

Grond-ontsmetting door stoomen en de be- invloeding van bacterie-leven en samenstelling van den grond,

door

Ir. Y. VAN KOOT.

*Dämpfung des Bodens und ihre Einfluss auf Bakterienleben und
Zusammensetzung des Bodens.*

Zusammenfassung S. 555.

INHOUD.

	blz.
Inleiding	532
Opzet van het onderzoek .. .	534
Methoden van onderzoek .. .	536
Resultaten van het bacterie-onderzoek .. .	538
Resultaten van het grondonderzoek .. .	542
Verband tusschen de stijging van het totaal bacterie-getal en de daling van het N-getal .. .	546
Verband tusschen het stoomen van den grond en de stijging van het N-getal .. .	547
De bemesting van gestoomden grond in verband met het vrij- komen van stikstof en het humusgehalte van den grond ..	548
Het uitspoelen van gestoomden grond in verband met het bacterieleven en de bemesting .. .	549
Samenvatting .. .	550
Literatuurlijst .. .	550
Zusammenfassung .. .	555

Inleiding.

Het doel van deze ontsmetting is het doodden van allerlei schade-
lijke en parasitaire organismen in den grond, zooals bepaalde
schimmels, bacteriën, insecten en aaltjes. Een bijkomend verschijn-
sel is echter, dat na het stoomen meestal een zeer weelderige
plantengroei optreedt; soms zelfs in zoodanige mate, dat elke be-
mesting, of althans de N-bemesting geheel achterwege gelaten kan
worden. We krijgen hieruit dus den indruk, dat er tengevolge van
het stoomen plantenvoedingsstoffen vrijkomen en in het bijzonder
stikstof, hetzij direct tengevolge van een warmte-ontleding van
organische stoffen, hetzij indirect tengevolge van een verhoogde
bacterie-werking.

In het buitenland zijn verschillende onderzoekingen verricht,
waaruit blijkt, dat dergelijke veranderingen inderdaad plaats kun-
nen hebben. Een vrij uitvoerig overzicht van de hierop betrekking
hebbende literatuur wordt gegeven door *v. d. Maysenberg* en
Roghair van Rijn (no. 7).

Hier volgt een korte samenvatting van de belangrijkste waar-
nemingen en inzichten. Niet alleen het stoomen van den grond,
maar ook allerlei andere methoden van grond-ontsmetting (o.a.
met chemicaliën), en zelfs het eenvoudig uitdrogen en opnieuw
bevochtigen van den grond hebben tot gevolg een kortstondige
remming van het micro-leven, spoedig gevolgd door een sterke

stijging van het aantal micro-organismen in den grond. Deze stijging is steeds van min of meer tijdelijken aard en een typisch gevolg van de z.g. partiële sterilisatie. Met dit verschijnsel gaat vaak gepaard een tijdelijke stijging van de hoeveelheid ammoniakstikstof in den grond, soms ook van de hoeveelheid nitraatstikstof. Andere gunstige gevolgen van de partiële sterilisatie kunnen nog zijn: vernietiging van pathogene organismen, directe stimulatie van den plantengroei (door bepaalde chemicaliën), verbetering van de structuur van den grond (door stoomen), vernietiging van toxinen, oplossing van vetten. Bovendien kunnen sommige chemicaliën bij ontleding als voedselbron voor bepaalde micro-organismen dienen, terwijl bij ontleding van kalkstikstof natuurlijk veel stikstof vrijkomt, een belangrijke voedingsstof voor bacteriën en planten.

Wat de oorzaken betreft van de plotselinge stijging van het aantal micro-organismen na partiële sterilisatie, bestaan er 2 verschillende opvattingen. De Engelsche onderzoekers (*Russell and Hutchinson* no. 10) hechten veel waarde aan de z.g. protozoëntheorie. Verschillende protozoën, vooral amoeben, kunnen n.l. talrijke bacteriën consumeren. Door de partiële sterilisatie zouden alle protozoën gedood worden, terwijl nieuwe besmetting en vermenigvuldiging niet zoo snel plaats zouden vinden, zoodat de bacteriën zich ongestoord kunnen vermeerderen.

De Amerikaanse onderzoekers hechten echter over het algemeen meer waarde aan de door de partiële sterilisatie gewijzigde voedingsomstandigheden voor de micro-organismen (*Waksman* no. 11, *Waksman* en *Starkey* no. 12). Door de ontleding van afgestorven organismen en ander organisch materiaal neemt vooral de hoeveelheid ammoniak in den grond toe. Er komt dus tijdelijk meer voedsel beschikbaar voor de bacteriën, zoodat deze zich snel zullen vermenigvuldigen. Een ondersteuning van deze opvatting levert het onderzoek van *Khalil* (no. 4), die verschillende hoeveelheden organische stof aan den grond toevoegde voor de partiële sterilisatie. Het effect hiervan was des te grooter, naarmate meer organische stof aan den grond toegevoegd werd.

Het krachtiger bacterie-leven en de veranderde micro-flora kunnen een verdere toename van de hoeveelheid ammoniak- of nitraat-stikstof ten gevolge hebben. Dit is afhankelijk van de ontwikkeling van de eiwitplitsende, de nitrificeerende en de N-bindende bacteriën. Volgens *Russell and Hutchinson* (no. 9) zou de invloed van de laatste groep meestal niet belangrijk zijn; het totaal-N-gehalte van den grond zou meestal weinig veranderen. Volgens *Waksman* (no. 11) zou de bacterie-activiteit na partiële sterilisatie na korteren of langeren tijd dan ook tot beneden het oorspronkelijke niveau moeten dalen bij gebrek aan voedsel, wanneer men dit althans niet door bemesting opnieuw in den grond zou brengen.

Wanneer we deze laatste verklaring als de meest waarschijnlijke aannemen, dan moeten we ook een grooten invloed van den structuurtoestand van den grond verwachten. Niet alleen is door een goede structuur een betere wortel-ontwikkeling mogelijk, waardoor een grooter deel van den grond bereikt wordt, maar ook het bacterie-leven wordt er door bevorderd. De betere aëratie stimuleert de ontwikkeling van gewenschte bacteriën, evenals den beteren afvoer van toxische producten. Daarentegen wordt de ontwikkeling van

de ongewenschte protozoën juist bevorderd in een slecht geaëreerden, overmatig vochtigen grond. Volgens verschillende onderzoekers (zie o.a. *Russell* and *Hutchinson*, no. 10) kan in het bijzonder het stoomen van den grond een goede structuur bevorderen. De invloed van de particele sterilisatie zou dan in hoofdzaak terug te voeren zijn op *gunstiger levensvoorwaarden, zoozeel physisch als chemisch*, voor de bacteriën.

Indien deze opvatting juist is, dan kan het niet onverschillig zijn, op welke wijze gestoomd wordt, en in welken toestand de grond tijdens het stoomen verkeert. Zoo is het te verwachten, dat, wanneer een betrekkelijk zware en humusarme grond in overmatig vochtigen toestand gestoomd wordt, er structuurbederf zal optreden, met als gevolg een minder gunstige bacterie-werking en een minder goede plantengroei. Daarom werd bij ons onderzoek de invloed van het stoomen op het bacterie-leven en de samenstelling van den grond nagegaan bij een aantal zeer verschillende wijzen van stoomen in de practijk.

Een ander vraagstuk, dat we hoopten op te lossen, was de invloed van het stoomen op het zoutgehalte van den grond. Er zijn n.l. verschillende gevallen bekend, waarin met succes gestoomd werd, zonder dat er sprake is van het dooden van een bepaalde plantenparasiet. In sommige van die gevallen zou de grond een te hooge droogrest bevat hebben. Nu worden er niet het stoomen betrekkelijk groote hoeveelheden water in den grond gebracht. Bij het lage druk-stoomapparaat van Prof. *Visser* is deze hoeveelheid precies te controleeren; het blijkt dan, dat per m² er 50 liter water in den grond gebracht wordt, hetgeen beteekent een waterlaag van 5 cm diepte. Wanneer men bedenkt, dat dit water in den vorm van stoom in den grond gebracht wordt, dat wil dus zeggen, dat het zoutgehalte van dit water vrijwel nihil is, dan lijkt het niet onmogelijk, dat een aanmerkelijke uitspoeling het gevolg kan zijn van het stoomen.

Hier staat echter tegenover, dat tengevolge van de hooge temperatuur een groot gedeelte van het ingebrachte water weer kan verdampen. Wellicht is het onder bepaalde omstandigheden zelfs niet onmogelijk, dat er nog meer water verdampt dan er in den grond gebracht wordt, doordat de grond als het ware droog broeit. In dat geval zou dus zelfs een verhooging van het zoutgehalte plaats kunnen hebben, welk verschijnsel eventueel nog versterkt zou kunnen worden door het vrijkomen van voedingszouten tengevolge van ontleding van organische stof.

Opzet van het onderzoek.

Dit onderzoek, dat plaats had in den winter 1939—1940, strekte zich uit over de volgende gevallen:

- I. Zware kleigrond te Kwintshoul, normaal gestoomd, daarna goed nat gemaakt.
- II. Zware kleigrond te Kwintshoul, normaal gestoomd, daarna flink gegoten (min of meer uitgespoeld).
- III. Zware, vochtige, humusrijke kleigrond te Wateringen, normaal gestoomd.
- IV. Matig droge, humusrijke zandgrond te Wateringen, zwaar gestoomd (afgedekt met zeil en stroo), daarna uitgespoeld.
- V. Matig droge zandgrond te Loosduinen, normaal gestoomd.

