fig. 2 en 3) onder de ruimte van het middentablet van elke kas een luchtverwarmer geplaatst, die gevoed wordt met warm water vanaf de oliegestookte centrale verwarmingsketel. Het luchttransport geschiedt met dezelfde ventilator, die ook voor het luchttransport bij koeling dienst doet.

LUCHT- EN TEMPERATUURVERDELING IN DE KAS

De kassen 5, 6 en 7 hebben zijtabletten. De ruimte onder deze tabletten is benut als luchtkanaal. Tussen tabletwand en buitenmuur is een spleet van 10 cm opengelaten. Deze spleet is afgedekt met geperforeerde messingplaat. De lucht wordt via de openingen in deze afdekkplaat langs het staande glas geblazen (inblaassnelheid ca. 2 m/sec.).

In de kassen 1, 2, 3 en 4 worden geen zijtabletten gebruikt, doch wagentjes met asbestcement grondbakken, die worden gebruikt voor het aardappelonderzoek. Hier zijn grondkanalen voor luchttransport gemaakt langs de zijwanden. Ook hier wordt de lucht via een spleet langs de zijwanden uitgeblazen op overeenkomstige wijze als bij de kassen 5, 6 en 7.

De luchtsnelheid op de midden- en zijtabletten is 0,20–0,25 m/sec.

Op bewolkte dagen is de temperatuur in de kas op elke plaats nagenoeg hetzelfde. Op heldere dagen is de luchtsnelheid echter te klein om een volkomen gelijke temperatuur te waarborgen. Dicht bij de deur kan de temperatuur oplopen tot ca. 4 graden boven die op het middentablet. Ook is gebleken dat de temperatuur bij de verticale glaswand op het zuiden ca. 2 graden groter kan zijn, dan in het midden van de kas. Deze temperatuurverschillen kunnen ontstaan omdat de energie van het invallend zonlicht op de tabletten en kaswand in warmte wordt omgezet en de luchtsnelheid niet groot genoeg is voor het afvoeren van deze warmte.

Deze metingen zijn verricht in een lege kas. In een met planten gevulde kas zijn metingen slecht te interpreteren, omdat hier temperatuurverschillen samenhangen met verschil in bladoppervlak, vochtvoorziening etc.

LUCHTBEVOCHTIGING

In de kassen 5, 6 en 7 is een luchtbevochtigingsinstallatie toegepast. Gekozen is hier het systeem van verneveling onder hoge druk.

Onder elk zijtablet zijn neveldoppen aangebracht, die boven het tablet met een koppeling kunnen worden losgenomen (t.b.v. onderhoud).

In de regelkamer zijn 2 centrifugaalpompen opgesteld, welke in serie zijn geschakeld. Hiermede wordt de vereiste hoeveelheid bevochtigingswater uit de bron gepompt en op een druk van 12 atm. gebracht. Deze druk is vereist om voldoende kleine druppels met de neveldoppen te verkrijgen, waarvan de verdampingsweg (tijd) zodanig is, dat het grootste deel van het verstoven water in dampvorm over kan gaan.

VENTILATIE

De toevoer van buitenlucht is bij deze klimaatkassen alleen nodig in een hoeveelheid, die voldoende is voor de plantengroei en dus niet om in de warme maanden de kastemperatuur te begrenzen. Gerekend is op een tweevoudige verversing van de kasinhoud per uur, d.w.z. in de zomer bij een buitentemperatuur van $+30^{\circ}\text{C}$ en in de winter -10°C .

De regeling van de ventilatie geschiedt met daartoe aangebrachte kleppen, welke zijn voorzien van een stel- en vastzetinrichting (zie fig. 3). De hoeveelheid buitenlucht, welke in de kas gebracht wordt, is onafhankelijk van de grootte van de circulatie. Met de genoemde kleppen kan de verhouding verse lucht/circulatielucht worden ingesteld.

Daar er altijd enige ventilatie nodig is, staat de kas onder een geringe overdruk t.o.v. de buitenlucht. Een overeenkomstige hoeveelheid lucht als van buiten aangezogen wordt, verdwijnt via de spleetjes tussen de glasoverlappingsen uit de kas naar buiten.

De mogelijkheid is aanwezig ook met de volle ventilatorcapaciteit te ventileren, b.v. bij storing aan de koelinstallaties. Dan dienen echter de afvoeropeningen nr. 8 in fig. 3 te worden opengezet. De hoeveelheid buitenlucht, waarmee dus wordt geventileerd, wordt dan mede bepaald door de weerstand van de luchtfilters, die, zo nodig, tijdelijk kunnen worden verwijderd.

LUCHTFILTERING

Alle ventilatielucht wordt via een doekfilter met een vangstcijfer van ca. 99 % aangezogen. De luchtfilters hebben overeenkomst met een grote stofzuigerzak en kunnen buiten de kas worden weggenomen voor reiniging.

AUTOMATISCHE REGELING

Verwarming. De luchtverwarmers in de kassen worden gevoed met warm water van een automatisch met olie gestookte centrale verwarmingsketel.

