

Elektrische grondverwarming met behulp van gaas

Electrical soil heating by means of wire netting

Op tal van tuinbouwbedrijven wordt tegenwoordig voor het verwarmen van de grond een installatie gebruikt waarvan het verwarmingselement uit gaas bestaat. Zij blijkt bijzonder goed te voldoen als aanvullende verwarming voor teelten die een betrekkelijk hoge en constante grondtemperatuur vragen. Ook kan zij als hoofdverwarming dienst doen in voor- en najaar, wanneer de centrale verwarming niet meer of nog niet in bedrijf is en het wenselijk blijkt de grond enkele graden in temperatuur te verhogen. In de hier volgende beschrijving wordt deze verwarmingsinstallatie kortheidshalve gaasverwarming genoemd.

Het gaas bestaat uit dun ijzerdraad dat op een speciale wijze in elkaar is gevlochten. De randen zijn voorzien van zelfkanten van twee in elkaar gevlochten draden. De op deze wijze verkregen banen worden verzinkt, waardoor een goed elektrisch geleidend geheel wordt verkregen, dat bovendien bestand is tegen inwerking van vele chemische stoffen. Er zijn verschillende breedten en maaswijdten in de handel. De benodigde elektriciteit wordt met behulp van een speciaal voor dit doel geconstrueerde transformator verkregen.

De installatie heeft enkele zeer belangrijke voordelen:

Door de zeer gedecentraliseerde warmteafgifte van het uit vele mazen samengestelde gaas wordt een

goede warmteverdeling verkregen. Aan koude kanten van bakken en kassen kan op eenvoudige wijze meer warmte worden toegevoerd als het gaas verticaal opgezet wordt.

Bij normaal gebruik droogt de grond niet uit omdat het gaas een lage oppervlaktetemperatuur heeft. Daar de elektrische spanning van de installatie niet hoger is dan 42 Volt, is zij ongevaarlijk voor hen die ermee moeten werken. Onder spanning staande delen kunnen zonder enig gevaar worden aangeraakt. De stroomsterkte, die wel 100–200 ampère kan bedragen, is niet bepalend voor eventueel optredend gevaar.

De installatie is weinig kwetsbaar, omdat mechanisch sterke materialen worden toegepast. Wan-

neer met een schop op het gaas wordt gestoten, dringt het dieper in de grond, maar het gaat niet, of althans zelden, stuk. Dit in tegenstelling tot verwarmingskabels, die gemakkelijk met schop of riek beschadigd kunnen worden. Het gaas gaat 3 à 8 jaar mee, indien het continu in de grond blijft liggen. De levensduur ervan hangt voornamelijk af van de grondsoort waarvoor het wordt gebruikt.

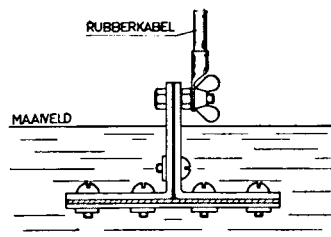
De installatie kan gemakkelijk verplaatst of weggenomen worden. De aansluitingen achter de transformator mogen door de kweker zelf worden verzorgd. De aansluiting op het elektriciteitsnet moet door een erkend installateur tot stand worden gebracht.