VI. Matig vochtige zandgrond te Loosduinen, normaal gestoomd, daarna sterk uitgespoeld.

VII. Matig vochtige, zeer humusrijke zandgrond te Loosduinen, normaal gestoomd.

VIII. Matig vochtige zandgrond te Loosduinen, licht gestoomd.

IX. Lichte, humusrijke, aan de oppervlakte zeer vochtige kleigrond te Bergschenhoek, licht gestoomd.

X. Matig vochtige veengrond te Rotterdam, normaal gestoomd.

In al deze gevallen is gedurende een lange periode na het stoomen het verloop van het bacterie-leven en de samenstelling van den grond nagegaan. Dit had eenerzijds ten doel om vast te stellen, hoe lang de verhoogde bacterie-activiteit stand houdt, terwijl anderzijds aldus een inzicht verkregen werd betreffende den invloed van de temperatuur op het verloop van de bacterie-activiteit. Er dient hierbij in het oog gehouden te worden, dat het onderzoek plaats had tijdens een zeer strengen winter, zoodat verschillende grondmonsters zelfs in bevroren toestand aan den proeftuin binnen kwamen. De grondtemperatuur in de meestal onverwarmde kassen en warenhuizen bleef daardoor gedurende geruimen tijd na het stoomen abnormaal laag. Daar het bacterie-leven ook sterk afhankelijk is van het vochtgehalte van den grond, werd steeds ook het natuurlijk vochtgehalte bepaald.

Er werden monsters onderzocht onmiddellijk vóór het stoomen, direct na het stoomen en 2, 5 en 8 weken na het stoomen. Het monster IV direct na het stoomen werd pas 3 dagen later genomen (de grond bleef dien tijd afgedekt met stroo), echter vóór dat de uitspoeling plaats had. De monsters II en VI direct na het stoomen werden echter pas genomen nadat gegoten, resp. uitgespoeld was. De monsters V en VII na het stoomen werden allen tegelijk genomen en zoolang op den Proeftuin bewaard, begraven in den grond van een vorstvrij gehouden warenhuis. Bovendien werden nog monsters genomen, nadat begonnen was met stoken.

In de gevallen, waarin tot een betrekkelijk hooge temperatuur verwarmd werd, werden de monsters genomen bij het begin van het stoken en nadat er 3 en 6 weken gestookt was. In de gevallen, waarin maar licht gestookt werd, werden de monsters genomen bij het begin van het stoken (aangeduid als begin cultuur) en nadat er 5 en 10 weken gestookt was. Bij geval X, waar reeds direct na het stoomen begonnen was te stoken, konden deze monsters natuurlijk niet genomen worden. Onder het tijdstip „begin stoken” werd het oogenblik verstaan, waarop de grond door de voorverwarming gedurende 1 à 2 weken op zoodanige temperatuur was gebracht, dat het mogelijk was te gaan planten.

De monsters werden alle op dezelfde plek van de kas of het warenhuis genomen en wel op enkele plaatsen in de bovenste teellaag (1e steek). Het bacterie-onderzoek had steeds plaats op de dag van de monsternamen of op den daarop volgende dag. Ook met de bepaling van het natuurlijk vochtgehalte was dit meestal het geval. Het gewone grondonderzoek had pas veel later plaats. Wel werden de grondmonsters direct gedroogd, zoodat geen veranderingen in chemische samenstelling meer te verwachten waren tijdens de bewaringsperiode.

Het bacterie-onderzoek had in de eerste plaats betrekking op

de bepaling van het z.g. totaal bacterie-getal als maat voor de activiteit van de micro-organismen in den grond. Volgens verschillende onderzoekers (*Waksman*, no. 11 en *Erdman*, no. 1) bestaat er vaak een directe correlatie tusschen het aantal bacteriën en de gewas-opbrengst. Het verband tusschen het aantal schimmels of actinomyceeten en de vruchtbaarheid is vaak veel minder duidelijk. Dit zou komen, doordat het aantal actinomyceeten meestal in veel sterker mate op de pH van den grond reageert dan de plantengroei (en het zich bovendien slechts langzaam herstelt na de partiële sterilisatie), terwijl het aantal schimmels gewoonlijk in andere richting op de pH reageert. Wij hebben ons onderzoek dan ook beperkt tot de vaststelling van het aantal bacteriën. Op gronden met lage pH en rijk aan organische stof kan echter soms de schimmel-activiteit overwegend worden (*Waksman* en *Starkey*, no. 12) en zou door antagonistische werking het aantal bacteriën na partiële sterilisatie zelfs kunnen dalen. Dit laatste was bij ons onderzoek echter nimmer het geval (zie tabel 3 — geval X).

Bovendien werd het aantal ammonificeerende of eiwit-splitsende bacteriën bepaald. Deze zetten de eiwitachtige stoffen om in aminozuren, die verder ontleed worden in koolzuur, ammoniak en water. Hierbij wordt dus de stikstof overgebracht in een voor de planten opneembare vorm. Hetzelfde geschiedt met bepaalde meststoffen, zooals urinezuur, ureum en kalkstikstof. De beide laatste worden daarbij omgezet in ammoniumcarbonaat.

Tenslotte werd ook het aantal nitrificeerende bacteriën bepaald. Deze zetten de ammoniak-stikstof achtereenvolgens om in nitriet en nitraat. Dit laatste is in het algemeen een betere voedingsvorm voor de plant dan de ammoniak-stikstof, maar spoelt ook makkelijker uit, daar zij niet aan het adsorbtie-complex gebonden wordt, zooals de ammoniak. De nitrificeerende bacteriën zijn in het algemeen zeer gevoelig (zoo b.v. voor te lage pH) en beginnen hun werkzaamheid pas bij afwezigheid van veel gemakkelijk te ontleden organisch materiaal en na een voldoende stijging van de temperatuur na den winter. Dit is een voordeel, daar aldus voorkomen wordt, dat er gedurende den winter veel nitraat-stikstof uitspoelt uit den grond.

Het aantal denitrificeerende bacteriën is niet bepaald. Deze worden aansprakelijk gesteld voor stikstof-verliezen. Volgens de nieuwe inzichten zijn deze bacteriën echter steeds in groot aantal aanwezig en ontleden organische stoffen. Slechts bij afwezigheid van luchtzuurstof gebruiken zij de zuurstof van het nitraat voor oxydatie, waarbij de stikstof als zoodanig in de lucht verdwijnt. Een ongunstige werking is dus pas te verwachten na nitraatvorming en bij slechte structuur. Het aantal van deze bacteriën geeft hierover geen uitsluitsel.

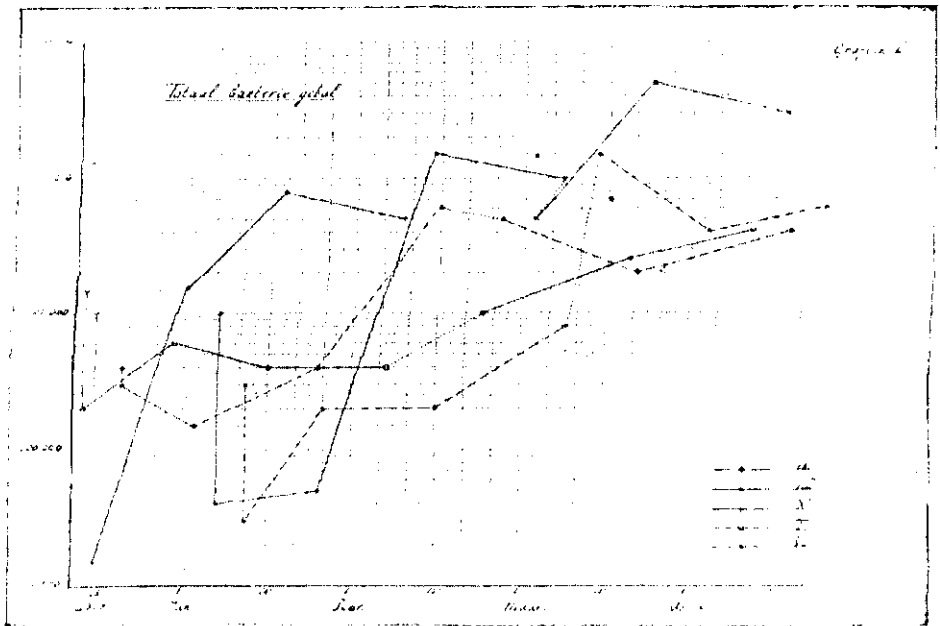
Methoden van onderzoek.

Het totaal bacterie-getal werd ongeveer bepaald volgens de methode door *Gerritsen* (no. 2) aangegeven. Er werd telkens 1 cc van verschillende verdunningen van het waterige grondextract gepipetteerd in een aantal petri-schalen, waarop een agar-voedingsbodem werd gegoten. Om zooveel mogelijk bacteriën te laten groeien werd een voedingsbodem gebruikt, waaraan vele verschil-

lende voedingsstoffen en -zouten werden toegevoegd in geringe concentraties. Hierdoor wordt voorkomen, dat de zich langzaam ontwikkelende bacterie-soorten overwoekerd worden door de snel groeiende koloniën. Door gebrek aan voedingsstoffen blijven alle koloniën nu klein. Deze werden na 4 dagen geteld. De gebruikte voedingsbodem bevatte leidingwater, waaraan was toegevoegd:

1.5 % agar-agar,	0.02 % CaCO_3 ,
0.1 % glucose,	0.02 % NH_4Cl ,
0.025 % pepton,	0.02 % K_2HPO_4 ,
	0.02 % MgSO_4 .

