

HET STERILISEEREN VAN GROND DOOR MIDDEL VAN STOOM.

DOOR

IR. M. W. POLAK.

INLEIDING.

Het steriliseeren van grond wordt in sommige gevallen toegepast, als middel ter bestrijding van een vermindering van den opbrengst. Over de invloeden die het steriliseeren onder bepaalde omstandigheden op de opbrengst van den bodem ten goede blijkt te kunnen uitoefenen, is nog betrekkelijk weinig met zekerheid vastgesteld. Deze invloeden, die op bacteriologisch, natuurkundig, plantkundig, phytopathologisch en scheikundig terrein gezocht kunnen worden, zullen hier niet besproken worden. Ik stel mij uitsluitend ten doel, de technische zijde van het vraagstuk te behandelen, waarbij ik tevens enkele proeven zal vermelden, die in 1917 op de kwekerij „de Roghorst” te Wageningen zijn genomen.

Een nadere bespreking van de technische zijde van het steriliseeren kan ook misschien daarom van nut zijn, omdat in de literatuur over dit onderwerp, hier en daar minder juiste voorstellingen voorkomen, die belemmerend zouden kunnen werken op een doelmatige toepassing van dit hulpmiddel.

De vraag, die ons in hoofdzaak zal bezighouden, is dus: Hoe kan men grond steriliseeren en hoe berekent men de kosten van deze bewerking?

METHODEN VAN STERILISATIE.

Afgezien van de chemische methoden, die ik hier buiten beschouwing laat, kunnen de volgende manieren worden toegepast.

I. *Verwarming van den grond door middel van een vuur.*

a. Door hout op den grond uit te spreiden en te verbranden.

2057583

Deze in Amerike toegepaste methode komt voor ons land niet in aanmerking en heeft bovendien het principieele nadeel, dat men plaatselijk ongewenscht hooge temperaturen krijgt.

b. Door het vuur niet direct met den grond in aanraking te brengen, maar te stoken op een rooster in een vuurhaard en de warmte van het vuur op den grond te doen afstralen. De geheele inrichting kan op wielen geplaatst worden, zoodat men telkens een ander stuk grond kan bewerken, door het toestel te verplaatsen. Behalve dat dergelijke werkwijzen zich in het algemeen meer leenen tot oppervlakkige sterilisatie heeft men ook hier de temperatuur niet voldoende in de hand. Overigens is deze methode (b.v. bij toepassing in kassen, o.a. met het oog op den afvoer der verbrandingsproducten) onpraktisch en kan dus verder buiten beschouwing blijven.

II. Door middel van stoomverwarming.

Deze methode heeft direct het groote voordeel, dat men een constante en praktisch bruikbare maximum temperatuur verkrijgt. Natuurlijk moet men over een stoomketel met eenige overdruk beschikken. Stoomsterilisatie wordt op de volgende drie manieren toegepast:

a. Door middel van de zogenaamde „steam rake”.

Dit is een toestel dat doet denken aan een hark, die inplaats van tanden buisjes heeft, die van onderen open zijn. Door deze buisjes, die in den grond worden gebracht, wordt stoom gevoerd, die dus in den grond wordt geblazen. De hark wordt langzaam verplaatst.

Deze manier heeft weinig toepassing gevonden en wel, naar wordt opgegeven, omdat er te veel stoomverlies plaats heeft. Dit is ook wel begrijpelijk. De stoom die b.v. 15 c.M. onder de oppervlakte, uit de buisjes in den grond treedt, zal natuurlijk de makkelijkste weg kiezen om te ontsnappen en zal dus grootendeels langs de vrijwel vertikaal in den grond staande buisjes een uitweg zoeken. Tusschen buisjes en grond zullen n.l., ook al tengevolge van het verplaatsen, vrij belangrijke openingen aanwezig zijn, waardoor de stoom zonder nut te hebben gesticht aan de oppervlakte komt en in de buitenlucht verdwijnt.

b. Door middel van de „inverted pan”.

Dit principe schijnt in Amerika (o.a. bij de tabakscultuur) veel met succes te worden toegepast. Het heeft het voordeel, dat het vrij eenvoudig is, vooral met het oog op het verplaatsen

der installatie; dit laatste is van belang, daar de stukken die men er mede bewerkt (b.v. 6 M²) klein zijn en men dus dikwijls moet verplaatsen om een eenigszins groot terrein te kunnen bewerken. De bedoelde methode kan in het kort als volgt nader worden beschreven.

Men neemt een houten (of gegalvaniseerd ijzeren) kist (pan) die ongeveer drie meter lang, twee meter breed en 15 c.M. diep wordt genomen en die aan één zijde open is. Een kist dus, die door middel van een deksel 3 M. lang en 2 M. breed zou kunnen worden afgesloten, maar waarvan dit deksel is weggelaten. Deze kist wordt nu met de open zijde naar onderen op den grond geplaatst. Wij krijgen dan boven den grond een geheel afgesloten ruimte, waarvan de onderwand door den grond wordt gevormd. In deze ruimte wordt door middel van een buis, die door een der zijwanden van de kist heen gaat en in die ruimte uitmondt, stoom toegelaten van uit een ketel van een (verplaatsbare) locomobiel. In de toevoerleiding bevindt zich een afsluiter om de toevoer van den stoom te regelen.

De binnentredende stoom condenseert onmiddellijk tegen den grond en de wanden van de kist. Door deze laatste van hout te maken of door middel van dekkleeden, die over de kist worden gelegd, te isoleeren, worden de uitstralingsverliezen zooveel mogelijk beperkt en zal de condensatie tegen de wanden van de kist grootendeels ophouden, zoodra deze op temperatuur zijn gekomen. De stoom zal nu in hoofdzaak haar warmte verder aan den grond afstaan (warmte die voornamelijk tengevolge van de condensatie vrij komt) en deze zal van boven af, langzamerhand dieper en dieper op temperatuur worden gebracht. Al naar gelang men een dikkere of dunnere laag wenschte te steriliseeren (en dit geldt ook voor de andere methoden) zal de bewerking langer of korter moeten worden volgehouden. De duur van de bewerking hangt verder af van de grootte van de kist in verhouding tot de grootte van de beschikbare ketel en van den tijd, die men de grond aan de sterilisatie temperatuur wenschte bloot te stellen. *)

*) E. J. RUSSEL en T. R. PETHERBRIDGE geven in de *Journal of agricultural science* Vol V 1912—1913 blz. 91 op, dat bij de hierbedoelde gedeeltelijke sterilisatie van grond door middel van stoom een temperatuur van 96°—98° gedurende twee uur het meest werkzaam is gebleken.