Aansluiting van het gaas

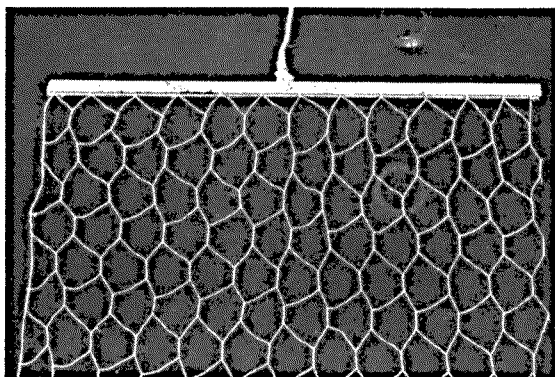
Om een gelijkmatige elektriciteitsverdeling over de gehele breedte van het vlechtwerk te verkrijgen, is het noodzakelijk de uiteinden hiervan stevig tussen twee gegalvaniseerde bandstalen stroken te bevestigen. De stroken worden op elkaar geklemd met koperen schroeven die op een afstand van ca. 10 cm van elkaar moeten worden geplaatst. Bij banen gaas van 1 m breed en meer wordt de rubberkabelaansluiting in het midden aangebracht met een 5/16" bout met vleugelmoer (zie afb. 1 en 2). Bij teelten waarbij brandbaar materiaal, bij voorbeeld stro, voor afdekking wordt gebruikt, zullen uit veiligheidsoverweging de stroken in de grond moeten worden gelegd. Indien de aansluiting plaatsvindt zoals op afb. 3 is aangegeven, ontstaat een hoge plaatselijke verhitting, waardoor de ijzerdraden gemakkelijk kunnen doorsmelten.

Verbindingen van het gaas bij verschillende grondsoorten

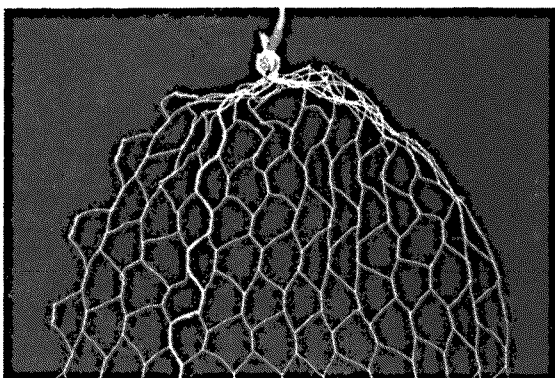
Aangezien het gaas ongeïsoleerd in de grond wordt gelegd, moet rekening worden gehouden met de elektrische geleiding van de grond. Op veengronden en vooraf sterk bemeste gronden kan de elektrische geleiding van de grond tot kortsluiting leiden. Het gevolg is dat de transformator sterk over-

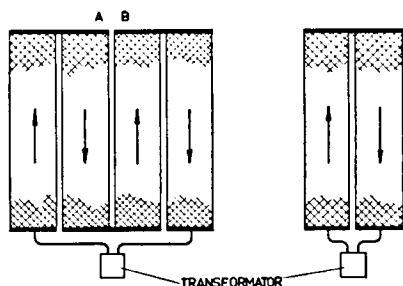


Afb. 1. De inklemming van het gaas en de bevestiging aan de rubberkabel

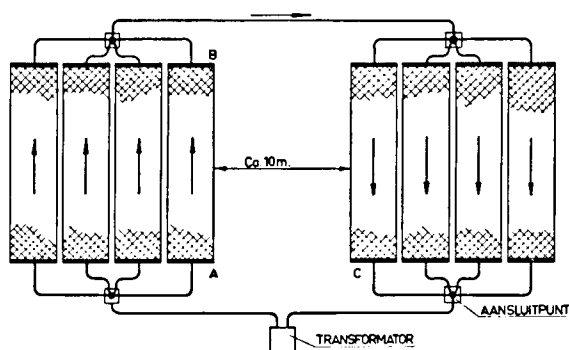


Afb. 2 en 3. De bovenste foto toont een goede aansluiting van het gaas, de onderste een foutieve aansluiting waarbij een hoge plaatselijke verhitting optreedt