Voor de bepaling van het aantal eiwitplitsende bacteriën werd een gewone gelatine-voedingsbodem gebruikt: leidingwater + 12 % gelatine + 0.1 % K_2HPO_4 + 0.1 % MgSO_4 + 0.05 % CaCO_3 . Deze bacteriën werden na 2 dagen geteld.



Grafiek 1.

De bepaling van het aantal nitrificerende bacteriën geschiedde met behulp van ophoopingculturen in reageerbuizen, waaraan telkens 1 cc van verschillende verdunningen van het grondextract toegevoegd werd. Daarbij werd de methode van *Kingma Boltjes* (no. 5) gevolgd, waarbij getracht wordt door toevoeging van talrijke verschillende zouten, de groei van de nitrificerende bacteriën zooveel mogelijk te begunstigen. Aan leidingwater werd toegevoegd:

0.1 % $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,	0.1 % NaCl ,
0.1 % NaNO_2 ,	0.2 % CaCO_3 ,
0.1 % K_2HPO_4 ,	0.01 % FeSO_4 .
0.05 % MgSO_4 ,	

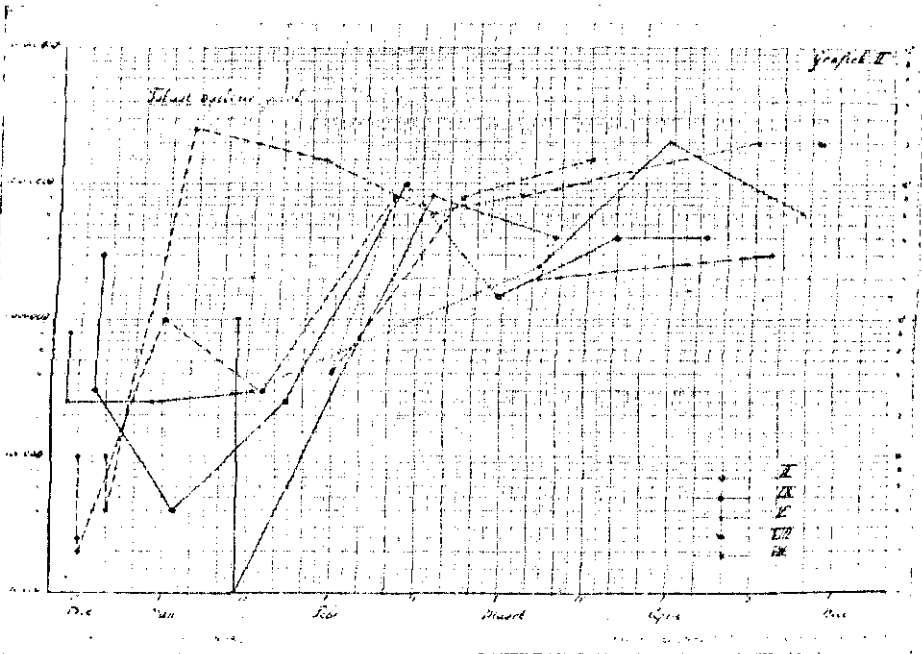
Na verloop van 3 weken werd op de aanwezigheid van nitraat gereageerd met de di-phenylamine-reactie. Overeenkomstig de

methode, door *Harmsen* (no. 3) gebruikt, werd uit het aantal positieve en negatieve buizen bij een bepaalde verdunning, met behulp van de waarschijnlijkheidsrekening, de meest waarschijnlijke concentratie berekend.

De grondmonsters werden verder onderzocht volgens dezelfde methoden, die hier in gebruik zijn voor het onderzoek van grondmonsters in verband met het geven van bemestingsadviezen. D.w.z. dat de hoeveelheden in water oplosbare stikstof, fosfor en kali bepaald werden (uitgedrukt in mg per 100 g grond). Het humusgehalte werd bepaald door middel van het gloei-verlies, de droogrest door middel van het geleidingsvermogen. De humus, CaCO_3 , NaCl en droogrest-cijfers zijn uitgedrukt in procenten van den lichtdrogen grond.

Resultaten van het bacterie-onderzoek.

Het verloop van het totaal bacterie-getal is uitgezet in de grafieken 1 en 2. Hiervoor is eenzijdig logaritmisch papier gebruikt,



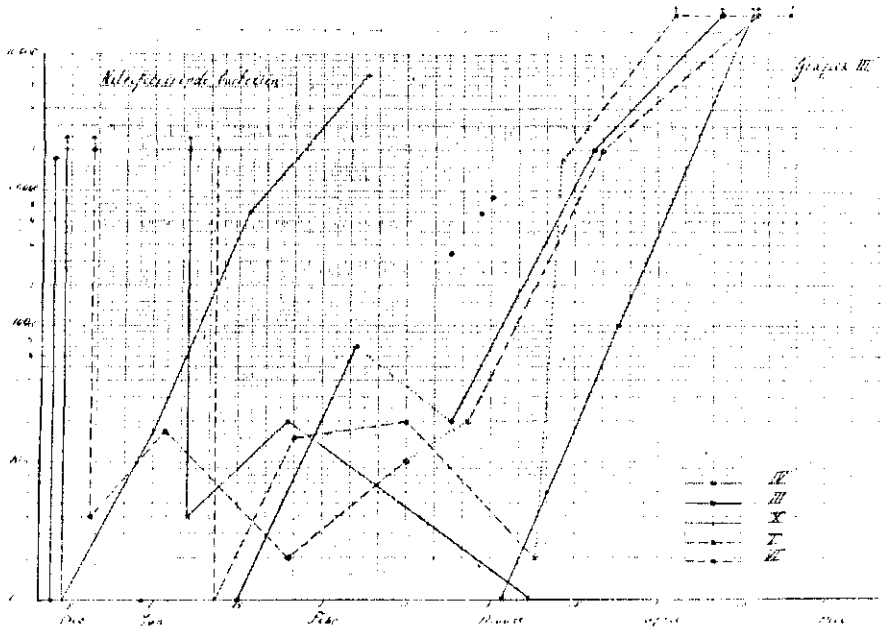
Grafiek 2.

omdat de aantallen bacteriën zoo sterk uiteen liepen (tusschen 10.000 en 50.000.000). In verticale richting is het aantal bacteriën uitgezet, terwijl op de horizontale as de datum van onderzoek vermeld staat. Het gedeelte van de lijnen, dat betrekking heeft op de monsters, die genomen zijn vóórdat met stoken begonnen was, is door middel van stippellijnen verbonden met het gedeelte, dat betrekking heeft op de er na genomen monsters.

Over het algemeen bestaat er een groote gelijkenis tusschen de verschillende lijnen. De concentratie vóór het stoomen beweegt zich meest om het miljoen (100.000—3.000.000). Onmiddellijk na het stoomen is de concentratie veel lager (10.000—300.000). Na korteren of langeren tijd treedt een sterk herstel op, dat meestal tijdelijk

zeer stijf verloopt, zoodat we min of meer een S-curve te zien krijgen. De top-concentratie is doorgaans meer dan 10 x zoo hoog als de concentratie voor het stoomen (4.000.000—50.000.000). Daarna volgt meestal weer een kleine inzinking van het totaal bacterie-getal (eind-concentratie 4.000.000—30.000.000).

In enkele gevallen treedt de sterke stijging reeds in de eerste weken na het stoomen op, o.a. in het enige geval, waar direct begonnen werd met stoken (geval X). Verder ook in de gevallen V en VII, waarvan de monsters op den proeftuin bewaard werden. Het andere uiterste vormen de 3 gevallen IV, VI en IX, waar een aanmerkelijke stijging van het totaal bacterie-getal pas optrad nadat er gestookt werd. Het sterkst was dit het geval bij IV, waar juist zeer zwaar gestoomd was. Typisch is, dat juist in de eerste



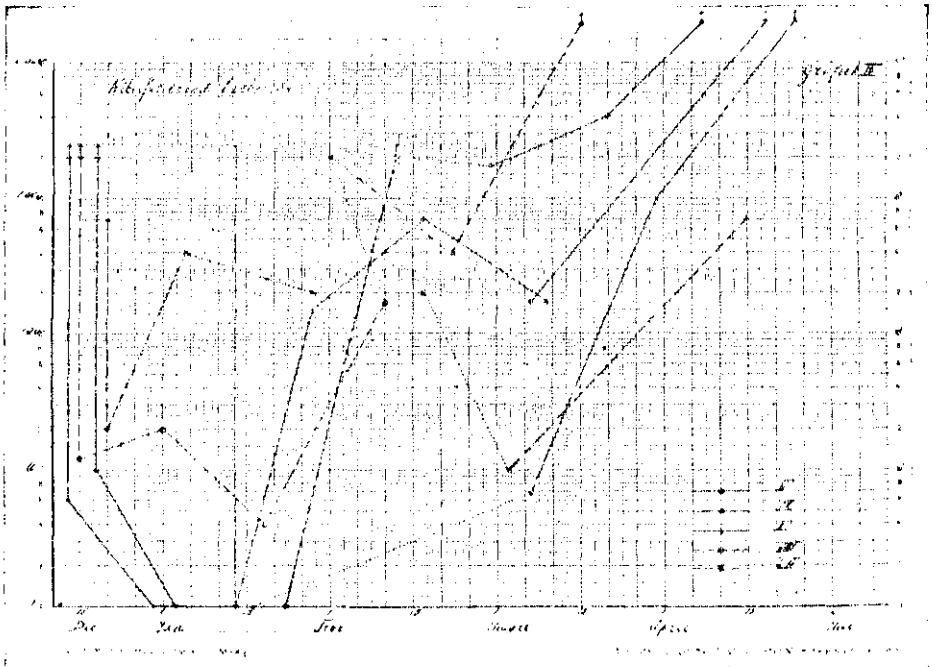
Grafiek 3.

twee van deze gevallen de grond in sterke mate doorgespoeld is met water kort na het stoomen, terwijl in het 3e geval de grond tijdens het stoomen in zeer vochtigen toestand verkeerde, doordat het betreffende warenhuis wegens herstel werkzaamheden onmiddellijk te voren, juist tijdens een zware regenperiode, geruimen tijd open had gelegen.