Men vindt daaromtrent echter vrij uiteenlopende opgaven. In: *Methods of soil sterilisation for Plantbeds and Greenhouses* door A. D. SELBY en J. G. HUMBERT (Ohio Agricultural Experiment Station circulaire 151) wordt opgegeven, dat een temperatuur van 82° tot 100° gedurende één uur of langer moet worden onderhouden.

In Amerika gebruikt men ook wel eens als criterium eenige aardappelen, die in den grond worden gestopt; als deze gaar zijn wordt de sterilisatie voldoende geacht.

Nadat de stoom lang genoeg is toegelaten sluit men deze af en laat men meestal de pan nog geruimen tijd staan, waardoor de grond minder warmte kan uitstralen en dus langer op temperatuur blijft, dan wanneer de pan direct wordt weggenomen.

Wil men op deze wijze toch geregeld kunnen doorwerken, dan is het noodig dan men over twee of drie van dergelijke pannen beschikt, waarvan er dan altijd één onder stoom kan staan; terwijl dus één pan aangesloten is op den ketel kan een andere pan verplaatst worden naar een nieuw te bewerken stuk, na eerst nog een tijd op zijn oorspronkelijke plaats te hebben gestaan, om de bovenbedoelde afkoeling tegen te gaan. Dit verplaatsen geschiedt door eenige mannen, die de pan met behulp van staven, die in daarvoor bestemde oogen worden gestoken, oplichten en wegdragen.

Men kan ook de pan voorzien van wielen, die met een hefboom omlaag kunnen worden bewogen en op deze wijze de pan lichten en wegrijden.

c. Door stoom te voeren door geperforeerde buizen, die onder den grond zijn aangebracht (ingegraven).

De buis, of het buizensysteem, wordt weer aangesloten op den stoomketel en de stoom treedt op vele plaatsen, door kleine gaatjes, in den grond die de buizen omringt. Het buizensysteem wordt dan (evenals de pan) telkens op een andere plaats gebracht. *) Dit verplaatsen gaat in het algemeen moeilijker dan bij de pan en het is bij keuze van het buizensysteem van veel belang er op te letten, dat het verplaatsen handig kan geschieden. Men heeft verschillende typen van buizensystemen geconstrueerd en proeven genomen welk aantal en welke lengte enz. de beste resultaten gaven, met het oog op het brandstofverbruik. Deze proefnemingen hebben m.i. weinig zin, *daar tal van buizensystemen volkomen gelijkwaardig zullen zijn in dit opzicht.* Indien er slechts aan voldaan is dat het systeem geen bijzondere aanleiding geeft tot afstaan van warmte aan diepere lagen (die men niet wenscht te steriliseeren) of tot andere warmteverliezen is overigens elke systeem, wat dit aangaat, even goed. Of men al of niet dwarsbuizen aanbrengt, of men de stoom op één of twee plaatsen toelaat en al dergelijke dingen zijn niet van principiële beteekenis. Ook de afmetingen van de buizen kunnen tamelijk veel uiteenloopen en moeten

*) In „The Fruit-Grower” wordt door Emplage een methode beschreven waarbij de grond en de geperforeerde buizen in een kist zonder deksel of bodem en met makkelijke losneembare wanden wordt gebracht en dan gesteriliseerd. Deze methode, die een verbetering zou zijn van de ook wel eens toegepaste manier om de grond naar een vaste put te brengen waarin een buizenstel, lijkt mij niet praktisch.

dit feitelijk ook, omdat deze verband houden met het gekozen systeem (de grootte van de ketel) de stoomdruk e.d.

Ook hier zal men, evenals bij de „panmethode”, eenige stellen tegelijk ter beschikking moeten hebben, om geregeld met steriliseeren te kunnen doorgaan.

Ten einde de moeilijkheden van het telkens verplaatsen te ontgaan, zou men kunnen overwegen een groot vast buizenstelsel onder den grond te leggen. Misschien zou het bij nieuwbouw van kassen, waar behoefte aan sterilisatie wordt verwacht zin hebben te trachten een vast buizensysteem aan te brengen, dat tevens voor andere doeleinden (toevoer van water, draineeren, geringe verwarming van den grond) gebruikt zou kunnen worden. Bij het steriliseeren van grond op de Roghorst, werd de geperforeerdebuismethode toegepast. Voor de keuze van het systeem, heb ik mij laten leiden door de bovenbedoelde eischen van eenvoud. Ik heb eenvoudig één lange geperforeerde buis gebruikt; de zijdelingsche verplaatsing van deze buis werd op zeer eenvoudige wijze mogelijk gemaakt, door direct achter de buisleiding die van de stoomketel naar de kas voerde, twee rechtopstaande buizen aan te brengen, die scharnierend door kniestukken waren verbonden en op deze wijze een soort „passer” vormden. (zie pl. IX). Het uiteinde van het eene been van de vertikaal staande „passer” was (scharnierend) verbonden aan de buis die van den ketel kwam en bleef (op den grond) op zijn plaats, terwijl aan het uiteinde van het andere been (ook draaibaar) de buis verbonden was, die voor het steriliseeren diende en iets in den grond was ingegraven. Deze laatste buis stond dus loodrecht op het vlak dat door de beenen van de „passer” kan worden gebracht en lag horizontaal in de lengterichting van de kas. Wenschte men nu deze buis in breedte richting te verleggen, dan werden de beenen van de „passer” meer of minder ver van elkaar gebracht. Op deze wijze kon men elke gewenschte plaats in breedte richting bereiken.*)

Wil men in lengterichting van de kas verder gaan met steriliseeren, dan moet in de toevoerleiding van de ketel een nieuw

*) De gebruikte buis voor het steriliseeren was 8,5 M. lang had 2,5 c.M. inwendige diameter en was op afstanden van 20 c.M. voorzien van gaatjes die ongeveer 3 m.M. wijd waren. De gaatjes lagen onder. De wijdte van de buizen moet zoodanig zijn, dat de verdeeling van de stoom over de verschillende gaatjes regelmatig is. Het spreekt vanzelf, dat dit niet het geval is, als men de buizen lang en nauw en de gaatjes groot kiest. De gaatjes moeten behoorlijk klein zijn (al te klein zou aanleiding kunnen geven tot verstoppingen) terwijl de wijdte van de buizen overigens verband houdt met de grootte van den ketel de lengte van de buizen e.d. De wijdte der buizen is dus in het algemeen moeilijk aan te geven en zal voor elk systeem afzonderlijk moeten worden gekozen.

stuk buis worden ingekoppeld. Iets dergelijks moet men echter bij andere systemen ook doen.