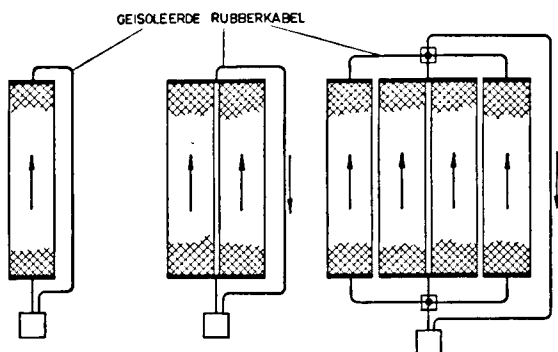




Afb. 4. Ligging en verbindingen van de banen gaas in klei- en zandgronden met pH 6 en hoger



Afb. 5. Ligging en verbindingen van de banen gaas in kleigronden met pH 5



Afb. 6. Ligging en verbindingen van de banen in gronden met een pH lager dan 5

belast wordt en dat geen gelijkmatige grondtemperatuur wordt verkregen. In klei- en zandgronden met een pH van 6 en hoger komt dat niet voor, zodat dan de verbindingen kunnen worden toegepast die zijn aangegeven in afb. 4. Bij toepassing in een dubbele bak wordt soms sterk de behoefte gevoeld alleen de zijkanalen afzonderlijk te kunnen verwarmen. Dan kan een doorverbinding aangebracht worden op de punten A en B. De twee binnenste banen zijn dan kortgesloten, zodat hierin geen elektriciteitsdoorgang plaatsvindt. Daar de weerstand van het gas dan tot de helft teruggebracht is, zal ook de spanning moeten worden gehalveerd. Op welke wijze dit mogelijk is, zal worden behandeld in de beschrijving van de transformator.

Bij verbindingen als weergegeven in afb. 4 dient er speciaal op te worden gelet dat de banen elkaar niet raken.

In kleigronden met een pH van ca. 5 verdient het de voorkeur de banen te verbinden zoals in afb. 5 is aangegeven. Daar de elektrische stroom in de vier banen gaas gelijke richting heeft, zal geen doorslag door de grond tussen deze banen optreden, omdat aangrenzende punten van de naast elkaar liggende banen geen spanningsverschil hebben. Om te voorkomen dat de elektrische stroom bij het aansluitpunt A het gas verlaat en via een diepere zeer goed geleidende grondlaag naar aansluitpunt B gaat, moet gas worden toegepast met een lage elektrische weerstand. Bij deze methode is gelijktijdige verwarming van een tweede object nodig, dat minstens op 10 meter van het eerste moet worden aangebracht. Het is mogelijk dat ondanks deze maatregel toch nog een gering percentage elektriciteit door de grond van A naar C stroomt. Dit mag echter niet meer zijn dan 5% van de totale stroom. Wil men alleen de buitenbanen verwarmen, dan moeten de verbindingen van de binnenbanen losgemaakt worden. Spanningsverlaging behoeft niet te worden toegepast.

Voor gronden met een pH lager dan 5 zijn nog andere voorzieningen nodig. Een drietal mogelijk-

heden is in afb. 6 weergegeven. De uiteinden van de banen zijn met geïsoleerde rubberkabels rechtstreeks op de transformator aangesloten. Kortsluiting in de grond komt dan niet voor. Deze uitvoering is wat kostbaarder vanwege het gebruik van lange geïsoleerde rubberkabels. Van een circuit met vier banen kunnen ook alleen de buitenste banen worden verwarmd bij dezelfde spanning.

De transformator

Voor het omlaagbrengen van de netspanning tot maximaal 42 Volt is een transformator nodig. Wanneer een krachtnet aanwezig is, wordt in de meeste gevallen de transformator aangesloten op 2 fasen met een elektrische spanning van 380 Volt. Bij aansluiting op deze spanning is de stroomsterkte in het net $\sqrt{3} \times$ kleiner dan bij aansluiting op 220 Volt, wat in verband met optredend spanningsverlies gunstiger is. Een 380 Volt transformator kan ook op 220 Volt worden aangesloten. Hij levert dan echter niet meer dan de helft van het aanvaankelijke vermogen, omdat de secundaire spanning van

42 tot 24 Volt wordt teruggebracht. Van deze mogelijkheid kan gebruik gemaakt worden, wanneer bij het buiten bedrijf stellen van enkele banen de secundaire spanning moet worden gehalveerd.