Wat betreft den invloed van het stoomen op het bacterieleven bieden deze gegevens echter geen goed vergelijkings-object, daar het aantal bacteriën vooral ook sterk afhankelijk is van de temperatuur. Oorspronkelijk was het dan ook de bedoeling geweest in enkele gevallen van een gelijksoortigen grond, die niet gestoomd werd, eveneens na verschillende tijden monsters te onderzoeken. Dit is echter niet gebeurd.

In het verloop van het aantal eiwitplitsende bacteriën is zeer weinig lijn te vinden. Wel is het duidelijk bij de monsters, die voor

de strenge vorstperiode genomen zijn, dat onmiddellijk na het stoomen een scherpe daling van het aantal eiwitsplitsende bacteriën heeft plaats gehad (voor het stoomen 40.000—1.000.000, na het stoomen < 1.000—7.000, zie tabel 3). Bij de monsters van de gevallen III, V en VI, die tijdens de strenge vorstperiode genomen werden, was het aantal voor het stoomen zoo gering (1.000—15.000), dat van een scherpe daling geen sprake meer kon zijn. Na dien tijd vertoont het aantal eiwitsplitsende bacteriën een zeer onregelmatig verloop, waarbij bij de meeste monsters het aantal bacteriën vóór het stoomen tijdelijk wel eens wordt overtroffen, maar niet blijvend en niet in die mate, zooals dat bij het totaal bacterie-getal het geval was. De top-concentraties na het stoomen varieerden van 30.000—1.500.000. Hierbij dient opgemerkt te



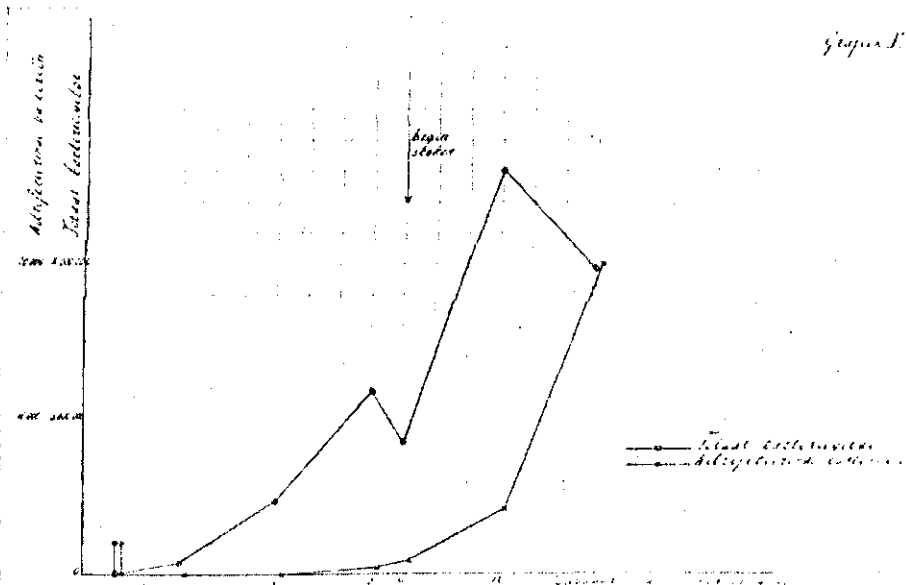
Grafiek 4.

worden, dat we dit gedrag van het aantal eiwitsplitsende bacteriën niet als het normale verloop kunnen beschouwen. Bij de voortgezette onderzoekingen in de volgende jaren is vaak een sterke invloed gebleken van de partiële ontsmetting op het aantal eiwitsplitsende bacteriën.

Het verloop van het aantal nitrificerende bacteriën is uitgezet in de grafieken 3 en 4 op geheel dezelfde wijze als het totaal bacterie-getal. De punten met naar boven wijzende pijltjes geven aan, dat de bacterie-concentratie niet nauwkeurig bepaald kon worden, daar ook van de grootste verdunning alle buizen positief reageerden. We weten dus alleen, dat de concentratie in die gevallen boven de aangegeven punten lag.

Ook bij de nitrificerende bacteriën vertoonen de verschillende lijnen een groote gelijkenis. Over het algemeen geven zij hetzelfde

beeld te zien als de lijnen van het totaal bacterie-getal. Het belangrijkste verschil is, dat de sterke stijging van het aantal bacteriën meestal pas aanmerkelijk later optreedt dan bij het totaal bacterie-getal. Dit moet toegeschreven worden aan het feit, dat de nitrificerende bacteriën een betrekkelijk hooge temperatuur noodig hebben voor een sterke ontwikkeling. Dientengevolge trad een stijging boven het aantal vóór het stoomen in alle gevallen pas op nadat er gestookt werd. De concentratie voor het stoomen beweegt zich tusschen 700 en ruim 2000. Onmiddellijk na het stoomen is de concentratie vaak nihil en maximaal 20. De vernietiging van de nitrificerende bacteriën is dus veel vollediger dan van het totaal aantal bacteriën (dit was tot op 1/10 gedaald). Daarna treedt een aanvankelijk zeer geleidelijke stijging op.



Grafiek 5.

Alleen bij geval X, waar direct na het stoomen gestookt werd, is de stijging onmiddellijk zeer sterk. Ook bij geval V treedt direct een vrij aanzienlijke stijging op. Bij geval IV blijft de concentratie geruimen tijd nihil. De sterke stijging heeft zich tot en met de laatste waarnemingen voortgezet, zoodat we hier geen volkomen S-curve te zien krijgen. De top- (tevens eind-) concentraties bedragen 700—ruim 20.000. Dit is over het algemeen $\pm 10 \times 200$ hoog als voor het stoomen. De beide gevallen, waar de concentratie beneden de 20.000 bleef (VII en X) betreffen juist gronden met een hoog humusgehalte (veenachtig) en een betrekkelijk lage pH (tusschen 5 en 6). Bij geval VI met eveneens een pH tusschen 5 en 6, maar met een laag humusgehalte, heeft wel een stijging plaats gehad tot boven de 20.000.

In grafiek 5 zijn zoowel van het totaal bacterie-getal als van het aantal nitrificerende bacteriën de gemiddelden van 7 gevallen opgeteekend. Het geval X is hiervan uitgeschakeld, omdat hier van het begin af gestookt werd. De gevallen V en VII konden

ook niet met de andere vergeleken worden, daar de latere monsters hier in verband met een andere cultuurwijze niet op dezelfde tijdstippen zijn genomen. Bovendien zijn de monsters vóór het stoken van deze beide gevallen waarschijnlijk aanvankelijk wat te warm bewaard. De volgende beide punten vallen direct in het oog:

1. De stijging van het aantal nitrificerende bacteriën t.o.v. het aantal voor het stoomen is ten slotte van dezelfde orde als de stijging van het totaal bacteriegetal. (Beide zijn echter op verschillende schaal geteekend. De lijn van het aantal nitrificerende bacteriën is iets opgeschoven naar rechts geteekend, opdat beide lijnen duidelijker afzonderlijk te zien zouden zijn).

2. De stijging van het aantal nitrificerende bacteriën zet pas veel later in dan bij het totaal bacteriegetal, n.l. pas na het stoken. Dit is uitsluitend een temperatuurkwestie. De kleine inzinking bij begin stoken in de lijn van het totaal bacteriegetal is te verklaren uit het feit, dat enkele monsters voor het stoken op den proeftuin waarschijnlijk iets warmer bewaard zijn, dan de temperatuur ter plaatse in de warenhuizen was op het oogenblik dat met stoken begonnen werd.

Resultaten van het grondonderzoek.

