

BESCHRIJVING VAN PROEFNEMINGEN OP LABORATORIUM-,
SEMI-TECHNISCHE- EN TECHNISCHE SCHAAL MET EEN
VERSNELD VLASROOTPROCÉDÉ

DOOR IR. J. J. GHIJSEN

MEDEDEELING No. 64 VAN HET VEZELINSTITUUT T.N.O.

INHOUD :

1. INLEIDING.
2. LABORATORIUMPROEVEN.
 - A. Entrotingen met *Bacillus felsineus*.
 - B. Entrotingen met *Plectridium pectinovorum*.
 - C. Entrotingen met geaëreerd rootwater.
 - a. Algemeene beschouwingen.
 - b. Proefnemingen aangaande het entroot-procédé.
 - c. Proefnemingen aangaande het aëratieproces.
3. PROEVEN OP SEMI-TECHNISCHE SCHAAL.
4. PROEVEN OP TECHNISCHE SCHAAL.
5. ALGEMEENE OPMERKINGEN.
6. NABESCHOUWING.

SAMENVATTING EN CONCLUSIE:

1. *Uitgaande van laboratoriumproeven werd een vlasrootprocédé uitgewerkt, waarbij het te roten vlas wordt geënt met een zekere hoeveelheid, van een vorige rotting afkomstig, rootwater, dat te voren aan een aëratie is onderworpen.*
2. *Bij proefnemingen op semi-technische schaal kon met deze werkwijze een rootduurverkorting van ruim 40% worden verkregen ten opzichte van den rootduur, welke wordt waargenomen bij toepassing van de gewone warmwaterrootmethode. Deze rootduurverkorting bleek bij proeven op technische schaal 20% te bedragen.*
3. *De duur van het aëratieproces bedroeg bij de praktijkproeven gemiddeld 35 uren.*
4. *Experts op vlasgebied waren van oordeel, dat de kwaliteit van het aldus verkregen vlas, op het oog beoordeeld, ongeveer gelijk is aan die van hetzelfde vlas, verkregen volgens het gewone warmwaterrootprocédé.*
5. *Een verschil in zwingelrendement tusschen vlas, verkregen door toepassing van het entrootproces en dat, verkregen door toepassing van het warmwaterrootprocédé, kon niet worden waargenomen.*

1. INLEIDING.

Aangezien het vlasrootproces, zooals dit tot nog toe over het algemeen wordt toegepast, vrijwel uitsluitend op empirie is gebaseerd, biedt een nadere bestudeering van dit proces, onder meer met het oog op een mogelijke verkorting van den voor het roten benodigden tijd, reeds dadelijk een redelijke kans op succes.

Bij het roten van vlas stelt men zich ten doel, de in den vlasstengel aanwezige vezelbundels los te maken uit de hen omringende weefsels. Men bereikt dit doorgaans door op den doorweekten stengel micro-organismen te laten inwerken, welke de pectine aangrijpen, waauit de tusschenlamellen van de celwanden der primaire- en secundaire schors en voorts de celwanden van het cambium zijn opgebouwd.

Bij het meest toegepaste rootprocédé wordt de pectine-verwijdering teweeggebracht door de werking van speciale bacteriën, die enzymen afscheiden, welke deze stof door hydrolyse afbreken. Indien vlas in passende verhouding in water wordt ondergedompeld, plegen deze pectine-aantastende bacteriën vanzelf tot ontwikkeling en activiteit te komen, iets waarmede echter eenigen tijd is gemoeid. Bij een goed geleide warmwaterroting pleegt de pectine-afbraak, afhankelijk van de vlassoort, in drie tot vijf dagen te zijn afgelopen. Aangaande den aard der bij normale warmwaterroting werkzaam zijnde bacteriën, zijn nog maar betrekkelijk weinig gegevens beschikbaar. *Beijerinck en van Delden* ¹⁾ isoleerden bij hun rootproeven twee pectine-aantastende organismen en noemden deze *Granulobacter pectinovorum* en *Granulobacter urocephalum*, terwijl *Störmer* ²⁾ aan de, bij zijn onderzoek aangetroffen bacterie, de benaming *Plectridium pectinovorum* verbond. *Bredemann* ³⁾ heeft *Granulobacter pectinovorum* van Beijerinck en *Plectridium pectinovorum* van Störmer aan een vergelijkend onderzoek onderworpen en meende tot identiteit der beide soorten te mogen besluiten.

Voorts isoleerde de Italiaansche onderzoeker *Carbone* ⁴⁾ uit een henneproting het actief pectine-aantastend organisme *Bacillus felsineus*, welk organisme door *Orla Jensen en Kluyver* ⁵⁾ ook hier te lande bij de warmwaterroting van het vlas werd aangetroffen. De meest voor de hand liggende manier om het rootproces sneller te doen verlopen lijkt, in eerste instantie, het doelbewust toevoegen van groote hoeveelheden pectine-aantastende organismen. Aldus zijn er direct bij het roten van het vlas groote hoeveelheden pectine-aantastende bacteriën gereed om op de pectine aan te vallen en kan de ontwikkelingstijd, welke noodig is bij het achterwege laten van de doelbewuste toevoeging van de bacteriën, belangrijk worden verkort.

Carbone heeft deze gedachtengang in practijk gebracht; hij kweekte het bovengenoemde organisme *Bacillus felsineus* in een zgn. „voorcultuur”, voegde deze aan het te roten gezet vlas toe en liet dit bij een constante temperatuur van 37° C. roten. Volgens Carbone zou men aldus in 48 uur tijds vlas kunnen roten; andere onderzoekers ⁶⁾ kwamen met dit procédé op 60—65 uur, waarmede dus maar een betrekkelijk kleine rootduurverkorting ten opzichte van de gewone warmwaterrootmethode werd geconstateerd. Van een uitgebreide technische toepassing van dit procédé is tot nog toe niet veel bekend.

Bij de hieronder beschreven laboratoriumproeven is tendeele eveneens met *Bacillus felsineus* geënt. Hierbij kon de door Carbone gerapporteerde versnelling van het rootproces niet worden geconstateerd. De oorzaak van het niet slagen dezer proeven kan misschien worden gevonden in het feit, dat het vlasroten niet alleen bestaat uit het afbreken van de pectine door pectine-aantastende bacteriën.