Om het gewicht en de afmetingen binnen redelijke grenzen te houden en om overbelasting van het elektriciteitsnet te voorkomen, worden over het algemeen transformatoren gebruikt met een maximaal vermogen van 5 kVA (kilovoltampère).

De transformator wordt op het vlechtwerk aangesloten met éénaderige soepele rubberkabels waarvan de koperkernen zijn voorzien van passende gesoldeerde kabelschoenen. De aansluiting van de transformator op het krachtnet geschiedt met behulp van een rubberkabel met contactstop op een contactdoos die voorzien is van een aardcontact. De contactdoos moet waterdicht zijn.

De levensduur van de transformator kan bij een goede behandeling op 15 à 20 jaar worden gesteld.

Weerstand, warmte-afgevend vermogen van het gaas en secundaire spanning van de transformator

De elektrische weerstand van het gaas volgt uit:

$$R_t = \frac{RL}{2n + 4}$$

waarvan L = lengte baan gaas in meters

n = aantal mazen (in de breedte van de gaasbaan)

$R = 0,2 \Omega$ (Ohm) voor de gangbare gaassoorten met draaddikte van 1,06 mm*.

* De weerstand van gaassoorten met andere draaddikte kan worden berekend met de formule

$$R = \frac{\rho \cdot l}{q} \left[\alpha + 1 (t_1 - t_2) \right]$$

waarvan

ρ = soortelijke weerstand van ijzerdraad = 0,13

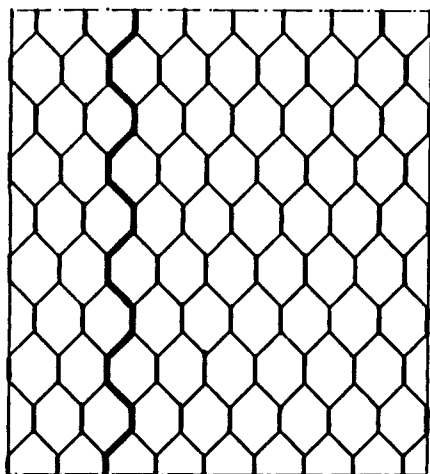
l = lengte van een draad uit het gaas per meter (zie afb. 7)

q = doorsnede ijzerdraad in mm²

α = temperatuurscoëfficiënt van ijzerdraad = 0,0046

t_1 = temperatuur in °C bij verwarming

t_2 = temperatuur in °C zonder verwarming (hiervoor te nemen 15° C).



Afb. 7. De dik getrokken lijn in het gaas is de draad die bij de berekening in beschouwing wordt genomen

De elektrische weerstand van een baan gaas van bij voorbeeld 10 m lang, 60 cm breed en maaswijdte 2" wordt als volgt berekend. De maaswijdte is 2" = 5 cm. Het aantal mazen bedraagt $\frac{60}{5} = 12$. De constructie van het gaas is zodanig dat bij alle soorten nog een halve maas moet worden opgeteld. Het totaal aantal mazen bedraagt dus 12,5.

$$R_t = \frac{0,2 \times 10}{(2 \times 12,5) + 4} = 0,07 \Omega$$

Het is vrijwel niet mogelijk een exacte berekening te maken van de warmtehoeveelheid die nodig is om een grond een zeker aantal graden te verwarmen. Verschillende factoren, zoals vochtigheid, structuur en grondsoort, spelen hierbij een belangrijke rol. Daarom is de warmtebehoefte proefondervindelijk bepaald. De gevonden waarde kan zonder bezwaar voor elke voorkomende grondsoort gebruikt worden. Bij de bepaling van de waarde is er rekening mee gehouden dat de grond binnen een redelijke tijd op temperatuur kan worden gebracht zonder dat men het gevaar loopt dat door een te hoge warmteafgifte de grond uitdroogt.