III. *Door middel van verwarmde lucht.*

Deze manier, die voor zoover mij bekend is, niet voor sterilisatie wordt toegepast, heeft het bezwaar dat de lucht eerst verwarmd moet worden (wat met verliezen gepaard gaat) dat men een vermoedelijk niet onbelangrijke ventilatorinrichting en wijd buizenstelsel noodig heeft en dat de overdracht van warmte van lucht op grond veel moeilijker gaat dan van stoom op grond. Door genoemde en andere bezwaren zal deze methode dus wel geen toepassing vinden en zou er alleen aan kunnen worden gedacht, indien de maximum temperatuur laag zou moeten zijn of de grond droog zou moeten blijven.

BEREKENING VAN DE BENOODIGDE HOEVEELHEID WARMTE.

De theorie van het vraagstuk is vrij eenvoudig. Het einddoel is een zekere hoeveelheid grond op bepaalde temperatuur (b.v. 90° à 100°) te brengen en eenigen tijd op temperatuur te houden. Gebruikt men stoom, dan is (afgezien van warmteverliezen door uitstraling geleiding e.d.) de hoeveelheid benodigde stoom noodig om een bepaald quantum grond, waarvan de eigenschappen bekend zijn, te steriliseeren, eenvoudig te berekenen. Deze theoretische hoeveelheid, die onafhankelijk is van de te volgen methode, moet echter worden gecorrigeerd door het in rekening brengen van de warmteverliezen, die ontstaan doordat warmte wordt afgestaan aan diepere lagen en aan de buitenlucht, zoowel gedurende het op temperatuur brengen als gedurende het op temperatuur houden van den grond. Het te kiezen systeem van werken zal met het oog op de economie, moeten voldoen aan den eisch, dat bedoelde verliezen zoo klein mogelijk zullen zijn. Wij zullen nu eerst de theoretische hoeveelheid berekenen en dan de verliezen in rekening brengen. Dit laatste kan men op twee manieren doen. Men kan de theoretische hoeveelheid met een zeker getal vermenigvuldigen (een getal dat op grond van proefneming moet worden bepaald) of men kan bij de theoretische hoeveelheid een bepaald bedrag optellen. (ook proefondervindelijk te bepalen). Hoewel beide manieren, omdat zij gebruik maken van een proefondervindelijk te bepalen getal, dat onder bepaalde omstandigheden wordt gevonden en voor afwijkende omstandigheden (b.v. de duur van de bewerking) een andere waarde zou moeten hebben, onzuiver zijn, meen ik toch dat

laatste manier meer kans biedt om een bruikbare praktische formule te krijgen, dan de eerste. Vermenigvuldigt men n.l. de theoretische hoeveelheid met een bepaald getal, dan wil dit feitelijk zeggen dat men de warmteverliezen evenredig stelt met de theoretische hoeveelheid. Daar, zooals blijken zal, deze laatste in hoofdzaak afhangt van soortelijke warmte en soortelijk gewicht van den grond en diepte van bewerking en de warmteverliezen met deze grootheden volstrekt niet evenredig zullen zijn, is vermenigvuldigen m.i. ongewenscht. Telt men bij de theoretische hoeveelheid b.v. per M^2 een bepaald getal op, dan neemt men feitelijk aan, dat de verliezen per M^2 constant zijn. Ook dit is natuurlijk niet het geval; maar, daar de warmteverliezen in hoofdzaak afhangen van grootheden die in verschillende gevallen niet zeer ver uiteen zullen loopen en vooral niet als men ongeveer een zelfde werkwijze volgt, zal ik deze methode volgen om tot een eenvoudige praktische benaderingsformule te geraken.

De theoretische hoeveelheid stoom, noodig voor het steriliseeren van 1 M^2 oppervlakte, kan als volgt worden bepaald.

Noem de dikte van de laag die men wenscht te steriliseeren d , het aantal graden dat men den grond wenscht te verhitten t , het soortelijk gewicht van den grond s en de soortelijke warmte c^*) dan is het aantal KG. caloriën dat men per M^2 noodig heeft

$$Q = 10 d s c t \quad (1)$$

waarbij de dikte d uitgedrukt is in c.M.

Deze dikte van de te bewerken laag moet naar behoefte worden aangenomen en zal b.v. 30 a 40 c.M. kunnen bedragen. De temperatuur t , zal ongeveer tusschen 90^0 en 100^0 kunnen worden gesteld, terwijl s en c moeten worden bepaald. Dit laatste kan zonder veel moeite geschieden.

Voor onze berekening kan s voldoende nauwkeurig worden bepaald door eenige malen een bepaald volume grond (in den toestand zooals hij voorkomt) te wegen. Het gewicht van een liter grond in K.G., geeft het hier bedoelde getal s .

Voor de bepaling der soortelijke warmte, die, ook in verband met de vochtigheidstoestand, in verschillende gevallen nog al uiteen kan loopen, heb ik bij de proeven op de Roghorst de volgende eenvoudige methode toegepast, waarbij men slechts eenvoudige hulpmiddelen noodig heeft.

In een maatglas werd een bepaalde hoeveelheid water (b.v. 150 c.M³) van bepaalde temperatuur geschonken. Al roerende

*) Soortelijke warmte en S. G. beide genomen van den grond, zooals deze op het moment van steriliseeren is.

met de thermometer laat men dit enkele graden afkoelen (b.v. tot juist 80°). Op dit moment wordt, altijd langzaam roerende, een zekere hoeveelheid grond (b.v. 50 gram) in het water gebracht. Na één, twee, drie en vier minuten wordt de temperatuur afgelezen en genoteerd.

Daarna herhaalt men de proef, *letterlijk op dezelfde wijze*, alleen met dit verschil, dat men in plaats grond, water toevoegt van dezelfde temperatuur als de grond bij de eerste proef. De hoeveelheid water *regelt men zoodanig* dat na één minuut dezelfde temperatuur wordt bereikt als bij de eerste proef; voor controle leest men dan ook nog de temperatuur na twee, drie en vier minuten af. Als de temperaturen der beide proeven goed met elkaar kloppen, dan kunnen wij zeggen, dat bij de eerste proef de grond precies evenveel warmte heeft opgenomen als het water dat bij de tweede proef is toegevoegd, terwijl ook de temperatuur van beide evenveel is gestegen. Deelt men dus het gewicht van het bijgevoegde water, door het gewicht van de hoeveelheid grond, dan vindt men de soortelijke warmte van den grond. Men heeft hier feitelijk bepaald met hoeveel water een bepaalde hoeveelheid grond bij deze proeven equivalent was.*)