Deze eigenlijke rootphase, ook wel biologische hoofdphase genoemd, wordt n.l. vooraf-

1) *M. W. Beijerinck et A. van Delden*, Sur les bactéries actives dans le rouissage du lin. Arch. Néerlandaise des Sciences exactes et naturelles, 9, 418, (1904).

2) *K. Störmer*, Über die Wasserröste des Flachses. Centralbl. f. Bakteriologie, 16, 35, 171, 306, (1904).

3) *G. Bredemann*, Bacillus amylobacter A. M. et Bredemann. Centralbl. f. Bakteriologie, 23, 385, 1909).

4) *Carbone u. Tobler*, Die Röste mit B. felsineus. Faserforschung 2, 163-184, (1922).

5) *Orla Jensen u. Kluyver*, Notitz über den Erreger der Warmwasserröste in Holland. Centr. Bl. f. Bakt. 101, 257, (1939).

6) *G. Ruschmann*. Vergleich von Röstverfahren im Fabriksbetrieb II. Faserforschung 3, 301 (1923).

gegaan door een zgn. voorfase, waarbij onder invloed van aërobe, niet-pectine-aantastende organismen, de uit het vlas in het water opgeloste organische verbindingen, als b.v. suikers, worden omgezet. Hierbij wordt de in het water aanwezige zuurstof verbruikt, waardoor een gunstige toestand wordt geschapen voor de ontwikkeling der anaërobe pectine-aantastende organismen. Om deze reden is het naar alle waarschijnlijkheid geenszins onverschillig, in welken toestand de pectine-aantastende bacteriën zich in de voorcultuur bevinden op het tijdstip van enting. Het lijkt niet uitgesloten, dat, als ze dan niet in spore-vorm aanwezig zijn, er een groote kans bestaat dat het overgrote deel der zorgvuldig gekweekte anaërobe rootorganismen, door de nog in het nieuw gebodene substraat aanwezige zuurstof wordt gedood en er dientengevolge van een rootduurverkorting geen sprake is.

2. LABORATORIUMPROEVEN.

Zoals reeds in de inleiding werd aangestipt, is in het Laboratorium voor Microbiologie der Technische Hoogeschool in Delft getracht het principe van het opzettelijk toevoegen van pectine-aantastende bacteriën te verwezenlijken. In genoemd laboratorium werd daartoe eerst een warmwaterroting uitgevoerd met Concurrentvlas van het jaar 1938, afkomstig van Rijsoord, teneinde in de gelegenheid te zijn de daarbij betrokken pectine-aantastende bacteriën in handen te krijgen. Uit deze vlasroting werden geïsoleerd en in reïncultuur gebracht: **Clostridium felsineum** en **Clostridium pectinovorum**.

Deze beide organismen werden getest op hun vermogen om citruspectine aan te tasten. Beide bleken ze dit vermogen te bezitten, **Bacillus felsineus** echter bleek de aantasting merkbaar krachtiger te kunnen bewerkstelligen dan **Plectridium pectinovorum**. Aangaande de entrotingen, welke met deze microbe zijn uitgevoerd, is het volgende van belang:

Er werden „voorcultures” gemaakt in een medium, bestaande uit een gesteriliseerde brei van kleine stukjes aardappel in water. Beide organismen vertoonden in dit medium, gecultiveerd bij 37° C., gedurende 2 à 3 dagen een goede groei, waarbij een rijkelijke gasontwikkeling optrad. Met een dergelijke „aangeslagen” voorcultuur werd de vlasroting geënt. De vlasroting zelf werd uitgevoerd in glazen cylinders, waarin ongeveer 450 gram vlas overgoten werd met 5 liter water.

A. Entrotingen met voorcultures van **Bacillus felsineus**.

I. Sterkte van enting 0,1 en 0,5 % (d.w.z. hoeveelheid toegevoegde cultuur 0,1 en 0,5 % van de totale hoeveelheid toe te voegen water). Temperatuur van vlasroting 37° C.

Het einde van het rootproces werd hierbij zooveel mogelijk op dezelfde wijze bepaald, als dit in de practijk tot nog toe gebruikelijk is en waarbij als criterium geldt, dat een stengelstuk van ongeveer 10 cm. lengte door voorzichtig trekken gemakkelijk als een hol pijpje uit de omhullende vezelbundel los te maken moet zijn.

Resultaat. Ten opzichte van de gelijktijdig uitgevoerde warmwaterroting zonder enting werd geen verschil waargenomen wat rootduur betreft.

II. Sterkte van enting 2,5 à 3 %. Verdere omstandigheden als onder I.

Resultaat. Bij deze sterkere entingen werden wat langere roottijden geregistreerd dan bij achterwege laten van de enting.

III. Sterkte van enting 2,5 à 3 %. Vóór de enting werd het vlas met water van 30° C. gedurende eenige uren uitgeloozd. Na afloop van deze uitloogingsperiode werd het water afgelaten, versch water toegevoegd tezamen met de voorcultuur. Roottemperatuur 37° C. Deze uitloogingsperiode werd toegepast met het doel de in den stengel aanwezige stoffen, welke tot zuurvorming en dus tot remming van het rootproces aanleiding geven, zooveel mogelijk te verwijderen.

Resultaat. De aldus gevonden roottijd verschilde niet van de onder II genoemde waarde. Toepassing van een uitloogingsperiode bracht dus geen verbetering.

B. Entrotingen met voorcultures van *Plectridium pectinovorum*.

I. Sterkte van enting 2 à 3 %. Temperatuur tijdens het roten 37° C.

Resultaat. Ten opzichte van de rotting zonder enting werd het rootproces door toepassing van de enting iets verlengd.

II. Sterkte van enting 2 à 3 %. Toepassing van een voorafgaande uitlooming. Temperatuur tijdens het roten 37° C.

Resultaat. Hier werd een roottijd waargenomen gelijk aan dien onder I genoemd, dus ook hier bracht uitloogen geen verschil wat rootduur betreft.