De watercirculatie van de ketel naar de luchtverwarmers en terug, geschiedt met behulp van circulatiepompen. In de toevoerleiding van elke luchtverwarmer is een motorafsluiter gemonteerd.

De gewenste kastemperatuur wordt ingesteld met een contactthermometer, waarmee de motorafsluiters via een relais worden geopend of gesloten. De motorafsluiters zijn voorzien van hulpcontacten, waardoor bij opengaan van één der motorafsluiters de oliebrander in bedrijf komt. Wanneer alle afsluiters dicht zijn, dan staat de oliebrander stil. Hierdoor ontstaat een automatische aanpassing van de watertemperatuur aan de warmtebehoefte.

Koeling. Ook voor de koeling wordt gebruik gemaakt van contactthermometers.

Bij de kassen met bronwaterkoeling heeft elke kas een eigen bronpomp, die in de regelkamer (zie fig. 2) is opgesteld. De contactthermometer schakelt via een relais de bronpomp in of uit.

Bij de kassen met mechanische koeling wordt door de contactthermometer de koelmachine van de betreffende kas in- of uit bedrijf gesteld.

Bevochtiging. Ten behoeve van de regeling van de luchtvochtigheid worden natte bol contactthermometers toegepast. Wanneer de natte bol temperatuur lager is dan de ingestelde natte bol temperatuur, wordt de motorafsluiter in de toevoerleiding van het bevochtigingswater in de betreffende kas geopend en de bevochtigingspompen via een hulpcontact in deze motorafsluiter ingeschakeld. In het omgekeerde geval worden de afsluiters gesloten.

Zijn alle motorafsluiters gesloten, dan staan de bevochtigingspompen stil. Deze regeling werkt alleen goed, wanneer de kasttemperatuur (droge bol) nagenoeg constant gehouden kan worden, dus in de winter en ook in de zomer, indien de koeling voldoende is om de ingestelde droge bol temperaturen te kunnen handhaven.

Wijkt de droge bol temperatuur af (b.v. meer warmte-ontvangst dan warmte-afvoer tengevolge van te laag ingestelde droge bol temperatuur), dan moet de luchtbevochtiging met de hand worden bediend. Er bestaan plannen om de bediening door humidistaten te laten plaats vinden.

Om een redelijk constante druk op de neveldoppen te handhaven, onafhankelijk van het aantal geopende motorafsluiters, is in de persleiding van de pompen een door een veer belaste overstortklep aangebracht. Naarmate er minder afsluiters open staan, wordt deze klep meer geopend.

Regelnaauwkeurigheid. Om zo nauwkeurig mogelijk de luchttemperatuur te regelen, dient de temperatuurverhogende invloed van de zon op de temperatuur van de contactthermometers zelf zo veel mogelijk te worden beperkt. Dit is vooral in kassen een probleem. De kwikbollen van de 3 contactthermometers in elke kas, te weten:

1. droge bol contactthermometer (verwarming)
 2. droge bol contactthermometer (koeling)
 3. natte bol contactthermometer (bevochtiging)
- zijn hiertoe in een verchroomd gepolijste cilinder geplaatst.

Een kleine ventilator zuigt de kaslucht over de 3 kwikbollen. Hierdoor worden dus de zonnestralen afgeschermd en is een goede convectieve warmte-overdracht van de kaslucht op de thermometerbollen verkregen.

Het spreekt vanzelf dat bij een andere instelling van de droge bol contactthermometers en gelijkblijvende eisen van relatieve luchtvochtigheid, de natte bol thermometers ook steeds moeten worden bijgesteld.

Het paneel met de contact-thermometers is aan de corridorzijde van iedere kas aangebracht, dus in de zon. Ondanks de afscherming levert dit bzuwevaar op, zodat er plannen zijn, de panelen midden in de kas op te stellen, met de voorzijde naar het noorden.

The airconditioned glass-houses of the Institute for Biological and Chemical Research on field crops (Wageningen)

A description is given of a glass-house without windows. In every compartment air can be conditioned in a room under the central table and vertically injected into the glass-house through two air ducts along the whole length of the side walls. The conditioning rooms contain heaters (warm water from central heating) and a cooling system with well-water (temp. 10–12°C, capacity 8000 l/hour) or mechanical cooling (freon). Air humidity can be raised by spraying of water through nozzles in the air ducts. The roofs can be sprayed with water, no screens are used. In this way all shadowing constructions are avoided.

Heating, cooling and moistening are automatically commanded by contact-thermometers or humidistates.

The system can work with complete inward air circulation but sifted fresh air can be drawn in to requirement by adjusting of valves. In this way air pressure in the glass-house rises slightly which prevents the entry of dust and pests.

The light transmittance is 78 % compared with 61 % in a glass-house of traditional construction.

On hot days the effect of the well-water cooling is satisfactory. On a sunny day (July 4, 1957) with a screentemperature of 30.5°C a compartment without conditioning and maximal (forced) ventilation reached 34.5°C.

A similar compartment with well-water cooling and some air moistening was 28.5°C. With additional roof spraying temperature sank to 25.5°C.

For roof spraying iron free water must be available.

Ontvangen voor publikatie: 23 april 1957.