Willen wij nu het aantal KG. stoom S_t kennen, dat theoretisch voor de sterilisatie van 1 M² noodig is en bedenken wij dat 1 KG. stoom afgekoeld tot water van ongeveer 100°, circa 550 caloriën kan leveren, dan kunnen wij in verband met (1) schrijven

$$S_t = \frac{Q}{550} = \frac{10 \text{ d s c } t}{550} \quad (2)$$

Stellen wij t die tusschen 90 en 100° zal liggen eens 96°, dan vinden wij ongeveer:

$$S_t = 1,75 \text{ d s c} \quad (3)$$

Het aantal KG. stoom dat *praktisch* noodig is, S_p noemende vinden wij:

$$S_p = 1,75 \text{ d s c} + V \quad (4)$$

waarin V dan het aantal KG. stoom voorstelt dat per M² op

*) Boven beschreven methode ter bepaling van de soortelijke warmte zonder gebruik te maken van een calorimeter, gaf nauwkeuriger uitkomsten dan ik verwachtte. Ten einde de nauwkeurigheid dezer methode nader te toesten, heb ik dank zij de welwillende hulp van Prof. Dr. D. v. GULIK, de uitkomsten volgens deze manier kunnen vergelijken met een calorimetrische bepaling. Voor kopervijzel (een stof die beter dan grond geschikt is voor calorimetrische bepaling) vond ik een s.w. van 0,094, terwijl Prof. v. GULIK (calorimetrisch) 0,095 vond.

Opgemerkt kan nog worden, dat men, in plaats van een bepaald *gewicht* grond, bij bovenstaande methode toe te voegen, ook met een bepaald *volume* zou kunnen werken. Men zou dan direct het product $s c$ kunnen bepalen.

rekening van de verliezen moet worden gesteld. Volgens proeven op de Roghorst genomen kan V , bij flink doorgesteriliseerde grond, op ongeveer 17,5 KG. worden gesteld, een getal dat geenszins aanspraak maakt op groote nauwkeurigheid, o.a. omdat de waarde van d waarmede gewerkt is moeilijk precies is vast te stellen. De eindformule voor S_p wordt dus:

$$S_p = 1,75 d s c + 17,5 \quad (5)$$

Noemen wij nu het aantal KG. steenkolen dat per M^3 praktisch noodig is K en nemen wij aan, dat de ketel zeventvoudige verdamping heeft (d. w. z. met 1 KG. kolen maakt men 7 KG. stoom) dan vinden wij voor K :

$$K = \frac{d s c}{4} + 2,5 \quad (6)$$

Bij de proeven op de Roghorst was d ongeveer 40 c.M. s was 1,2 en c was 0,35 zoodat voor K gevonden wordt 6,7 KG.

Het aantal KG. stoom per M^3 noodig bedroeg bij de hier bedoelde proef ongeveer 47 KG.

Het kolenverbruik *zal gunstig kunnen worden beïnvloed* door te zorgen dat de grond zoo droog mogelijk is, daar vochtige grond een hogere soortelijke warmte heeft dan droge; indien de grond in goede kruimelachtige toestand verkeert, zal dit *een gunstige invloed* op de grootte der verliezen hebben, omdat de warmte zich dan gelijkmatig kan verdeelen.

Na bovenstaande uiteenzettingen is het misschien gewenscht enkele der m. i. minder juiste denkbeelden te vermelden die in verschillende artikelen over sterilisatie tot uiting komen.

Belangrijk is, dat door verschillende schrijvers wordt opgegeven dat de stoomdruk vooral niet te laag mag zijn. Deze bewering dat de stoomdruk b.v. niet minder mag bedragen dan 5 atmosfeeren *is volkomen ongemotiveerd*. Aannemende dat voor de sterilisatie geen hogere temperaturen dan 90° tot 100° vereischt worden, is de temperatuur van verzadigde stoom van atmospherischespanning (100°) al voldoende; de overdruk die de stoom in den ketel moet hebben is dan alleen noodig om het vereischte quantum door de buizen te drijven en de weerstanden, die bij het snel stroomen door betrekkelijk nauwe leidingen optreden, te overwinnen. Heeft men toevallig een ketel met hooge spanning ter beschikking dan zou men met nauwere (en dus goedkoopere) toevoerleidingen kunnen volstaan, dan wanneer de ketel slechts voor lage druk geschikt was. Moet men echter de ketel speciaal voor het steriliseeren aanschaffen dan zal men natuurlijk een ketel voor lage druk nemen, omdat de ketel zelf dan goedkooper kan zijn. Indien men de buisleidingen behoorlijk kiest is er m.i.

geen enkel bezwaar om met een overdruk van b.v. één atmosfeer een goed werkende installatie te verkrijgen.

In Farmers' Bulletin 996, Juli 1918, vindt men b.v. een artikel over „Steam Sterilisation” waar op blz. 11 wordt gezegd: „It is desirable to maintain a pressure in the boiler of 100 pounds and if pressure drops below 70 pounds the steam should be shutt off, as this is the minimum of succesfull sterilisation. Steam of high pressure has much greater penetrating power than steam of low pressure....” enz.

Vermoedelijk heeft de schrijver bij een of andere bepaalde proefneming opgemerkt, dat bij lager stoomdruk dan 70 pond (per vierkante Engelsche duim) het werk niet goed vlotte en de stoom moest worden afgesloten. Het kan echter zeer goed zijn, dat dit noodig was omdat de ketel te klein was in verhouding tot de daarop aangesloten pan. Als een ketel veel stoom moet leveren (d. w. z. meer dan met de grootte van het verwarmend oppervlak overeenkomt) daalt de spanning en kan de stoker, zooals de term luidt, geen stoom meer houden. Een *grootere* ketel, (ook met *minder* druk) zou echter dan met zeer veel succes het werk wel vlug genoeg hebben kunnen doen. Het zou dus totaal onjuist zijn het niet vlotten van het werk in een dergelijk geval te wijten aan het dalen van den stoomdruk; de te geringe grootte van de ketel is in het hier bedoelde geval uitsluitend de fout van de installatie.

Ook de bewering dat stoom van hooge druk meer „penetrating power” zou hebben is curieus; deze uitspraak doet vermoeden dat de schrijver meent, dat ook in de pan een dergelijke hooge stoomdruk zou heerschen. In werkelijkheid kan in de pan praktisch totaal geen overdruk van eenige beteekenis heerschen. Niet alleen is dit te begrijpen, uit het feit dat de stroom onmiddellijk tegen den grond condenseert, maar dit blijkt bovendien als men bedenkt dat een overdruk van ongeveer $\frac{1}{600}$ atmosfeer in de pan, al in staat zou zijn een dergelijke pan op te lichten.