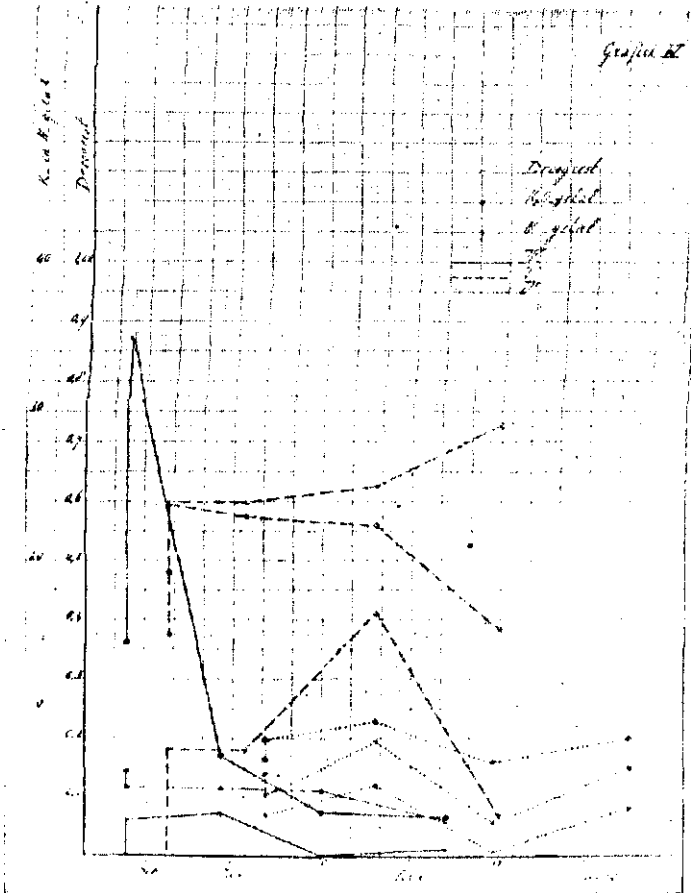
De cijfers van het natuurlijk vochtgehalte vertoonen soms groote afwijkingen, hoofdzakelijk in benedenwaartsche richting. Waarschijnlijk is in deze gevallen het vochtgehalte niet onmiddellijk bepaald. Deze bepaling geschiedde uitsluitend om een eventueelen invloed op de bacterie-concentratie vast te kunnen stellen. Bij te sterke uitdroging vermindert het bacterieleven. Bij vergelijking van de cijfers in tabel 3 zal blijken, dat zulks hier niet in belangrijke mate het geval is geweest. Onmiddellijk na het stoomen is het natuurlijk vochtgehalte meestal iets gestegen.

De cijfers van het luchtdroog vochtgehalte blijken weinig te veranderen, evenmin als het humusgehalte. Hier waren ook geen belangrijke veranderingen te verwachten. Ook al worden door een krachtiger bacterieleven grotere hoeveelheden organische stof omgezet, dan betreft dit toch alleen maar gemakkelijk ontleedbare organische stof en niet zoo zeer humus. Bovendien zijn het slechts betrekkelijk kleine hoeveelheden, die aldus ontleed worden, waardoor dit proces veel nauwkeuriger te vervolgen is aan een eventueele stijging van het stikstof-getal. Humus bevat n.l. $\pm 5\%$ N. Uit 1 gram humus kan dus maximaal 50 mg N vrijkomen, d.w.z. dat een vermindering van het humus-gehalte met 1% zou kunnen corresponderen met een verhooging van het N-getal met 50 eenheden, indien niet een aanzienlijk gedeelte als ammoniak aan het bodemcomplex geadsorbeerd werd of op andere wijze aan het bodemvocht onttrokken werd (als bacterie-substantie of anderszins).

Het kalkgehalte is eveneens zeer constant, zelfs bij de gevallen V en VI, waar een kalkbemesting is toegepast. Ook de pII verandert in de meeste gevallen weinig. Alleen in de 3 gevallen met de laagste pII vertoont deze eenige neiging tot stijgen (tabel 3). Dit is vooral duidelijk bij geval VI, waar het een tamelijk humusarme zandgrond betreft, waaraan 3 kg landbouwkalk per m^2 toegevoegd was. De pII is er dientengevolge met ongeveer 1 punt gestegen. Bij de zeer humusrijke gronden van de gevallen VII en

X, waar slechts met wat fertifos, resp. dommest bemest was, be- droeg deze stijging ongeveer $\frac{1}{2}$ punt.

Tenslotte treden ook in de P_2O_5 -getallen slechts zeer geringe wijzigingen op. Alleen na fosforbemesting bij het begin van de cultuur treedt soms een verhooging op. Tengevolge van het stoomen zijn in de P_2O_5 -getallen ook lang niet die veranderingen te wachten als in de N-getallen. In de eerste plaats bevat de organische stof aanmerkelijk minder P: in bacterie-substantie bedraagt de hoeveelheid P slechts ongeveer $\frac{1}{5}$ van de hoeveelheid N, en ook in



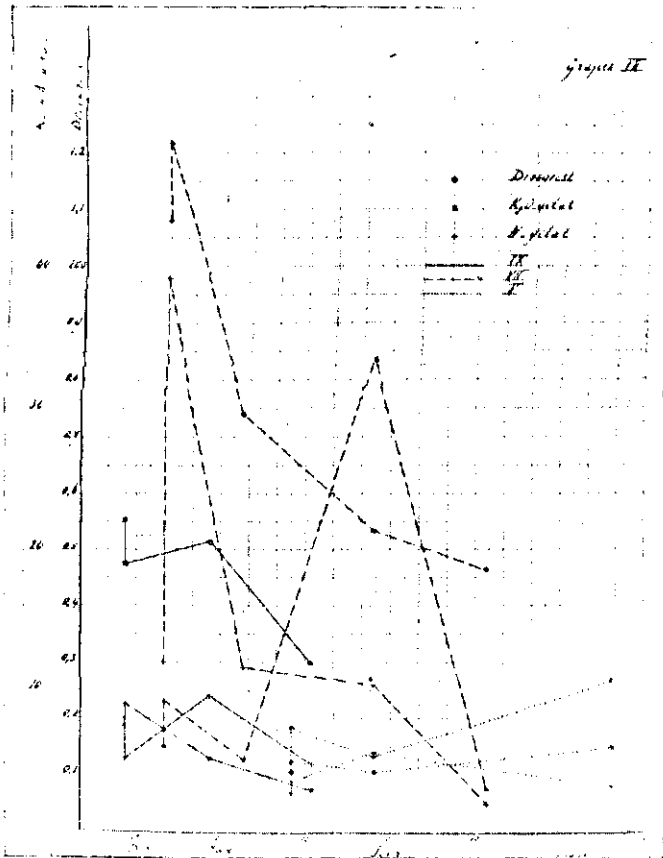
Grafiek 6.

plantenresten zal de hoeveelheid P aanmerkelijk geringer zijn, te meer waar de tendens bestaat, dat de P zich in het zaad ophoopt. Bovendien zal de geringe hoeveelheid P, die vrijkomt, in nog sterker mate dan de N direct op de een of andere wijze (in bacterie-substantie, aan kalk of ijzer) in den bodem worden vastgelegd.

In het kenkenzoutgehalte treden wel duidelijke veranderingen op, en wel meestal in denzelfden zin als bij de droogrest. De veranderingen zijn bij het NaCl-gehalte echter veel onregelmatiger, zoodat we alleen de veranderingen in de droogrest nader zullen

beschouwen en wel in verband met de veranderingen in het N- en het K_2O -getal.

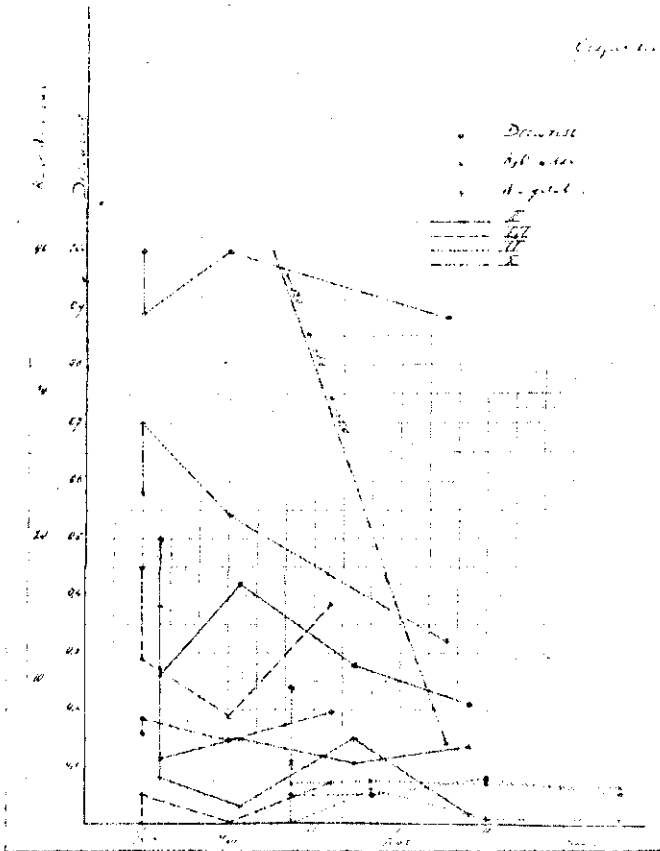
In de grafieken 6, 7 en 8 is voor elk geval het verloop van de droogrest, van het N- en van het K_2O -getal tezamen in 1 grafiek opgeteekend. Alleen de cijfers vóór het begin van de cultuur zijn aangegeven, daar van dat oogenblik af de veranderingen zeer onregelmatig waren in verband met de toen plaats gehad hebbende bemestingen. Alleen in het geval X werd de grond van het begin af beteeld (met sla) en hiermede houdt waarschijnlijk ook de sterke daling van het N-getal en vooral de zeer sterke daling van het K_2O -getal verband.