Gebleken is dat voor een grondlaag van ca. 20 cm dikte, die men 1° C in temperatuur wil verhogen, per m² grondoppervlak ca. 10 Watt aan elektrisch vermogen nodig is (10 W/m²/°C). Voor bepaalde grondsoorten zal dit vermogen iets aan de hoge kant zijn, maar het elektriciteitsverbruik zal niet hoger zijn omdat de vereiste grondtemperatuur vlugger wordt bereikt.

Indien grondverwarming in een gestookte kas moet worden toegepast, kan bij de berekening voor de warmtebehoefte gemakshalve worden aangenomen dat de grondtemperatuur ongeveer gelijk is aan de luchttemperatuur. Is de kastemperatuur 10° C en moet de grondtemperatuur 20° C zijn, dan is een warmteafgevend vermogen nodig van ca. 100 W/m². De tijd, nodig om de grond op temperatuur te brengen is ca. 16 à 20 uur. De vereiste secundaire spanning kan worden berekend met de formule: $E = \sqrt{P \cdot R}$, waarvan

P = benodigd warmteafgevend vermogen in Watts

R = totale weerstand van het gaas in Ohms.

De primaire en secundaire spanning alsmede het vermogen van de transformator moet de fabrikant bij bestelling worden opgegeven.

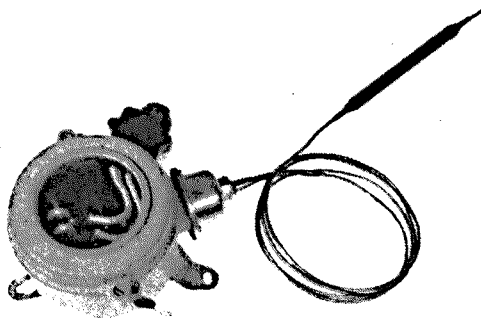
Door een te hoge secundaire spanning kan de transformator worden overbelast. De kans op verbranding is dan niet uitgesloten.

De automatische temperatuurregeling

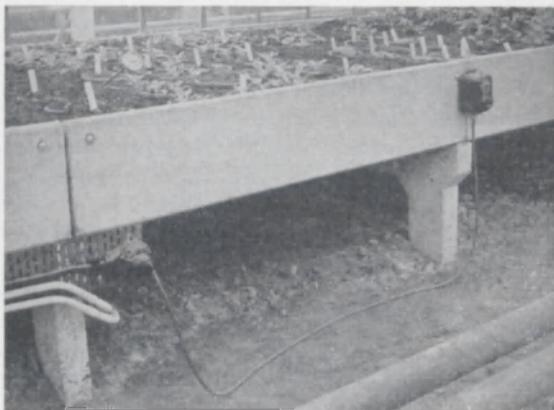
Wanneer een constante grondtemperatuur wordt vereist, kan het best een dampdrukregelaar met capillaire leiding worden toegepast (afb. 8). De capillaire leidingen zijn in verschillende lengten verkrijgbaar. In de meeste gevallen is de standaardlengte van 1,5 m echter wel voldoende. Aan een van de uiteinden van deze capillaire leiding is het temperatuurgevoelige deel (de voeler) aangebracht. Deze moet horizontaal in de grond worden gelegd op een plaats waar de gemiddelde temperatuur kan worden gemeten. Dit punt bevindt zich tussen het gaas en het maaiveld. Het zal tijdens de periode waarin de grond op temperatuur moet worden gebracht, steeds hoger komen te liggen, zodat de voeler ook steeds zou moeten worden verplaatst. Omdat dit in de praktijk ondoenlijk is, zal met een theoretisch minder juiste plaats genoeg moeten worden genomen. De beste plaats is dan midden tussen het gaas en het maaiveld.