Men moet zich dus door soortgelijke redeneeringen over een bepaalde minimum stoomdruk die noodig zou zijn niet op een dwaalspoor laten brengen.

Dezelfde schrijver merkt op blz. 6 nog iets op dat ook niet getuigt van inzicht in hetgeen er gebeurt. Hij zegt: „Where there is frost in surface soil the steam does not penetrate more than a few inches, because of the condensation of the steam in the cold ground.” Dit is natuurlijk totaal onjuist, het is juist de condensatie van de stoom, die wij noodig hebben en die het verwarmen van den grond bewerkt. Als de grond wat bevroren is zal het steriliseeren wat langzamer gaan en er zal wat meer

warmte noodig zijn (de theoretische hoeveelheid zou b.v. nog met de warmte noodig om het ijs te smelten moeten worden vermeerderd, maar overigens is er geen enkel verschil. Ook op de Roghorst was de grond eenigszins bevroren.

De grootte van het stoomverbruik werd in de literatuur die ik tot mijn beschikking had nooit behoorlijk opgegeven. Gewoonlijk werd alleen de grootte van de ketel die gebruikt werd (en dan nog op onduidelijke wijze) aangegeven, zonder dat werd opgegeven of die ketel zwaar of licht belast werd.

Wie een inrichting voor sterilisatie wenscht te maken, moet eerst bepalen hoeveel stoom hij ongeveer per M^2 noodig heeft, waarvoor formule (5) dienen kan en daarna in verband met de oppervlakte die men bewerken moet, vaststellen hoeveel M^2 per uur men wenscht te steriliseeren. Men vindt dan een bepaald stoomverbruik per uur en kan, aannemende dat per M^2 verwarmend oppervlak van den ketel b.v. 20 KG. stoom per uur kan worden geleverd, de grootte van den ketel vaststellen. Heeft men omgekeerd een bepaalde ketel ter beschikking, dan kan men uitrekenen hoe lang het werk ongeveer zal duren. De inrichting voor het steriliseeren, buizensysteem of pan, en de grootte van de oppervlakte die men tegelijk bewerken wil, moet zoodanig worden gekozen, dat men regelmatig kan doorwerken en afmetingen hebben geschikt voor de te bewerken kassen.

Behalve het reeds besprokene zijn er nog verschillende andere onduidelijke of minder juiste opgaven (b.v. dat de buizen een bepaalde lengte niet mogen overschrijden, dat de tijd noodig om den grond op temperatuur te brengen afhangt van de ketelspanning, terwijl deze afhangt van de grootte van den ketel in verhouding tot de grootte van pan of buizensysteem.) in de literatuur te vinden, die verwarring kunnen stichten; het zou te ver voeren dit gedetailleerd te bespreken. Vermoedelijk zijn deze ontstaan, doordat niet technisch onderlegde proefnemers, aan verschijnselen die zij toevallig bij hun proeven opmerkten een beteekenis hebben toegekend, die aan deze verschijnselen niet toekomt.

PROEVEN OP DE ROGHORST.

Deze proeven, die op voorstel van den heer Schoevers, door het Instituut voor Phytopathologie werden genomen om te onderzoeken of sterilisatie bruikbare resultaten opleverde om „tomatenmoede grond” te verbeteren, waren opgezet naar aanleiding van potproeven vroeger door Dr. Goslings genomen en beschreven in de Mededeelingen an de R. H. L., T.- en B.-School.

De directeur van „de Roghorst”, de heer Boerema, verleende bij de proeven zijn welwillende medewerking, terwijl mij was verzocht het technische deel der proefneming te leiden.

Over de uitkomst dezer proeven met het oog op de opbrengst van de tomaten, wil ik alleen mededeelen, dat deze volgens den heer Boerema bevredigende resultaten opleverden. De proeven die echter nog moesten worden voortgezet om daaromtrent meer gegevens te verzamelen, werden tengevolge van de kolen-nood onderbroken. Zij zullen later wel van Phytopathologische zijde nader worden besproken.

Wat het systeem van steriliseeren betreft werd, zooals reeds op blz. 5 is vermeld, de geperforeerde buizenmethode toegepast. Hieraan kan nog het volgende worden toegevoegd. De 8,5 M lange buis werd op den grond gelegd (bij sommige proeven iets ingegraven) en met grond bedekt die terweerszijde werd uitgegraven zooals fig. 1 aangeeft. Wenscht men b.v. een strook van 1.40 Meter breedte te steriliseeren dan wordt de grond aan weerskanten van de buis te beginnen op ongeveer 35 c.M. afstand op de gewenschte diepte en over een breedte van 35 c.M. uitgegraven en op de buis gebracht, zoodat deze ongeveer centraal in de te steriliseeren grond komt te liggen. Het al of niet ingraven van de buis B, hangt samen met het feit of de grond onder de buis moeilijk of makkelijk de warmte opneemt. Is deze grond wat vaster (wat liefst niet moet voorkomen) dan moet de buis iets worden ingegraven.

De bedoeling van de gevolgde werkwijze is, de warmteverliezen zooveel mogelijk te beperken door het oppervlak waardoor de verliezen plaats hebben klein te maken in verhouding tot de massa die tegelijk bewerkt wordt.

Als stoomketel werd gebruik gemaakt van de locomobiel van Duivendaal (zie plaat IX) terwijl de sterilisatiebuis door middel van de vroeger beschreven „passer” met de stoomtoevoerleiding was verbonden. De ketel bleek niet in staat te zijn de hoeveelheid stoom per uur te leveren, die onder normale omstandigheden van een ketel van deze grootte geëischt kan worden, zoodat de sterilisatie langzamer werd dan verwacht werd. Door de stoomaanjager bij te zetten werd hierin eenige verbetering gebracht, maar dit had weer het nadeel, dat de bepaling van het stoomverbruik daardoor werd bemoeilijkt.

Ten einde na te gaan hoe de grond rondom de centraal liggende buis werd verwarmd, werd nog een speciale proef genomen, die door fig. 2 wordt verduidelijkt.