Aangezien er inmiddels een geheel nieuw, oogenschijnlijk meer kans op succes biedend, entprincipe was uitgewerkt, zijn er geen verdere proefnemingen in de richting van het enten met voorcultures meer uitgevoerd. Hoewel bij de boven beschreven proeven uitsluitend negatieve resultaten werden bereikt, wat betreft rootduurverkorting, is de oorzaak van dit verschijnsel nog geenszins opgehelderd. Deze negatieve resultaten houden dus niet in, dat er langs dezen weg op dit gebied niets te bereiken is. Voor het doen van een dergelijke uitspraak is het terrein nog lang niet voldoende doorzocht; vele mogelijkheden zijn nog niet nagegaan, als b.v. het toevoegen van twee soorten organismen (pectine-aantastende anaërobe- en niet pectine-aantastende aërobe bacteriën); de invloed van het tijdstip van toevoeging van de voorcultuur en die van den toestand van de rootbacteriën ten tijde van de enting (sporevorm of niet sporevorm): de invloed van den aard van den voedingsbodem, waarin de rootbacteriën vooraf zijn gekweekt; enz.

Al deze mogelijkheden zijn nog niet nagegaan en het is geenszins uitgesloten, dat bij nadere proefnemingen in deze richting het een en ander te bereiken zal zijn. Het verdient dus alle aanbeveling, bij voortzetting der bestudeering van het vlasrootprobleem aandacht te blijven schenken aan bovengemelde mogelijkheden.

C. Entrotingen, waarbij geaëreerd rootwater, afkomstig van een vorige rotting, als entmateriaal wordt gebruikt.

a. Algemeene beschouwingen aangaande dit principe.

De gedachte, welke aan deze wijze van enten ten grondslag ligt, is eenerzijds het principe van het toevoegen van groote hoeveelheden rootbacteriën aan het te roten vlas, anderzijds het principe van het gebruikmaken van de, tijdens het afgelopen rootproces plaats gevonden hebbende, ophooping van rootbacteriën in het rootwater.

Deze beide principes zou men in practijk brengen, wanneer men eenvoudig een gedeelte van het vorige rootwater aan het versche, te roten gezet vlas, toevoegde. Blijkens de ervaringen hiermede opgedaan, leidt dit echter niet tot het gewenschte resultaat. Om dit te begrijpen, dient hier eerst nader ingegaan te worden op het wezen van het rootproces zelve. Het is n.l. een veel voorkomend verschijnsel, dat de ontwikkeling van micro-organismen wordt verhinderd door de aanwezigheid van hun eigen afscheidingsproducten. Tijdens het rootproces worden door de bacteriën aanzienlijke hoeveelheden organische zuren, b.v. azijnzuur en boterzuur, gevormd en om den remmenden invloed hiervan op de verdere ontwikkeling en activiteit van de microben zooveel mogelijk te niet te doen, past men bij het warmwaterrootprocédé een uitlooming en de zgn. spoelingen toe. Bij de uitlooming worden gedeeltelijk de organische, tot zuurvorming aanleiding gevende verbindingen, zooals b.v. verschillende suikers, met het uitloogingswater mede afgelaten, terwijl bij de spoelingen telkens een deel van het zuur verwijderd wordt. Dit neemt echter niet weg, dat aan het eind van het rootproces, de zuurconcentratie nog zoodanig is opgelopen, dat een groot gedeelte van de rootbacteriën den sporevorm heeft aangenomen. In dezen toestand zijn de bacteriën goed bestand tegen uitwendig ongunstige omstandigheden, maar zijn dan niet langer actief werkzaam bij de pectine-aantasting. Zoodra de omstandigheden daartoe gunstig zijn, ontstaan er uit deze sporen weer normale, actief aan het rootproces deelnemende bacteriën.

Het is dus zeer begrijpelijk, dat wegens den remmenden invloed, welke de aanwezige zuren op de ontwikkeling van de rootbacteriën uitoefenen, geen versnelling van het root-

proces teweeg kan worden gebracht door toevoeging van een gedeelte van het rootwater van een zoojuist afgelopen rotting, niettegenstaande het feit, dat hierin een groot aantal root-organismen aanwezig zijn.

Wil men echter toch van de aanwezigheid van deze root-organismen gebruik maken, dan dient het rootwater „geregenereerd” te worden, in dier voege, dat door een doelmatige behandeling van het rootwater, de zuren daaruit worden verwijderd. Zulk een doelmatige behandeling werd gevonden in het aëreeren van het zure rootwater. Bij dit aëreeren speelt zich, evenals bij de rotting zelf, een microbiologisch proces af, waarbij alle zuren door de activiteit van aërobe micro-organismen worden omgezet tot koolzuur en water. Deze omzetting kan worden vervolgd door het verloop van de pH na te gaan. De zure rootvloeistof bezit een pH van ongeveer 4.5, terwijl na beëindiging van het aëratieproces de pH de waarde 7.5 à 8.0 heeft aangenomen. Zet men het aëreeren nog langer voort, dan blijft de pH constant op de bovengenoemde waarde. Het aldus van zuren bevrijde, geregenereerde rootwater is om tweeërlei reden een geschikte vloeistof om als entmateriaal te worden gebruikt bij het inzetten van een nieuwe rotting; het bevat n.l.:

1°. Een groot aantal aërobe organismen (welke tijdens het aëreeren de zuren door oxydatie hebben opgeruimd), die in betrekkelijk korten tijd alle aanwezige zuurstof consumeren en aldus een gunstige toestand scheppen voor het tot ontwikkeling komen van de sporen der anaërobe rootbacteriën.

2°. Een groot aantal sporen van pectine-aantastende rootbacteriën die, zoodra de toestand daarvoor gunstig is, tot ontwikkeling komen. Naast de ontwikkeling van het betrekkelijk geringe aantal sporen van rootbacteriën, welke zich steeds op het droge vlasstroo bevinden en die het „op gang” komen van een normale warmwaterrotting veroorzaken, krijgt men nu het tot ontwikkeling komen van de in groote getale toegevoegde sporen aanwezig in het toegevoegde rootwater.