Het gedeelte waarin zich het instelorgaan met de schakelaar bevindt, kan op een gemakkelijk toegankelijke plaats worden gemonteerd.

Wanneer de temperatuur in een kastablet moet worden geregeld, kan ook een dompel of steeltempera-



Afb. 8. Temperatuurregelaar met capillaire leiding en voeler



Afb. 9. Toepassing van een verplaatsbare temperatuurregelaar met steel in een tablet



Afb. 10. Het trekken van witlof in een bak. Proef waarbij de wortelpennen door de mazen zijn gezet

tuurregelaar worden gebruikt. Die is goedkoper en minder kwetsbaar. Door een gat in de betonrand kan de steel in de grond van het tablet worden gebracht. Als de temperatuurregelaar met een stuk soepele rubberkabel wordt aangesloten, kan hij ook voor andere te verwarmen objecten worden gebruikt (afb. 9). Wanneer het te leveren vermogen van de transformator hoger is dan de schakelcapaciteit van het elektrisch contact in de temperatuurregelaar, moet een relais worden toegepast.

Praktische toepassingen

Bij verschillende teelten wordt reeds met succes van gaasverwarming gebruik gemaakt. De lage investeringskosten en de eenvoudige opzet van de installatie maken het gebruik ervan zeer aantrekkelijk.

Trekken van witlof

De meeste installaties zijn in gebruik voor het trekken van witlof. Met één transformator van 5 kVA is het mogelijk per seizoen 16 kuilen in dubbele bakken te verwarmen (afb. 10). De oppervlakte van een kuil is ca. 34 m². Daarvoor is een warmteaf-

gevend vermogen nodig van 150 Watt/m². Wanneer in een kas of schuur wordt getrokken, kunnen per seizoen maximaal 20 kuilen worden verwarmd. Het benodigd warmteafgevend vermogen is dan 125 Watt/m² bij een kuiloppervlakte van maximaal 40 m².

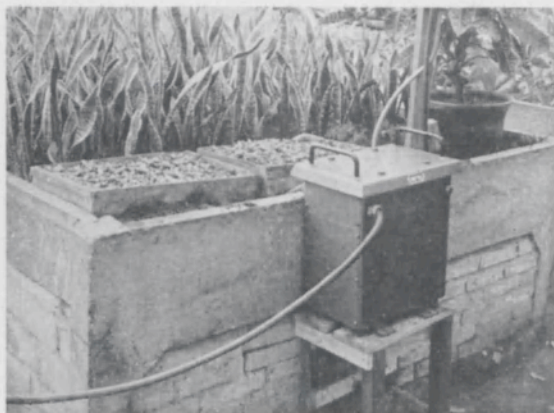
Men gaat zodanig te werk dat bij voorbeeld met vier kuilen meer trekken worden uitgevoerd. Omdat het gaas geen hoge investeringen eist, is het ook mogelijk alle beschikbare wortels gelijktijdig in te kuilen, zodat het bewaren van de wortels dan geen problemen oplevert.

De kuilen worden na elkaar verwarmd. Dit geschiedt uitsluitend in de nachturen. Per week kunnen dan 1 of 2 kuilen worden geoogst. Dit verwarmingssysteem heeft in Venlo en omstreken veel toepassing gevonden.

In de in 1955 gebouwde coöperatieve witlofschuur te Brakel (Consulentschap Geldermalsen) werkt dit systeem eveneens bevredigend.

Opkweken van andijvieplanten

Andijvieplanten worden op talloze bedrijven met broeimest, op enkele met verwarmingskabel opge-



Afb. 11. Elektrische gaasverwarming bij Sansevieria-stek



Afb. 12. Elektrische gaasverwarming bij anjerstek in een tablet

kweekt. Slechts proefsgewijs is gewerkt met gaasverwarming.