Grafiek 7.

De droogrest blijkt onmiddellijk na het stoomen soms gestegen te zijn en soms gedaald. Bij geval IV was de droogrest zeer sterk gestegen, hetgeen te verklaren is uit het feit, dat het monster na het stoomen daar pas genomen werd, nadat de gestoomde grond 3 dagen lang, afgedekt met zeil en stroo, min of meer drooggebroid was, hetgeen ook blijkt uit de daling van het natuurlijk vochtgehalte. In de helft van de gevallen vertoont het verloop van de droogrest geen bepaalde lijn, wel een op- en neergang. In de andere gevallen heeft een vrij sterke daling van de droogrest plaats.

Bij geval VI en vooral bij geval IV was deze daling zeer sterk en toe te schrijven aan de doorspoeling direct na het stoomen. Ook bij geval IX is de daling van de droogrest vrij sterk, hetgeen mogelijk verband houdt met den zeer vochtigen toestand, waarin de grond er tijdens het stoomen verkeerde. Verder kwam nog bij geval II een vrij sterke daling voor, die het gevolg kan zijn van het feit, dat de grond na het stoomen wat erg nat is gemaakt. Tenslotte was de daling van de droogrest bij geval VII eveneens tamelijk sterk, zonder dat er hier echter een verklaring voor te vinden is.



Grafiek 8.

Het is niet te verwonderen, dat met de daling van de droogrest vaak een daling van de N- en K₂O-getallen gepaard gaat, daar beide voedingsstoffen tamelijk gemakkelijk uitspoelen. Inderdaad vinden we in enkele gevallen een min of meer overeenkomstige wijziging van de droogrest, N-getal en K₂O-getal, o.a. bij I en III (grafiek 6) en VIII (grafiek 8). Men krijgt hieruit sterk den indruk, dat hier 2 verschijnselen dooreenloopen: uitspoeling en het vrijkomen van voedingszouten. Het gevolg is, dat we van dit laatste verschijnsel geen zeer duidelijk beeld krijgen en op het

eerste gezicht schijnt er zelfs zeer weinig regelmaat in het verloop van de N- en K_2O -getallen te bestaan.

Bij nadere beschouwing van het verloop van het N-getal zien we echter in de meeste gevallen een duidelijke stijging onmiddellijk na het stoomen, welke na korteren of langeren tijd omkeert in een duidelijke daling (grafieken 6, 7 en 8). De stijging is natuurlijk toe te schrijven aan het vrijkomen van N uit organisch materiaal in den grond. De daling zal echter slechts zeer ten deele aan uitspoeling geweten kunnen worden. Er zal hierop nog nader teruggekomen worden.

Bij het K_2O -getal is van een dergelijk verloop weinig te merken, al treden er in de meeste gevallen wel duidelijke veranderingen op. Waarschijnlijk is de hoeveelheid K, die uit de organische stof vrijgemaakt wordt, aanmerkelijk geringer dan de hoeveelheid N, zoodat dit verschijnsel grootendeels overschaduw wordt door uitspoelings- en vastleggingsprocessen in den grond.

Verband tusschen de stijging van het totaal bacteriegetal en de daling van het N-getal.

Zooals reeds bij de resultaten van het bacterie-onderzoek behandeld is, treedt er behalve bij de gevallen IV, VI en IX (waar sprake was van sterke uitspoeling) reeds voordat met stoken begonnen werd een groote stijging van het totaal bacteriegetal op. In al deze gevallen voltrekt het grootste deel van deze stijging zich binnen betrekkelijk kort tijdsverloop. En in deze zelfde periode blijkt in alle gevallen een meer of minder sterke daling van het N-getal op te treden. Dit komt duidelijk tot uiting in de cijfers van tabel 1. In de eerste kolom staan de tijdsperiodes aangegeven, waarin de scherpe stijging van het totaal bacteriegetal plaats had. In de tweede kolom staat het bedrag van deze stijging en in de derde kolom de mate van de daling van het N-getal. De sterke ontwikkeling van het bacterieleven gaat blijkbaar gepaard met een ontleding van N-arm organisch materiaal zooals cellulose, pento-

TABEL 1.
Verband tusschen totaal bacteriegetal en N-getal.

		Totaal bacteriegetal per g grond	N-getal
I.	5 weken na het stoomen	400.000	16.4
	8 weken na het stoomen	6.000.000	2.8
II.	5 weken na het stoomen	250.000	6.0
	8 weken na het stoomen	10.000.000	0.8
III.	2 weken na het stoomen	50.000	4.8
	5 weken na het stoomen	15.000.000	0.4
V.	2 weken na het stoomen	150.000	5.6
	5 weken na het stoomen	8.000.000	3.2
VII.	Direct na het stoomen	40.000	39.2
	2 weken na het stoomen	25.000.000	11.6
VIII.	Direct na het stoomen	20.000	2.0
	2 weken na het stoomen	1.000.000	0.—
	5 weken na het stoomen	300.000	2.8
	8 weken na het stoomen	8.000.000	—
X.	Direct na het stoomen	15.000	28.—
	2 weken na het stoomen	1.500.000	21.6
	5 weken na het stoomen	8.000.000	—
	8 weken na het stoomen	5.000.000	12.8

Bij IV, VI en IX geen scherpe stijging van het totaal bacteriegetal, voordat men begon te stoken.

sanen en zetmeelachtige stoffen. De bacteriën voeden zich waarschijnlijk ten deele met de N uit het bodenvocht, welke vastgelegd wordt in de lichaamssubstantie van de bacteriën.

Waksman en Starkey (no. 14) wezen er reeds op, dat het, om een goed inzicht te krijgen in de veranderingen, die in den grond plaats grijpen, noodzakelijk is, onderscheid te maken tusschen de C en N, die voor den opbouw van de lichaamssubstantie der verschillende micro-organismen gebruikt wordt en de C- en N-verbindingen, die als energichron gebruikt worden, waarbij CO₂ en NH₃ vrijgemaakt worden. Zij hebben wel eens opgemerkt (no. 13), dat de hoeveelheid nitraat-stikstof daalde bij een sterk toenemende bacterie-activiteit. Een dergelijke negatieve correlatie met de totale hoeveelheid in water oplosbare stikstof is echter nooit zoo duidelijk vastgesteld. Misschien hangt dit wel samen met de geringe ontwikkeling van de eiwitplitsende bacteriën.

Dit verschijnsel kan heel sterk zijn bij toevoeging van veel onverteerd N-arm organisch materiaal, zooals stroo en stoppelresten, aan den grond, waardoor tijdelijk zelfs N-gebrek op kan treden. Volgens *Gerritsen* (no. 2) wordt in normale gevallen ± 75 kg stikstof per ha in bacterie-substantie vastgelegd. Tijdelijk kan echter een vele malen zoo groote hoeveelheid vastgelegd worden. Een daling van het N-getal met 5 eenheden (= 5 mg per 100 g grond) zooals bij dit onderzoek meermalen waargenomen werd, correspondeert met een vastlegging van 150 kg stikstof per ha, wanneer men de dikte van de teellaag op 30 cm stelt en het gewicht van 1 dm³ grond op 1 kg. Het is dus heel goed mogelijk, dat een belangrijk deel van de daling van het N-getal aan dit verschijnsel toegeschreven moet worden.

Daarnaast kan natuurlijk ook wat uitgespoeld zijn. Bij toevoeging van N-meststoffen (o.a. zwavelzure ammoniak) kan zich soms een dergelijk verschijnsel in den grond voordoen, zoodat dan *plotseling een sterker ontleding van organische stof plaats heeft*. Wellicht bevordert het vrijkomen van stikstof door het stoomen op overeenkomstige wijze dit proces. Op zichzelf is deze vastlegging van stikstof allerminst schadelijk. Door de ontleding van de organische stof ontwijkt n.l. koolzuur in de lucht. Hierdoor wordt de C : N-verhouding kleiner, dus gunstiger; op den duur komt de N toch weer beschikbaar voor den plantengroei. Uitspoeling van de stikstof is echter op deze wijze voorkomen.

Verband tusschen het stoomen van den grond en de stijging van het N-getal.

In de meeste gevallen blijkt onmiddellijk na het stoomen het N-getal duidelijk gestegen te zijn. Voor zoover niet onmiddellijk een stijging van het totaal bacteriegetal hierop volgt, blijft de stijging van het N-getal zich nog voortzetten tot op het oogenblik, dat een scherpe stijging van het totaal bacteriegetal optreedt (zie tabel 2). Van de 7 gevallen, waarin een sterke stijging van het totaal bacteriegetal plaats had, voordat met stoken begonnen werd, vertoont alleen geval II een daling van het N-getal onmiddellijk na het stoomen. Dit moet hier evenals in geval VI waarschijnlijk toegeschreven worden aan de omstandigheid, dat de grond direct na het stoomen meer of minder doorgespoeld werd met water, en dat daarna pas het monster is genomen. Dit zou men althans af kunnen leiden uit de sterke verandering van de droogrest (zie tabel 2). In geval IV, waar het monster genomen werd vóór er uitgespoeld werd, en waar de droogrest dan ook juist gestegen

was, treedt wel een stijging van het N-getal onmiddellijk na het stoomen op. Ook bij geval IX, waar de grond in zeer vochtigen toestand gestoomd werd, is de stijging van het N-getal achterwege gebleven. We kunnen hieruit dus de conclusie trekken, dat het uitspoelen van den grond tot verlaging van de zoutconcentratie kort vóór of na het stoomen niet alleen een ongunstigen invloed uitoefent op het bacterieleven in den grond, maar ook de uitspoeling van de stikstof bevordert.