Theoretisch beschouwd moet hierdoor zoowel de aërobe voorfase alsook de anaërobe hoofdfase van het rootproces, waarbij de eigenlijke pectine-aantasting plaats vindt, sneller verlopen, want met hoe grooter aantal bacteriën men een proces begint, des te sneller is het beëindigd.

Uit het onderstaande zal blijken, dat een dergelijke versnelling van het rootproces ook proefondervindelijk kon worden vastgesteld. Bij alle proeven werd een constante temperatuur van 37° C. toegepast, tenzij een andere temperatuur nadrukkelijk wordt vermeld.

b. Proefnemingen aangaande het entrootprocédé.

Deze proeven werden met dezelfde apparatuur uitgevoerd als werd gebruikt bij de experimenten met de reïncultures van *Bacillus felsineus* en *Plectridium pectinovorum*.

I. De eerste reeks proefnemingen werden uitgevoerd teneinde de invloed van de hoeveelheid toegevoegd entmateriaal op de rootsnelheid vast te stellen. Daartoe werden entrottingen uitgevoerd met 2.5, 5, 10 en 20 % geaëreerd rootwater, terwijl de overige omstandigheden identiek werden gehouden.

Gevonden werd dat de rootduur bij 2.5 % enting wat langer was dan bij 5 % enting en dat de rottingen, waarbij 5 %, 10 % en 20 % entmateriaal werd toegevoegd, onderling nagenoeg geen verschil vertoonden.

Hieruit volgt, dat een entsterkte van ongeveer 5 % reeds een optimaal effect bewerkt, met sterkere entingen wordt geen gunstiger resultaat verkregen.

II. Vervolgens werden entingen uitgevoerd met en zonder uitloogen, om den invloed van het uitloogingsproces op de rootsnelheid na te gaan.

Gebleken is, dat een uitlooging een wat langere rootduur tengevolge heeft dan wordt geregistreerd, als geen uitloogingsfase wordt ingeschakeld.

Toch mag op grond hiervan een toepassing van een uitlooging niet zonder meer van de hand worden gewezen, aangezien bij deze laboratoriumproeven niet kon worden vastgesteld, welke invloed de uitlooging heeft op de kwaliteit van de vezels.

III. Tenslotte werd nog nagegaan, hoever het aëreeren moet worden voortgezet om het waargenomen effect van rootduurverkorting te bewerkstelligen. Bij de tot nog toe uitgevoerde proeven werd het voor de enting bestemde rootwater steeds bij 30° C. ten volle geaëreerd, d.w.z. tot een maximum pH van 8.0 Het verloop van de pH tijdens het aëreeren werd met behulp van een Beckman-pH meter nagegaan. Om vast te stellen of een voortzetten van de aëratie tot een pH van 8.0 wel strikt noodzakelijk is om de waargenomen rootduurverkorting te veroorzaken, werd het aëratieproces stop gezet toen de pH de waarde 6.15 had bereikt. Naast elkaar werden entingen verricht met 5 en 10 % van dit materiaal. Onderling vertoonden deze entingen geen verschil, maar het proces duurde dit keer bijna even lang als dat, waarbij de enting geheel achterwege werd gelaten.

Hieruit volgt, dat het noodzakelijk is de aëratie zolang voort te zetten, tot de pH van de vloeistof een waarde van omstreeks 8.0 heeft bereikt.

c. Proefnemingen aangaande het aëratieproces.

I. Voor de technische toepassing van het procédé is het van groot belang op de hoogte te zijn van den invloed van de temperatuur op de snelheid van het aëratieproces. De meest gunstige toestand is die, waarbij het aëratieproces op zijn hoogst evenveel tijd in beslag neemt als het entrootproces zelf, omdat dan telkens wanneer er een rotting zal zijn afgelopen ook een hoeveelheid te aëreeren gezet rootwater zal zijn gereed gekomen. Voor het vaststellen van den invloed van de temperatuur op de snelheid van het aëratieproces werden eenige aëratieproeven ingezet en wel bij 30, 25, 20 en 12 à 15° C., waarbij als limiet werd gesteld, dat het proces binnen den voor het entrootproces vastgestelden tijd moest zijn afgelopen. Gebleken is, dat het aëratieproces, uitgevoerd bij 30 en 25° C. wèl en dat bij 20° C. en lager niet binnen het gestelde tijdsbestek werd beëindigd.

Het is dus aan te bevelen het aëratieproces bij 25 à 30° C. te doen plaats vinden.

II. Van groot technisch belang is het eveneens na te gaan, welke verhouding er bestaat tusschen de hoeveelheid lucht, die moet worden toegevoerd en de hoeveelheid rootwater, welke daarmee binnen een zeker tijdsbestek kan worden geaëreerd.

Aan de hand van een serie laboratoriumproeven, waarbij gelijke hoeveelheden rootwater met verschillende hoeveelheden lucht werden geaëreerd en waarbij de lucht via een poreus aëratie-steentje door de vloeistof werd heengeleid, werd de minimum hoeveelheid lucht vastgesteld, welke noodig is om die bepaalde hoeveelheid rootwater binnen een zekere tijdsruimte bij een constante temperatuur van 30° C. volledig te aëreeren.

Een tweede serie proefnemingen werd op analoge wijze uitgevoerd, waarbij nu de bij een andere (bepaalde) hoeveelheid rootwater behorende, minimale hoeveelheid lucht voor de aëratie werd bepaald.

Op overeenkomstige wijze werden nog enkele series proefnemingen genomen, steeds met verschillende hoeveelheden rootwater.

Op grond van de reeks uitkomsten voor de minimale hoeveelheden lucht, behorende bij de verschillende hoeveelheden rootwater, kon worden vastgesteld, dat deze beide grootheden recht evenredig zijn. Bij de genomen proefnemingen kon de evenredigheid tusschen de hoeveelheid benodigde lucht en de hoeveelheid te aëreeren rootwater als volgt worden uitgedrukt :

Voor een aëratie-tijd van omstreeks 30 uren is er ongeveer één tiende gedeelte van het aantal liters te aëreeren rootwater aan lucht per minuut noodig.