In het Consulentenschap Zwolle zal in het komende seizoen bij enkele kwekers gaasverwarming in gebruik worden genomen. De opzet is met één transformator de grond in een zaai- en in een opkweekbak op temperatuur te houden. Hierbij zal geen broeimest worden gebruikt. Het warmteafgevend vermogen zal 200 Watt/m^2 bedragen, omdat een hoge grondtemperatuur vereist is.

Opkweken van tomatenplanten

Voor deze teelt zijn reeds enkele installaties in gebruik. Het vlechtwerk wordt ca. 5 cm onder de grond gelegd. Daarop worden de perspotten met planten geplaatst. Het warmteafgevend vermogen, dat wordt toegepast, bedraagt ca. 50 Watt/m^2 .

Bij de reeds in gebruik zijnde installaties kunnen twee kappen van ca. 50 m lengte met een transformator uitsluitend in de nachturen worden verwarmd. Er zijn nog geen nauwkeurige teeltgegevens beschikbaar. Toch is al wel gebleken dat met een combinatie van centrale verwarming en elektrische

grondverwarming zeker op de brandstofkosten wordt bespaard. Bij toepassing van grondverwarming zal gedurende de verdere opkweekperiode met een lagere luchttemperatuur kunnen worden volstaan.

Platglaskomkommers

Op de proeftuin van het Instituut voor Tuinbouwtechniek zijn proeven genomen met elektrische grondverwarming als vervanging van broeimest. Het vlechtwerk dat 45 cm breed is, werd 20 cm diep gelegd. Beide kanten werden iets opgezet, zodat de plant als het ware in een warm bakje van gaas werd geplaatst. Het benodigd warmteafgevend vermogen is ca. 40 Watt per strekkende meter gaas. Er kan nog niet worden geadviseerd tot toepassing in de praktijk.

Bewortelen van Sansevieria-stekken

Bij een te lage grondtemperatuur rotten Sansevieria-stekken tijdens de beworteling net boven de grond af. Met een centrale-verwarmingsinstallatie, die zowel de lucht als de grond moet verwarmen, is de

grondtemperatuur zonder kostbare regeltoestellen moeilijk te regelen.

Een bloemkweker gebruikt thans voor de beworteling met goed resultaat gaasverwarming.

Het tablet, dat met turfmoel is gevuld, wordt met behulp van een temperatuurregelaar op ca. 25° C gehouden. Het warmteafgevend vermogen bedraagt ca. 50 Watt/m².

Bewortelen van anjerstekken

Ook voor het sneller bewortelen van anjerstekken wordt thans in de praktijk gaasverwarming toegepast. Het tablet wordt met zand gevuld en daarin wordt het gaas gelegd. Het warmteafgevend vermogen, nodig om de temperatuur in het tablet op ca. 18° C te houden, is 70 Watt/m².

Bewortelen van ficusstekken

In België wordt met gaasverwarming met succes een snellere beworteling van ficusstekken verkregen.

De tablettemperatuur dient ca. 25° C te zijn. Het warmteafgevend vermogen bedraagt ca. 50 Watt/m².

Thans zijn ook in ons land enige kwekers tot toepassing overgegaan.

Bewortelen van azaleastekken

Tot slot dient nog te worden vermeld dat op een bedrijf te Gent (België) proeven zijn genomen met gaasverwarming bij het bewortelen van azaleastekken. Zij zijn goed geslaagd. De tablettemperatuur bedroeg 20° C.

Samenvatting

Op verschillende Nederlandse tuinbouwbedrijven wordt tegenwoordig voor aanvullende verwarming

van de grond met succes gebruik gemaakt van een installatie waarvan het verwarmingselement uit gaas bestaat. Zij heeft enkele belangrijke voordelen. Er kan een zeer goede warmteverdeling mee worden verkregen; uitdrogen van de grond komt zo goed als niet voor; de installatie kan gemakkelijk verplaatst worden; zij heeft een vrij lange levensduur; door de vrij lage spanning (maximaal 42 Volt) is zij ongevaarlijk. Er wordt een beschrijving van de constructie van de installatie gegeven. Verder wordt uiteengezet welke voorzieningen nodig zijn bij gebruik in grondsoorten met een hoge, normale of lage zuurgraad.