In de punten 1, 2, 3 en 4 die in een vertikaal vlak zijn gelegen en in de punten A, B, C en C gelegen in een vertikaal vlak op korten afstand van het eerste, werden thermometers gebracht, die de

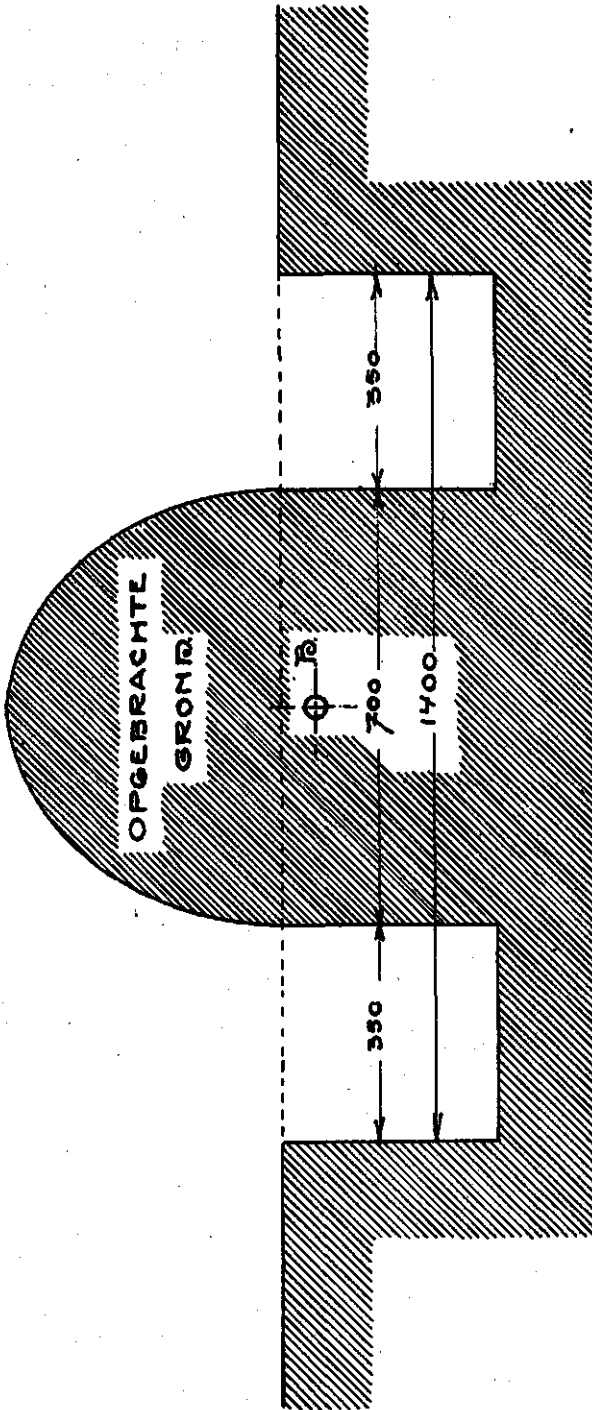


Fig. 1.
De bij de proeven op „de Roghorst“ gevolgde werkmethode.

temperatuur van den grond op die plaatsen aangaven. 1, A, 4 en D lagen op een cirkel met de buis als middelpunt 2, B, 3 en C op een cirkel met halve straal. De proef kon wegens tijdgebrek niet zoover worden doorgezet dat ook de punten op de

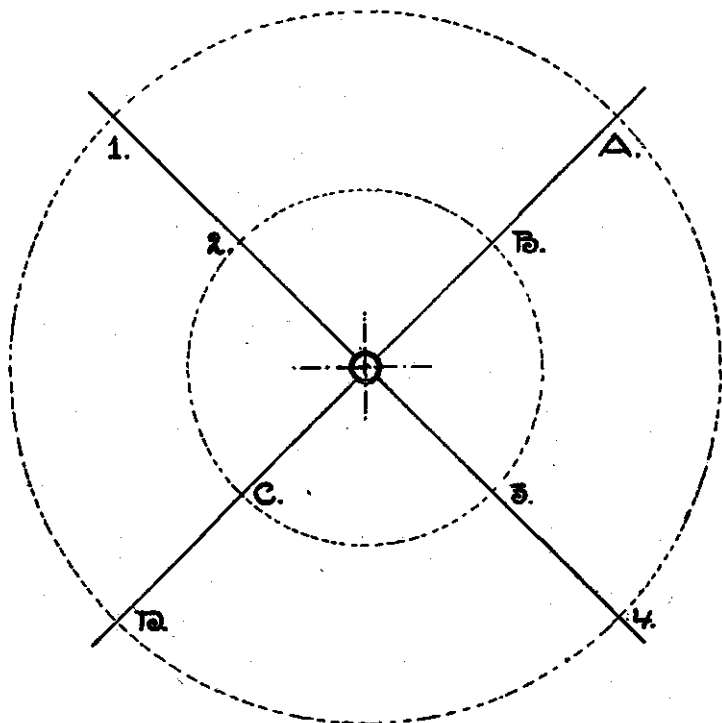


Fig. 2.

groote cirkel voldoende verwarmd werden terwijl doordat de grond zich eenigszins zette, 1 en ook A tegen het eind van de proef niet of nog slechts onvolledig met den grond in aanraking waren. De volgende cijfers, die verkregen werden geven er echter een denkbeeld van hoe de warmte zich in verschillende richtingen voortplantte.

TEMPERATUREN.

Tijd	1	2	3	4	A	B	C	D
1.30	1	$\frac{1}{2}$	1	2	1	$\frac{1}{2}$	2	$1\frac{1}{4}$
1.50	1	$\frac{1}{2}$	1	2	1	$\frac{1}{2}$	2	$1\frac{1}{4}$
2.00	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	65	2	$1\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$13\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$
2.15	1	$\frac{1}{2}$	65	2	$1\frac{1}{2}$	4	$34\frac{1}{2}$	1
2.30	$1\frac{1}{4}$	5	$77\frac{1}{2}$	2	2	15	57	1
2.45	1	21	85	2	2	$24\frac{1}{2}$	84	1
3.00	1	37	$87\frac{1}{2}$	2	2	44	90	1
3.15	$\frac{3}{4}$	68	85	2	2	$58\frac{1}{2}$	93	$1\frac{1}{2}$
3.30	$\frac{1}{2}$	97	88	$2\frac{1}{2}$	2	95	84	$2\frac{1}{4}$
3.45	$\frac{1}{2}$	$99\frac{1}{2}$	88	3	$1\frac{1}{2}$	$98\frac{1}{2}$	92	3
4.00	$\frac{1}{2}$	99	81	$4\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	99	94	6
4.15	—	99	89	$5\frac{1}{2}$	1	100	96	—
4.30	—	99	98	8	1	98	96	15
4.45	—	99	94	12	2	100	94	25
5.00	—	100	94	22	5	100	100	35

Uit de gevonden cijfers blijkt dat in groote trekken wel gezegd mag worden, dat de warmte zich centraal om de buis, zij het niet geheel gelijkmatig, in alle richtingen voortplant. Daar de gaatjes waardoor de stoom ontsnapt eenzijdig (hier aan den onderkant) waren geplaatst, zou het, hoewel niet waarschijnlijk, nog mogelijk zijn geweest, dat hiervan belangrijke invloed te bemerken was. Het blijkt echter, hoewel de hooger gelegen symetrische punten 2 en B wat achter blijven bij de lagere 3 en C dat dit verschijnsel, in verband met het langzaam verloop van de proef, niet van veel beteekenis is. Uit andere proeven bleek, dat de vastheid van den grond wel merkbaren invloed heeft, zoodat men bij de hier gevolgde werkwijze, indien de grond niet zoo los ligt, beter doet de buis iets dieper te leggen; de grond die over de buis heen geworpen wordt en daardoor lossier ligt, zal in het algeneen misschien iets te snel op temperatuur komen, wanneer men de buis, wat het eenvoudigste is, direct op den grond legt. Bij de proef, waarbij de tabel behoort, was dit niet gebeurd, maar was de buis hier en daar door een baksteen ondersteund.