Hierbij dient te worden opgemerkt, dat deze verhouding uiteraard eveneens afhankelijk is van den aard van de luchtverdeling en van de hoogte van de vloeistoflaag, waardoorheen de lucht wordt doorgevoerd.

3. PROEVEN OP SEMI-TECHNISCHE SCHAAL.

A. ROOTPROEVEN

Het is vanzelfsprekend van primair belang na te gaan, of het in het laboratorium waargenomen effect van rootduurverkorting door toepassing van een enting met geaëreerd rootwater van een vorige rotting, bij uitvoering op semi-technische schaal, ook zal kunnen worden bevestigd.

Daarom werden in de proefrootinstallatie aan den voormaligen Rijksvezeldienst ¹⁾, thans Vezelinstituut T.N.O. te Delft, eenige semi-technische proeven in deze richting genomen. Een gedeelte van het rootwater van een rotting op semi-technische schaal werd op het Laboratorium voor Microbiologie geaëreerd, waarna de entrotting kon worden ingezet.

Rootproef 1. De sterkte van enting bij de eerste proef bedroeg 5 %, de pH van het entmateriaal was 7.8, terwijl de temperatuur gedurende het geheele proces tusschen 35 en 37° C. werd gehouden. Een uitlooging vooraf of tusschentijdsche spoelingen werden niet toegepast. De rootduur bedroeg 32 uren tegen 71 uren voor hetzelfde vlas, geroot volgens de gebruikelijke warmwaterrootmethode.

Rootproef 2. Bij een tweede entproef werd het vlas wèl vooraf uitgeloozd met water van gemiddeld 26.5° C., gedurende een tijd van 3 uren. Hierna werd het uitloogingswater afgelaten en het entmateriaal, tezamen met versch warm water toegevoegd. De pH van het entmateriaal bedroeg 7.5 ; sterkte der enting weer 5 %, terwijl de temperatuur na de uitloogingsperiode varieerde tusschen 35,5 en 38° C. De rootduur bedroeg, uitloogings-tijd meegerekend, 34,5 uren, tegen 71 uren voor hetzelfde vlas, geroot volgens de gewone warmwaterrootmethode.

Na het zwingelen van het gedroogde vlas, afkomstig van deze beide proeven, bleek dat bij toepassing van een uitlooging, het vlaslint aanmerkelijk zachter en dus waardevoller was, dan dat, indien de uitlooging achterwege werd gelaten. Op grond van deze enkele waarneming werd besloten voortaan steeds een uitlooging toe te passen.

Teneinde meer ervaringen aangaande de semi-technische toepassing van het entprocédé op te doen, werden nog enkele vervolg-proeven ingezet.

Hierbij werd steeds het water van een zoojuist afgeloopen entrotting geaëreerd om te kunnen dienst doen als entmateriaal bij een volgende rotting. Voorts werd in elk der onderstaande gevallen een 5 % sterke enting toegepast. Aangaande het verloop der proeven is het volgende van belang :

Rootproef 3. Het entmateriaal voor deze rootproef werd nu op den Rijksvezeldienst met behulp van een Sihi-compressor geaëreerd. Over de ervaringen, welke bij de aëratie-proeven op semi-technische schaal werden opgedaan, zal in een volgende paragraaf nader worden gerapporteerd.

De rootproef werd begonnen met de toepassing van een uitlooging van 3¼ uur bij een temperatuur van omstreeks 27 à 28° C. Bij toevoeging van het versche water werd tevens de entvloei-stof bijgevoegd, waarvan de pH 7.7 bedroeg. De temperatuur tijdens het roten was 31—33° C., dus ongeveer 4 à 5 graden lager dan bij de vorige proeven.

De rootduur was nu, uitloogingsperiode meegerekend, 46½ uur tegen 67 uur voor hetzelfde vlas, geroot volgens de gewone warmwaterrootmethode.

Rootproef 4. Hierbij werd weer 3¼ uur uitgeloozd bij 27 à 28° C. ; pH entmateriaal 8.2; temperatuur tijdens het roten 36—37° C.

De waargenomen rootduur was, uitloogingstijd meegerekend, 37 uren tegen 67 uren voor hetzelfde vlas, geroot volgens de warmwaterrootmethode.

Rootproef 5. Dit keer werd 2½ uur uitgeloozd bij 27 à 28° C. ; pH entmateriaal 8.1 ; temperatuur tijdens het roten 31—34° C.

¹⁾ Ir. A. ten Bruggencate en Ir. J. J. Ghijsen. Beschrijving van de proefrootinstallatie voor vlas bij den Rijksvezeldienst. Mededeeling van den Rijksvoorlichtingsdienst ten behoeve van den Vezelhandel en de Vezelnijverheid, No. 62.

Rootduur, inclusief uitloogingstijd, 45 uren tegen 67 uur voor hetzelfde vlas, geroot volgens de warmwaterrootmethode.
 Voor het verkrijgen van een overzicht zijn de belangrijkste gegevens aangaande deze serie rootproeven op semi-technische schaal in onderstaande tabel samengevat :

Proef No.	Uitlooging in uren	pH entmateriaal	Temperatuur tijdens roten °C.	Rootduur in uren	Verkorting t.o.v. gew. proces
1	—	7.8	35—37	32	55.5 %
2	3	7.5	35—38	34.5	52 %
3	3½	7.7	31—33	46.5	30.6 %
4	3½	8.2	36—37	37	45 %
5	2½	8.1	31—34	45	33 %

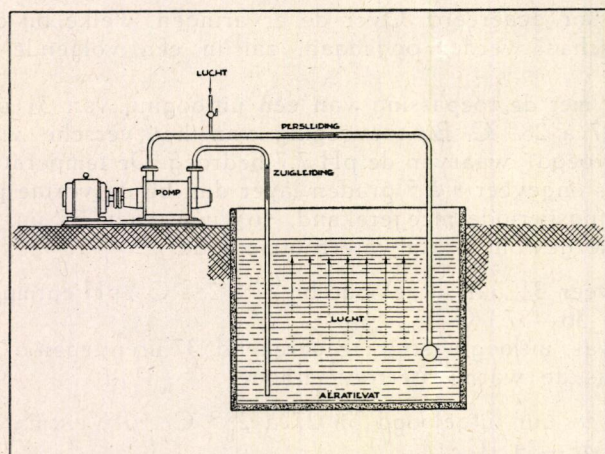
Bij de uitvoering van deze proeven is komen vast te staan, dat bij toepassing van het entprincipe op semi-technische schaal, een aanzienlijke rootduurverkorting kan worden geconstateerd. Uit bovenstaande gegevens blijkt echter tevens, dat het voor het welslagen van het proces van het grootste belang is, over middelen te kunnen beschikken, waarmede de temperatuur nauwkeurig kan worden geregeld en op peil kan worden gehouden.