Wat het vrijkomen van de stikstof betreft krijgen we uit dit onderzoek den indruk, dat dit voor het grootste deel het gevolg is van een directe warmte-ontleding van de organische stof in den

TABEL 2.
Onmiddellijke invloed van stoomen op N-getal.

	N-getal		
	Vóór het stoomen	Direct na het stoomen	Bij aanvang van groote stijging van het totaal bacteriegetal
I	0.4	7.2	16.4
II	15.2	3.2	6.0
III	2.8	3.2	4.8
IV	0.0	2.4	—
V	2.8	3.6	5.6
VII	12.0	39.2	39.2
VIII	0.0	2.0	2.8
X	23.2	28.0	28.0

Geval II vormt dus een uitzondering, evenals de gevallen VI en IX. Bij II en VI is dit waarschijnlijk te verklaren als gevolg van uitspoeling:

	N-getal	Droogrest.
II Vóór het stoomen	15.2	0.501
Na het stoomen	3.2	0.26
VI Vóór het stoomen	4.4	0.24
Na het stoomen	0.0	0.05

grond, waarbij waarschijnlijk behalve aan plantenresten ook gedacht zal moeten worden aan de lichaams-substantie van bacteriën, protozoën en andere levende organismen in den grond. Bij de stikstof, die later nog vrijkomt, is misschien een werking van eiwit-splitsende bacteriën in het spel, hoewel van een krachtige werking van deze bacteriën onder de omstandigheden, waarin dit onderzoek plaats had (stoomen gedurende een strengen winter), niet veel gebleken is. Om een nauwkeuriger inzicht te krijgen betreffende de veranderingen, die optreden in den N-omloop in den grond, zou het noodig geweest zijn nitraat-N, ammoniak-N en eiwit-N afzonderlijk te bepalen. Dit is bij het onderzoek in de volgende jaren dan ook gebeurd.

De bemesting van gestoomden grond in verband met het vrijkomen van stikstof en het humusgehalte van den grond.

Het was reeds bekend, dat de hoeveelheid ammoniak, die vrijkomt na partiële sterilisatie, vaak een duidelijke correlatie vertoont met de hoeveelheid organische stof, welke de grond bevat (*Waksman en Starkey*, no. 12). In ons onderzoek kwam dit niet

altijd even duidelijk tot uiting in een sterker verhoogd N-getal bij humusrijke gronden, wel in zeer sterke mate bij geval VII, echter veel minder in de gevallen III en X. Toch was blijkbaar in al deze gevallen de ervaring van de tuinders, dat er veel voedingsstoffen vrijkomen door de ontsmetting, want alle drie bemestten zij slechts met een geringe hoeveelheid fosfaat-meststof.

Bij gronden, die zeer rijk zijn aan organische stof, kunnen daardoor na partiële sterilisatie zelfs wel te groote hoeveelheden in water oplosbare stikstof voorkomen, waardoor de groei te weelderig wordt met als gevolg b.v. holle stengels bij tomaten. Ook in het buitenland is het de ervaring (no. 8), dat b.v. grond van rijke komkommerbedden na stoomen niet te gebruiken is voor het opkweken van jonge tomatenplanten, wegens het optreden van „damping off”. Ook wij hebben de ervaring, dat men zeer voorzichtig moet zijn met het stoomen van rijken kweekgrond, b.v. voor het opkweken van jonge komkommerplantjes. Indien men dezen grond ontsmet tegen eventuele *Fusarium*, krijgt men zeer spoedig last van wegsmeulen van de jonge komkommerplantjes tengevolge van *Pythium*-aantasting. Ook in de practijk komt dit in den laatsten tijd nogal eens voor. Men moet dan óf wel zijn kweekgrond eenigen tijd van te voren ontsmetten en daarna goed uitspoelen, óf, wat wellicht economischer is, een wat minder rijk grondmengsel kiezen. Volgens *Korff* en *Böning* (no. 6) zou men na een ontsmetting van dergelijke grond met zwavelkoolstof nog meer last hebben van *Pythium*-aantasting, daar deze schimmel dan niet gedood wordt, terwijl de plant door de grootere stikstof-opname gevoeliger is geworden. Men dient dus na ontsmetting van den grond zeer voorzichtig te zijn met het toedienen van stikstof, in 't bijzonder bij gronden, rijk aan organische stof.

Het uitspoelen van gestoomden grond in verband met het bacterieleven en de bemesting.

Bij de behandeling van de resultaten van het bacterie-onderzoek en het grondonderzoek is er reeds op gewezen, dat uitspoeling van den grond onmiddellijk vóór het stoomen of na het stoomen, een zeer ongunstigen invloed kan hebben op de hernieuwde ontwikkeling van het bacterieleven, terwijl de pas vrijgekomen stikstof voor een groot deel verloren kan gaan. Men moet in dergelijke gevallen zijn grond niet uitspoelen, tenzij de hooge zoutconcentratie dit beslist noodzakelijk maakt. Bij ons onderzoek was in geval VI de droogrest zeker niet zoo hoog, dat uitspoeling noodig was (zie tabel 3). Wanneer uitspoeling van den grond in verband met een te hooge zoutconcentratie echter wel noodzakelijk is, dan zal dit het best kunnen gebeuren onmiddellijk na het beëindigen van de teelt. Men moet den grond daarna eerst enkele weken laten liggen en kan dan pas gaan stoomen. Er is natuurlijk geen bezwaar tegen, dat men gestoomden grond, die eenigszins droog gebroeid is, weer in een natuurlijke, vochtigen toestand brengt.

Wanneer men den grond niet uitspoelt na het stoomen, zal men echter nog voorzichtiger moeten zijn met de bemesting in verband met hetgeen in het vorige hoofdstuk besproken werd. Daar staat echter een besparing van meststoffen tegenover, die vooral in dezen tijd zeer belangrijk is. Dit blijkt duidelijk uit ons onderzoek. In de gevallen IV en VI, waar de grond na het stoomen sterk uitgespoeld werd, is door de tuinders vrij zwaar gemest. Waarschijnlijk wisten deze bij ervaring, dat zulks bij hun werkwijze noodzakelijk was.

Toch bleken er t.o.v. den groei van het gewas weinig verschillen te bestaan in de resultaten van het stoomen. Deze waren over het algemeen zeer goed. Deze goede resultaten konden echter na het uitspoelen van den grond slechts verkregen worden door een sterkere bemesting, hetgeen zeker niet de meest economische wijze van werken is.

SAMENVATTING.

In den strengen winter 1939—1940 werd de invloed van het stoomen op het bacterieleven en op de samenstelling van den grond bestudeerd. Dit geschiedde onder uiteenlopende omstandigheden, vooral wat betreft de vochtigheid en het al of niet uitspoelen van den grond na het stoomen, zooals men deze in de praktijk aantreft.

Direct na het stoomen was het bacterieleven zeer gering. Na eenige weken trad een sterke stijging van het totaal bacteriegetal op tot ver boven de aanvankelijke hoogte. Het aantal nitrificerende bacteriën vertoonde een zelfde stijging pas veel later, toen de temperatuur van den grond flink gestegen was. Het aantal eiwitplitsende bacteriën vertoonde niet zoo'n typische toename.

De hoeveelheid in water oplosbare stikstof vertoonde in de meeste gevallen onmiddellijk na het stoomen een stijging, die zich voortzette tot op het oogenblik, dat het totaal bacteriegetal een sterke stijging ging vertoonen. Daarna trad een duidelijke daling van het N-getal op. Wanneer de grond in een te vochtigen toestand gestoomd werd of indien de grond na het stoomen uitgespoeld werd, bleef de toename van het stikstofgetal achterwege, terwijl het microleven zich veel minder ontwikkelde.

Vooral in gronden, die rijk zijn aan organische stof, kan na het stoomen zeer veel stikstof in oplossing komen, waardoor o.a. jonge kornkommerplanten gevoeliger worden voor *Pythium*-aantasting. Men moet dan zeer voorzichtig zijn met de stikstof-bemesting.

LITERATUURLIJST.

1. L. W. Erdman. The numbers of microorganisms in Carrington loam as influenced by different soil treatments. Agric. Exp. St. Iowa Res. Bull. 109—1928.
2. F. C. Gerritsen. Bodenbacteriologie in dienst van Land- en Tuinbouw. Rijkslandbouwproefstation Gron. 1939.
3. G. W. Harmsen. Het microbiologisch grondonderzoek. Deel III van de Rapporten met betrekking tot de onderzoekingen in de Andijker proefpolder, gedurende de eerste vier cultuurjaren (1927—1931).
4. F. Khalil. The effect of drying on the microbiological Processes in soils. Zentr. bl. f. Bakt. u. Par. Bd. 79—1929, s. 93—107.
5. F. Y. Kingma Boltjes. Onderzoekingen over nitrificerende bacteriën. Proefschrift 1934.
6. G. Korff und K. Böning. Beiträge zur Bodenbehandlung und partiellen Bodendesinfektion. Phyt. Ztschr. Bd. II—1930, s. 39—86.
7. E. W. B. van den Muyzenberg en J. J. F. Roghair van Rijn. De grondontsmetting door middel van Electriciteit. Mededeel. v. d. L.H. Deel 40. Verhandeling 4—1937.
8. Notes for Nurserymen. Fruit, Fl. and Veg. Tr. J. 1940 no. 13.
9. E. J. Russell and H. B. Hutchinson. The effect of partial sterilisation of soil on the production of plant food. Journal of Agric. Sc. 3—1908/10, p. 111—144.
10. ———. II The limitation of bacterial numbers in normal soils and its consequences. Journal of Agric. Sc. 5—1912/13, p. 152—221.
11. S. A. Waksman. Influence of fertilisation upon numbers of microorganisms in the soil. Soil Science, Bd. 14—1922, p. 321—346.
12. S. A. Waksman and R. L. Starkey. Partial sterilisation of soil, microbiological activities and soil fertility. Soil Science, Bd. 16—1923, p. 137—156.
13. ———. II. Soil Science, Bd. 16—1923, p. 247—268.
14. ———. III. Soil Science, Bd. 16—1923, p. 343—357.