Gebleken is dat elektrische verwarming met behulp van gaas bij uitstek geschikt is voor het trekken van witlof, het opkweken van plantmateriaal en de beworteling van stekken.

Summary

Electrical soil heating by means of wire netting

In various Dutch nurseries an installation the heating element of which consists of wire netting is now being successfully used as a supplementary way of heating the soil. This system has some striking advantages. The heat can be evenly distributed, drying-out of the soil hardly ever occurs; the installation can be moved easily; it has a rather long life; because of the low voltage (not exceeding 42 Volts) it is harmless. A description of the construction is given, together with the provisions that should be made for its use in soils of high, normal and low acidity.

It has appeared that electrical heating by means of wire netting is eminently suited for forcing witloof chicory, breeding planting material and for the root formation of cuttings.

Mededelingen van het Instituut voor Tuinbouwtechniek

Wageningen (The Netherlands)

1. E. W. B. van den Muijzenberg, Overzicht van de historische ontwikkeling van de kassenbouw en de kasverwarming. (f 0.30)
2. E. W. B. van den Muijzenberg en P. G. Treurniet, De tuinbouwbedrijfsschuur in Berkel en omstreken. (*Uitverkocht*)
3. E. W. B. van den Muijzenberg, Enige proeven met verschillende licht- en stralingsbronnen bij kasplanten. Het licht in de kas (Some trials with various kinds of light and radiation sources by glass-house-plants. The light in the glasshouse). (*Uitverkocht*)
4. Ontwikkelingsdagen voor leerkrachten in tuinbouwtechniek op 20, 21 en 22 oktober 1948. (f 0.75)
5. E. W. B. van den Muijzenberg, Bestrijdingstechniek (Equipment for pest-control). (f 0.30)
6. E. W. B. van den Muijzenberg, De motortrekker in de tuinbouw (The tractor in horticulture). (f 0.50)
7. Ontwikkelingsdagen voor leerkrachten in tuinbouwtechniek op 24, 25 en 26 november 1949. (f 0.75)
8. E. W. B. van den Muijzenberg, Het vervoer in de tuinbouw (Transport in horticulture). (f 0.50)
9. E. W. B. van den Muijzenberg, De toepassing van technische hulpmiddelen in de tuinbouw in Engeland. (f 0.60)
10. E. W. B. van den Muijzenberg, De fabricage en de toepassing van technische hulpmiddelen in de tuinbouw in Zwitserland. (f 0.75)
11. E. W. B. van den Muijzenberg, Tuinbouwtechniek in Scandinavië. (f 0.60)
12. E. W. B. van den Muijzenberg, Technische hulpmiddelen in de tuinbouw in Frankrijk (The equipment of horticultural holdings in France). (*Uitverkocht*)
13. Ontwikkelingsdagen voor leerkrachten in tuinbouwtechniek op 8, 9 en 10 november 1950. (f 0.95)
14. G. W. van der Helm en E. W. B. van den Muijzenberg, De watervoorziening en de inrichting van tuinbouwbedrijven in Engeland (The water supply and further provisions on horticultural holdings in England). (f 0.30)
15. P. A. Spoelstra, Grondstomen (Steam sterilisation of soils). (*Uitverkocht*)
16. E. W. B. van den Muijzenberg, De kas als kweekmilieu (Influence of greenhouse on growth conditions). (*Uitverkocht*)
17. E. W. B. van den Muijzenberg, Tuinbouwtechniek in Duitsland (Horticultural equipment in Germany). (*Uitverkocht*)
18. E. W. B. van den Muijzenberg, e.a., De nevelspuit in de fruitteelt (Concentrate-spraying in orchards). (*Uitverkocht*)