Een geringe temperatuur-afwijking beneden de 37° C. heeft reeds een aanzienlijke invloed op de mate van rootduurverkorting.

B. AËRATIEPROEVEN.

I. Bij de eerste aëratieproef op semi-technische schaal werd getracht het voor de enting benodigde water door middel van een blower te aëreeren. De lucht werd hierbij via een ringleiding, waarin zich een aantal gaatjes bevonden, door het rootwater heen-gevoerd. Met deze opstelling bleek de pH tijdens het aëreeren slechts zeer langzaam te stijgen, waarschijnlijk omdat de verdeeling van de lucht door de vloeistof en de circulatie van de vloeistof zelf, te wenschen overliet. Daarom werd van verder experimenteren met deze aëratie-opstelling afgezien.

II. Een tweede proef werd genomen met een Sihi-pompinstallatie, waarbij het rootwater werd rondgepompt zoals in fig. 1 schematisch is aangegeven.



In de zuigleiding naar deze pomp was een kraantje aangebracht, zodat er een kleinere of grotere hoeveelheid lucht met de vloeistofstroom kon worden meegevoerd. De aldus meeaangezogen lucht wordt dan in de pomp door de schoepen door de vloeistof heengeslagen, waardoor een uiterst fijne verdeeling van de lucht verkregen wordt. Het vloeistof-luchtmengsel wordt dan nog via een T-stuk, waarin vele gaatjes van ± 2 mm diameter zijn geboord, onder het vloeistofniveau uitgevoerd. Aldus werd een goede circulatie en een goede verdeeling van lucht verkregen.

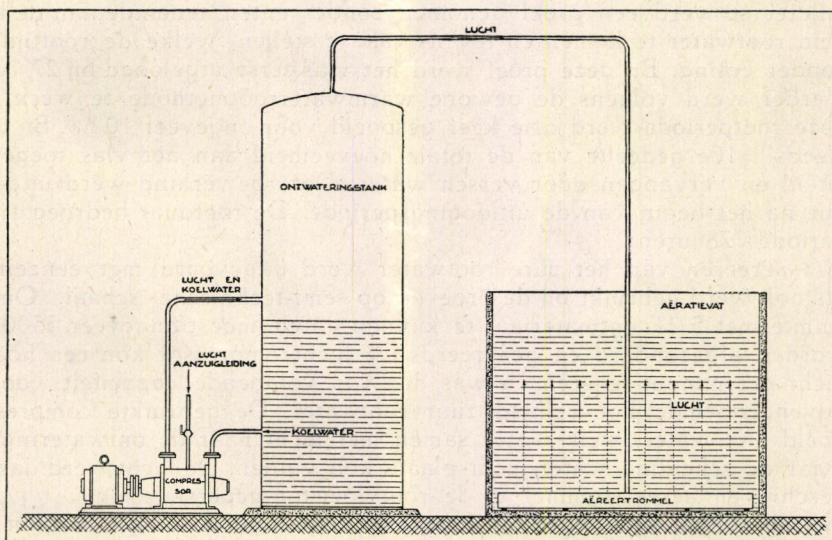
Bij de aëratie, welke met deze inrichting werd uitgevoerd, steeg de pH in 48 uur tijds van ongeveer 4.5 tot 8.0, maar er werden de volgende nadeelige bijverschijnselen waargenomen :

- 1°. Tijdens het aëratieproces vormde zich een zeer groote hoeveelheid schuim.
- 2°. Het ijzergehalte steeg tijdens het aëreeren zeer aanzienlijk.
- 3°. Soms werd de pH stijging aanmerkelijk vertraagd. De oorzaak van dit verschijnsel is niet duidelijk geworden, en dit blijft dus een punt dat nog dient te worden opgehelderd.

III. Om bovenvermelde wisselvalligheid wat de pH stijging betreft, op te heffen, werd er bij de volgende serieproeven naar gestreefd, de lucht nog effectiever door de vloeistof te verdeelen. De zuig- en persleiding werden nu van gegalvaniseerd ijzer gemaakt, teneinde de mogelijk hinderende ijzer-aantasting uit te sluiten. Bovendien werden de leidingen aanmerkelijk langer gemaakt, terwijl in de persleiding nog een afsluiter werd aangebracht. Tijdens het aëreeren werd met dezen afsluiter de druk in de persleiding op $3\frac{1}{2}$ atm. gehouden.

Door deze maatregelen wordt de lucht nu zóó fijn in de vloeistof verdeeld, dat het te aëreeren water in de aëratieruimte na eenige minuten geheel grijs is geworden. De resultaten, die met deze veranderingen in de installatie werden verkregen, waren minder gunstig dan die, verkregen vóórdat de veranderingen waren aangebracht. Daarom werd bovenstaande aëratiemethode wederom verlaten en werd eerst met behulp van laboratoriumproeven vastgesteld, welke de minimum hoeveelheid lucht is, die moet worden toegevoerd, om het aëreeren van een bepaalde hoeveelheid vloeistof binnen een zekere tijdsruimte te bewerkstelligen.

Zooals op blz. 6 vermeld is, werd op grond van deze laboratoriumproeven gevonden, dat er ongeveer één tiende van het aantal liters te aëreeren rootwater, aan lucht per minuut moet worden toegevoerd, om het aëratieproces in 30 uren te doen afloopen. Voor het aëreeren op semi-technische schaal van een hoeveelheid van 900 l. rootwater zou dus, dit principe in acht nemende, een pompinstallaties noodig zijn, welke minstens 90 l. lucht per minuut zou kunnen leveren.