Het waarnemen van de temperaturen, in de tabel verzameld, bood nog eenige moeilijkheid. Indien men niet beschikt over zeer lange en daarvoor ingerichte thermometers, moet men de thermometers in daarvoor gemaakte gaten laten zakken tot

op de gewenschte plaats. Bij het uithalen van de thermometers zou de aflezing echter volkomen onzuiver kunnen worden, omdat de thermometer met de koudere of warmere lagen in aanraking kan komen en bovendien in de buitenlucht te snel kan dalen. Dit bezwaar werd op eenvoudige wijze ondervangen, door het kwikreservoir met kurk te omhullen, waardoor de thermometers voldoende traag werden.

Op de Roghorst werd totaal gesteriliseerd 50 M³ grond. Een gedeelte daarvan was versch ingebrachte grond een ander gedeelte moede grond; bovendien bleef een deel moede grond ongesteryliseerd. Het steriliseeren der versche grond (die echter minder intens was gesteriliseerd) had ten doel na te gaan of daarvan nog invloed ten goede of ten kwade was te bespeuren. Op een stuk moede grond van 8,5 M³ dat het meest intensief bewerkt werd, en waarbij de te steriliseeren laag nog met riet was bedekt, werd in 2 $\frac{3}{4}$ uur een stoomverbruik geconstateerd van 400 KG. Zooals reeds gezegd werd, leverde de ketel te weinig stoom per uur. Indien men in de praktijk behoorlijk wil kunnen doorwerken zal men over een dergelijk stuk veel korter moeten doen. Dit kan ook makkelijk als men bedenkt, dat een ketel van 20 M³ V. O. in een uur tijd bovenbedoelde hoeveelheid stoom kan leveren.

DE KOSTEN VAN HET STERILISEEREN.

Wat de kosten betreft, deze zijn niet in het algemeen op te geven, daar zij te veel van plaatselijke toestanden afhangen en bovendien op het oogenblik begrootingen moeilijk te maken zijn en slechts tijdelijke waarde hebben. In het reeds genoemde Farmer's Bulletin 996 van Juli 1918, geeft Beinhart enkele prijzen op, waarvoor in Amerika het steriliseeren wordt aangenomen. Soms wordt alleen de ketel met stoker gehuurd, terwijl soms ook pan en brandstoffen zijn inbegrepen. Een dollar op f 2.50 stellende liggen deze prijzen berekend per M³ te bewerken oppervlakte, tusschen f 0,14 en f 0.28. Gemiddeld wordt daar per dag van 10 uur werken 90 M³ gesteriliseerd. Hij rekent het brandstof verbruik op 5,5 KG. per M³. A. D. Selby and J. G. Humbert geven in het reeds vermelde artikel van 15 Jan. 1915 de volgende (*relative*) kostenberekening.

„Estimating that pans and pipes last five years, that labor costs \$ 2.00 per day coal \$ 3.50 per ton, and that ten houses are sterilized every year, it wil cost to treat one house 30 × 100 feet (3.000 sq. ft. in area) approximately as follows:

By Perforated Pipe Method:

Charge for deprecation of system per house per year	\$ 0.40
Fuel 2 tons coal at \$ 3.50 per ton	\$ 7.00
Labor, 2 men 2 days	\$ 8 00
Total (3.000 sq. ft.)	\$ 15.00

By Inverted Pan Method:

Charge for deprecation of pans per house per year	\$ 1.20
Fuel, 2 tons coal at \$ 3.50 per ton	\$ 7.00
Labor, 2 men 1 day	\$ 4.00
Total (3.000 sq. ft.)	\$ 12.20

By Formaldehyde Drench Method:

Material only to drench 1 house (3000 sq ft.)	\$ 21.00
---	----------

Op deze wijze zou men komen tot 13,5 cent per M² voor de buizen en 11 cent voor de pan-methode per M². Behalve dat de prijzen hier laag zijn aangenomen, is bovendien niets in rekening gebracht voor afschrijving en rente voor de ketel, zoodat het verschil met de vorige opgave mede hierdoor kan worden verklaard. De vergelijking die in het voordeel van de pan uitvalt, lijkt, mij echter bovendien niet zuiver, immers het is moeilijk aan te nemen dat het verschil in arbeid bij beide methoden zoo groot is als hier wordt opgegeven. Zeer zeker eischt de pan-methode vermoedelijk minder arbeid voor het verplaatsen, maar de meeste pannen moeten worden verplaatst door vier man. Gesteld dat men één man voor stoken en toezicht voortdurend in bedrijf heeft, dan moet men *bij tusschenpoozen* van b.v. 40 minuten drie man beschikbaar hebben om te helpen, een systeem van werken dat ook zijn bezwaren heeft.