IV. De vierde serie proefnemingen werden nu verricht met een Sihi-luchtcompressor van zóódanige afmetingen, dat aan dezen eisch kon worden voldaan. Deze compressor wordt met water gekoeld en dit koelwater volbrengt via een ontwateringstank, waar de scheiding water-lucht kan plaats vinden, een kringloop. De lucht wordt vanuit de ontwateringstank via een pijpleiding naar de aëreertrommel geleid en komt door een 280-tal gaatjes van 2 mm doorsnede, welke regelmatig over de bovenoppervlakte van de aëreertrommel zijn verdeeld, in de te aëreeren vloeistof. Nadere bijzonderheden aangaande de installatie vindt men in de schematische tekening (fig. 2).

De resultaten, welke bij de proeven met deze aëratie-inrichting werden verkregen, zijn in onderstaande tabel samengevat.

Proef No.	Temp. in °C.	Begin pH	Eind pH	Duur van het proces in uren
I	28	4.68	7.72	33
II	26 à 27	4.98	8.23	24
III	30	4.30	8.00	23

Hierbij kan worden opgemerkt, dat het nagaan van de pH op gemakkelijke wijze met behulp van Lyphan-papiertjes kan worden uitgevoerd. Deze pH bepalingen kunnen dus goed worden gebruikt als bedrijfscontrole, teneinde na te gaan of het aëratieproces naar wensch verloopt.

Deze proefnemingen toonen aan, dat, indien er aandacht wordt geschonken aan de juiste hoeveelheid lucht ten opzichte van de hoeveelheid te aëreeren vloeistof, en bovendien wordt gezorgd voor een goede verdeling van deze lucht door de vloeistof, grootere hoeveelheden zuur rootwater ook op semi-technische schaal kunnen worden geaëreerd.

4. PROEVEN OP TECHNISCHE SCHAAL.

Op grond van de gunstige resultaten, welke bij de proeven op semi-technische schaal werden bereikt, werd besloten het procédé bij wijze van proef in de praktijk toe te passen.

De directie van de Coöperatieve vlasfabriek „Dinteloord” te Steenberg en verklaarde zich bereid mede te werken bij de uitvoering van deze technische proeven.

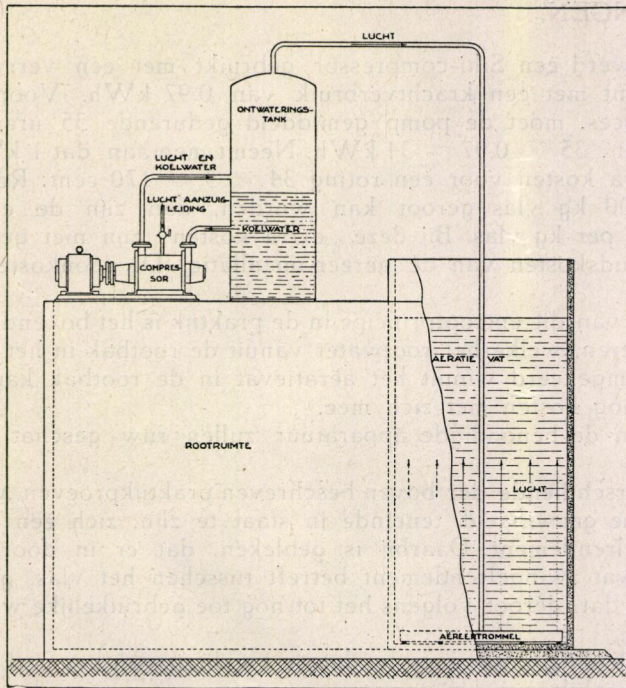
Allereerst werd een proef genomen zonder enten, teneinde aan de benodigde hoeveelheid rootwater te komen en tevens vast te stellen, welke de roottijd is voor een roting zonder enting. Bij deze proef werd het vlas eerst uitgelooft bij 27° C. gedurende 6 uren. Verder werd volgens de gewone warmwaterrootmethode te werk gegaan; gedurende deze rootperiode werd drie keer gespoeld voor ongeveer 10 %. Bij dit spoelen werd dus steeds 1/10e gedeelte van de totale hoeveelheid aan het vlas toegevoegde water afgelaten, en vervangen door versch water. Deze bewerking werd uitgevoerd 24, 32 en 64 uur na het begin van de uitloogingsperiode. De rootduur bedroeg (inclusief uitloogingsperiode) 78 uren.

Het aëreeren van het zure rootwater werd uitgevoerd met eenzelfde luchtcompressor als ook werd gebruikt bij de proeven op semi-technische schaal. Om één groote rootruimte met 5 % entmateriaal te kunnen enten, moest ongeveer 3500 liter zuur rootwater worden afgezonderd en geaëreerd. De luchtcompressor kon een hoeveelheid van 380 l. lucht per minuut leveren en was dus van voldoende capaciteit voor het aëreeren van bovengenoemde hoeveelheid zuur rootwater. De gebruikte compressor werd weer gekoeld met water, welk water samen met lucht naar de ontwateringstank werd geperst, waar de scheiding water-lucht plaats kon vinden. De lucht werd dan via de reeds eerder beschreven aëreertrommel in de rootvloeistof geperst.

Het aëratievat was opgebouwd uit 3 op elkaar gemetselde betonnen ringen van 1,25 m diameter en 1 m hoogte. Dit vat werd geplaatst in een der rootbakken, waarbij de te aëreeren vloeistof, doordat er tegelijkertijd in die rootbak vlas werd geroot, automatisch op temperatuur werd gehouden.

Nadere bijzonderheden vindt men in de schematische tekening van de installatie (fig. 3). Een voldoende hoeveelheid van het zure rootwater van bovenbeschreven warmwater-roting werd in de inrichting geaëreerd.

De pH-verandering tijdens dit aëreeren werd met behulp van Lyphan pH papiertjes gevolgd; hierbij bleek, dat de pH in ongeveer 34 uur tot 7.5 gestegen was. De temperatuur tijdens het aëreeren varieerde van 26.5 tot 31° C. en kon dus gemiddeld op ongeveer 29° C. worden aangenomen.



Bij de **1e entrootproef** werd het vlas eerst gedurende 4 uren uitgelooft bij 27° C., waarna het water werd afgelaten en versch water tezamen met de geaëerde vloeistof werd toegevoegd. Het geheel werd tenslotte op een temperatuur van 37° C. gebracht. Gedurende het rootproces varieerde de temperatuur tusschen 33 en 37° C. Teneinde de temperatuur eenigszins op peil te houden moest tijdens de rotting 3 keer worden gespoeld, telkens voor ongeveer 10 %. Niettegenstaande met zoo warm mogelijk water werd gespoeld, bleek toch steeds, dat de temperatuur snel daalde, zoodat deze gemiddeld niet veel hoger dan 33° C. is geweest. De rootduur bedroeg, uitloogingstijd meegerekend, 51 uren.

Voor de volgende proef werd wederom rootwater van een zoo juist afgelopen warmwaterrotting geaëreed. Dit keer bereikte de pH de waarde 7.5 in 37 uren, terwijl de temperatuur tijdens het aëreeren varieerde van 26 — 27° C. (gemiddeld 26.5° C.).

Bij de **2e entrootproef** (welke met hetzelfde vlas als gebruikt bij de 1e entrootproef werd genomen) was de uitloogingstijd 5 uren bij een temperatuur van 25° C. Tijdens het rootproces varieerde de temperatuur tusschen 32 en 36° C., waarbij ze, niettegenstaande de toegepaste spoelingen, gemiddeld wel dichter bij de 32 dan bij de 36° C. gelegen zal zijn geweest. De rootduur bedroeg ditmaal $55\frac{3}{4}$ uur (uitloogingstijd meegerekend).

Op dezelfde wijze werd nog een geheele reeks proefnemingen genomen met deze entrootmethode. De resultaten van alle proeven zijn in onderstaande tabel overzichtelijk samengevat :

Proef No.	Rootduur met entrootmethode	Rootduur zonder enting	Rootduurverkorting
1	51 uren	78 uren	36 %
2	$55\frac{3}{4}$ "	78 "	30 %
3	61 "	78 "	19 %
4	58 "	73 "	21 %
5	61 "	76 "	27 %
6	55 "	75 "	35 %
7	71 "	84 "	15 %
8	65 "	76 "	14 %
9	59 "	69 "	14 %
10	64 "	80 "	20 %
11	60 "	70 "	14 %
12	52 "	76 "	32 %
13	60 "	72 "	17 %

De gemiddelde rootduurverkorting bedroeg derhalve ± 20 %.

5. ALGEMEENE OPMERKINGEN.

Bij de toegepaste proeven werd een Sihi-compressor gebruikt met een vermogen van 1.3 pk, hetgeen overeenkomt met een krachtverbruik van 0.97 kWh. Voor het volbrengen van het aëratieproces, moet de pomp gemiddeld gedurende 35 uren werken, waarbij dus wordt verbruikt: $35 \times 0,97 = 34$ kWh. Neemt men aan, dat 1 kWh 5 cent kost, dan bedragen de extra kosten voor één roting $34 \times 5 = 170$ cent. Rekent men, dat er in één rootbak 4000 kg vlas geroot kan worden, dan zijn de extrakosten $170/4000 =$ plm. 0,04 cent per kg vlas. Bij deze „extra kosten” zijn niet gerekend de afschrijving en de onderhoudskosten van de aëreer-installatie. De loonkosten kunnen worden verwaarloosd.

Bij de definitieve invoering van dit entrootprincipe in de praktijk is het bovendien noodig een tweede pomp te monteeren, welke het rootwater vanuit de rootbak in het aëratievat en na het aëreeren weer omgekeerd vanuit het aëratievat in de rootbak kan pompen. Dit brengt natuurlijk ook nog kosten met zich mee.

De aanschaffingskosten van de benodigde apparatuur zullen ruw geschat, ongeveer f 1500,— bedragen.

Het vlas, afkomstig van verschillende der boven beschreven praktijkproeven, werd op de fabriek op de zwingelturbine gezwingeld, teneinde in staat te zijn, zich een oordeel te vormen omtrent het zwingelrendement. Daarbij is gebleken, dat er in doorsnee geen verschil is waar te nemen wat zwingelrendement betreft tusschen het vlas, geroot volgens het entrootprocédé en dat, geroot volgens het tot nog toe gebruikelijke warmwater-rootprocédé.

Bovendien bleek na beoordeeling door experts, dat de kwaliteit van het verkregen vlas in beide gevallen practisch gelijk is.

6. NABESCHOUWING.

Uit de serie praktijkproefnemingen is gebleken, dat de rootduurverkorting als gevolg van de toegepaste enting met geaëreerd rootwater, welke bij de proeven op laboratorium- en semi-technische schaal werd waargenomen, ook in de praktijk kon worden geconstateerd. Opmerkelijk is echter, dat het effect bij de proeven op semi-technische schaal méér uitgesproken is dan bij de proeven op technische schaal. Bij de proeven op semi-technische schaal werd een verkorting van gemiddeld 43 % gevonden, terwijl dit cijfer voor de proevenserie op technische schaal in de buurt van 20 % ligt. Zeer waarschijnlijk moet de oorzaak van de afwijking, welke zich hier voordoet, worden gezocht in het feit, dat bij de proeven op technische schaal de temperatuur zeer moeilijk kon worden geregeld.

Hieruit volgt, dat, als men in staat is de temperatuur tijdens de praktijkrottingen beter af te stellen en te handhaven, er naar alle waarschijnlijkheid ook in de praktijk gunstiger resultaten zullen kunnen worden verkregen. Het lijkt dan ook alleszins aanbevelenswaardig, deze proeven op technische schaal voort te zetten. Hierbij zou dan gezorgd moeten worden, dat **inderdaad** voldaan is aan de eischen van een juiste tempereering, welke immers grooten invloed uitoefent op het bekorten van den roottijd. Ook zal dan nauwkeurig nagegaan kunnen worden, welke kosten aan de invoering van dit procédé op groote schaal zijn verbonden, en welke baten hier tegenover staan.