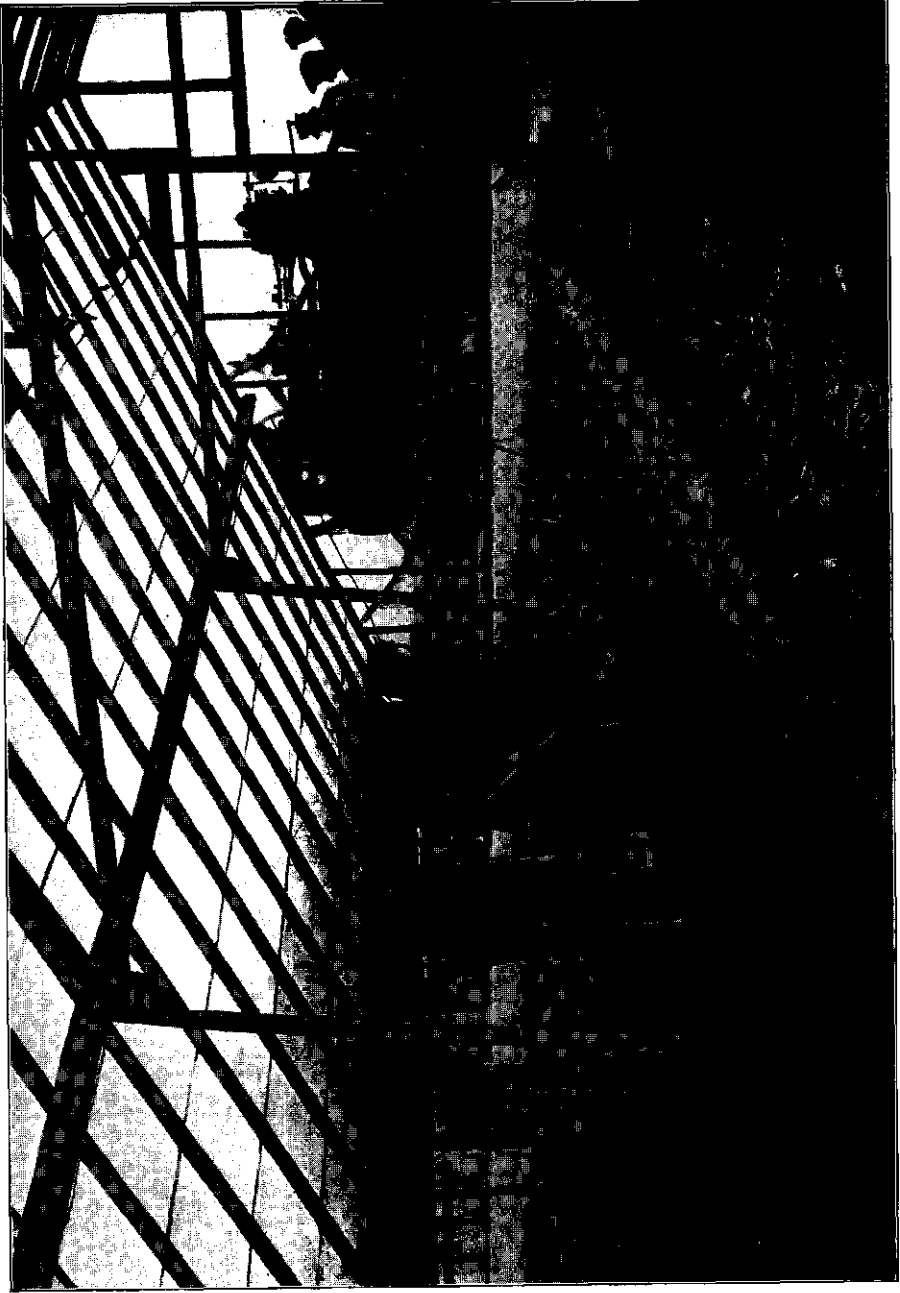
Verder doet de opgave vermoeden, dat met de buizen twee dagen is gewerkt en met de pan één dag. Indien de ketel bij beide manieren regelmatig en goed belast was. (en dit moet worden nagestreefd) blijkt hieruit, dat hier in beide gevallen b.v. niet met dezelfde ketel zou zijn gewerkt, waardoor de vergelijking onzuiver wordt. Verder betwijfel ik of het brandstof-verbruik bij beide methoden wel even groot mag worden gesteld. Hoewel proeven dit zouden moeten uitmaken, komt het mij voor, dat bij de pan de warmteverliezen groter zullen zijn dan bij de buizen. Niet alleen moet de pan zelf verwarmd worden maar bij de pan-methode is er een groter afkoelend oppervlak, dat bovendien spoedig temperatuurverschil met de omgeving heeft. Opgemerkt kan nog worden dat het kolenverbruik per M² volgens bovenstaande opgaven, ongeveer 7.20 KG. per M² zou zijn geweest.

Wil men een raming van de kosten van sterilisatie maken ten einde b.v. te kunnen nagaan of dit voor- of nadeeliger is dan het inbrengen van nieuwe grond, een berekening, die volstrekt niet

altijd dezelfde uitkomst zal behoeven te geven, dan kan men als volgt te werk gaan.

Het systeem van werken kan in verband met de op blz. 101 gegeven opmerkingen voorloopig worden aangenomen. Het brandstofverbruik per M^2 te bewerken oppervlakte kan volgens formule (6) worden bepaald en in verband met de brandstofprijzen (formule (6) geldt echter voor steenkolen) is dus de brandstoffen rekening bekend. Dan moet men rente en afschrijving voor ketel leidingen en buizen, of pan, ook per M^2 in rekening brengen en dan nog de bedieningskosten per M^2 . Vooral de post voor afschrijving van ketel enz. zal vrij sterk kunnen variëren, ook natuurlijk in verband met het feit of de ketel ook nog voor andere doeleinden te gebruiken is. De grootte van den ketel moet met overleg worden vastgesteld in verband met den tijd die men totaal aan het steriliseeren mag besteden. Stelt men dien tijd noodeloos kort, zoodat men een zeer groote ketel noodig heeft, dan worden de onkosten per M^2 ook noodeloos hoog. Bij de berekening van de kosten van het inbrengen van nieuwe grond moet men natuurlijk eveneens afschrijving en rente voor materiaal (kipkarren, rails, e.d.) in rekening brengen behalve de kosten voor paarden en werkloun. Ook het feit, dat men terrein beschikbaar moet houden mag niet buiten beschouwing blijven. De kosten van dit werk zullen natuurlijk sterk beïnvloed worden door de afstand waarover men de grond vervoeren moet. Overigens zullen de kosten per M^2 in een bepaald geval niet sterk afhankelijk zijn van het aantal M^2 dat men bewerkt; bij stoomsterilisatie zal dit eerder het geval zijn omdat b.v. de ketelprijzen volstrekt niet evenredig stijgen met de grootte van den ketel.

Van zeer groote beteekenis is natuurlijk de vraag: Wat is *beter*, steriliseeren of nieuwe grond inbrengen? En ook de vraag: Is het niet mogelijk op een of andere wijze het ziek worden van den grond te *voorkomen*? Op deze vragen zal hier niet nader worden ingegaan, maar wel kan nog worden opgemerkt, dat daar waar men meent tot sterilisatie te moeten overgaan, het van groot belang is zich te verzekeren van bevoegde technische voorlichting, daar het al of niet doelmatig inrichten van de installatie en het aanpassen aan de plaatselijke omstandigheden, belangrijke invloed kan uitoefenen op kosten dezer bewerking.



Het steriliseeren van grond op „de Roghorst”,
Van af de buiten de kas staande locomobiel, gaat de stoom door de buizen A en B naar de lange sterilisatiebuis,
die onder den grond ligt.