TABEL 3.

Grondsumenstelling en bacterieconcentratie voor en na het stoomen.
(Onderzoek 1939—1940).

	Totaal bacteriegetal per g grond	Eiwitsplitsende bacteriën per g grond	Nitrificerende bacteriën per g grond	Natuurlijk vochtgeh.
<i>I.</i>				
Voor het stoomen	400.000	100.000	>2.000 (0)	13.9
Direct na het stoomen	300.000	2.000	4 (0)	11.4
2 weken na het stoomen	150.000	15.000	17 (0)	—
5 weken na het stoomen	400.000	7.000	2 (0)	13.6
8 weken na het stoomen	6.000.000	<1.000?	10 (0)	9.3
Begin stoken	5.000.000	6.000	20 (0?)	12.2
Na 3 weken stoken	2.000.000	30.000	2.000 (0)	12.7
Na 6 weken stoken	4.000.000	50.000	>20.000 (100)	15.0
<i>II.</i>				
Voor het stoomen	3.000.000	50.000?	>2.000 (0)	18.72
Direct na het stoomen	300.000	<1.000	10 (0)	19.24
2 weken na het stoomen	40.000	<1.000	0 (0)	—
5 weken na het stoomen	250.000	<1.000	0 (0)	—
8 weken na het stoomen	10.000.000	<1.000	>2.000 (0)	16.4
		20 c. 150.000		
Begin stoken	1.500.000	8.000	1.700 (0)	19.3
Na 3 weken stoken	4.000.000	60.000	4.000 (10)	19.—
Na 6 weken stoken	4.000.000	30.000	>20.000 (0)	9.3
<i>III.</i>				
Voor het stoomen	1.000.000	15.000	>2.000 (0)	22.36
Direct na het stoomen	40.000	<1.000	4 (0)	29.32
2 weken na het stoomen	50.000	6.000	20 (0)	34.36
5 weken na het stoomen	15.000.000	1.500	? (0)	29.—
8 weken na het stoomen	10.000.000	250.000	0 (0)	28.—
Begin stoken	5.000.000	6.000	0 (0)	—
Na 3 weken stoken	50.000.000	20.000	100 (0)	29.8
Na 6 weken stoken	30.000.000	25.000	>20.000 (1000)	11.8
<i>IV.</i>				
Voor het stoomen	1.500.000	300.000?	1.700 (17)	13.0
Direct na het stoomen	200.000	7.000	0 (0)	10.44
2 weken na het stoomen	600.000	3.000	0 (0)	14.7 ¹
5 weken na het stoomen	400.000	1.000	0 (0)	13.6 ²
8 weken na het stoomen	400.000	2.000	70 (0)	14.3
Begin stoken	1.000.000	<1.000	20 (0)	7.4
Na 3 weken stoken	2.500.000	15.000	2.000 (20)	16.6
Na 6 weken stoken	4.000.000	10.000	>20.000 (7)	13.8
<i>V.</i>				
Voor het stoomen	1.000.000	<1.000	>2.000 (0)	11.32
Direct na het stoomen	4.000	<1.000	0 (0)	13.5 ⁶
2 weken na het stoomen	150.000	?	150 (0)	15.4
5 weken na het stoomen	8.000.000	<1.000	700 (0)	7.0
		20 c. 30.000		
8 weken na het stoomen	4.000.000	100.000	170 (0)	16.6
Begin cultuur	2.000.000	4.000	170 (0)	—
5 weken later	3.000.000	20.000	>20.000 (20)	5.7
10 weken later	—	—	—	—

Lucht-dr. lichtgeh.	Humus geh.	Kalk- geh.	pH	NaCl geh.	Droogr. geh.	N- getal	P ₂ O ₅ getal	K ₂ O getal
0.9	4.2	0.92	6.67	0.004	0.48	0.4	7.0	15.—
0.5	4.5	0.80	6.72	0.033	0.595	7.2	6.1	24.—
0.5	4.5	1.32	6.59	0.037	0.575	7.2	4.7	24.—
0.5	4.3	0.84	6.72	0.061	0.56	16.4	4.7	25.—
0.6	3.3	0.72	6.96	0.044	0.385	2.8	3.3	29.—
0.7	4.5	0.36	6.82	0.026	0.525	6.8	10.—	19.—
0.7	5.4	0.44	5.99	0.028	0.48	32.—	14.—	28.—
2.0	5.6	0.40	6.32	0.026	0.51	0.4	12.—	47.—
1.6	7.7	1.84	6.93	0.—	0.501	15.2	0.9	11.—
1.—	7.8	1.92	6.67	0.011	0.26	3.2	1.0	4.50
1.9	7.6	2.16	7.13	0.021	0.42	1.2	0.7	6.0
1.2	7.3	1.60	7.04	0.007	0.28	6.0	1.1	4.25
1.8	7.6	1.64	7.05	0.030	0.21	0.8	1.1	5.50
2.3	8.0	2.0	6.91	0.021	0.32	3.0	22.—	5.0
3.—	8.0	1.60	6.89	0.028	0.33	12.4	3.9	15.0
1.1	7.5	1.60	6.74	0.023	0.21	4.4	3.0	13.0
3.6	13.0	0.20	6.36	0.021	0.165	2.8	0.—	5.50
1.7	13.7	0.24	6.12	0.021	0.20	3.2	0.—	4.25
2.5	13.2	0.12	6.50	0.016	0.23	4.8	0.—	7.75
—	—	0.16	6.36	—	0.16	0.4	0.—	2.4
3.64	12.0	0.04	6.47	0.004	0.20	3.2	0.1	6.0
1.6	10.8	0.16	6.95	0.009	0.11	0.4	0.1	1.0
1.6	12.6	0.24	6.58	0.028	0.11	8.—	0.—	7.8
1.3	14.4	0.04	6.78	0.011	0.12	2.8	0.1	47.0
0.9	5.3	1.16	6.98	0.009	0.36	0.—	2.9	5.75
0.1	2.8	0.80	6.98	0.004	0.87	2.4	3.—	4.60
0.8	4.3	0.60	6.70	0.014	0.17	2.8	3.9	4.55
0.2	3.7	0.72	7.33	0.0	0.075	0.—	3.7	4.50
—	3.1	0.60	7.21	0.009	0.065	0.4	3.8	2.4
0.5	4.5	0.72	6.99	0.—	0.135	2.4	5.3	6.0
—	5.9	0.60	6.55	0.014	0.21	7.2	5.9	28.—
0.7	6.1	0.60	6.23	0.035	0.25	4.4	12.4	17.—
0.3	2.9	0.20	6.14	0.007	0.105	2.8	4.4	8.0
0.1	3.5	0.24	6.03	0.028	0.185	3.6	2.8	5.0
0.2	3.9	0.12	6.08	0.014	0.135	5.6	6.4	4.25
—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.6	4.5	0.08	5.41	0.037	0.27	3.2	2.1	6.0
0.6	3.4	0.20	6.55	0.016	0.23	14.8	7.3	5.50
0.4	2.5	0.04	6.19	0.034	0.14	4.4	2.9	6.0
0.3	2.8	0.—	5.41	0.016	0.10	9.6	9.6	9.0

TABEL 3 (vervolg).

	Totaal bacteriegetal per g grond	Eiwitsplitsende bacteriën per g grond	Nitrificerende bacteriën per g grond	Natuurlijk vochtgeh.
<i>VI.</i>				
Voor het stoomen	300.000	< 1.000	> 2.000 (0)	17.76
Direct na het stoomen	30.000	< 1.000	0 (0)	20.66
2 weken na het stoomen	200.000	4.000	15 (0)	7.8
5 weken na het stoomen	200.000	< 1.000	20 (0)	19.1
8 weken na het stoomen	800.000	30.000	2 (0)	15.3
Begin stoken	15.000.000	30.000	1.700 (0)	12.8
Na 3 weken stoken	4.000.000	25.000	> 20.000 (0)	—
Na 6 weken stoken	6.000.000	10.000	> 20.000 (0)	—
<i>VII.</i>				
Voor het stoomen	100.000	40.000?	700 (0)	42.8
Direct na het stoomen	40.000	4.000	20 (0)	40.88
2 weken na het stoomen	25.000.000	80.000	400 (0)	37.8
5 weken na het stoomen	15.000.000	300.000	200 (0)	31.7
8 weken na het stoomen	6.000.000	< 1.000	200 (0)	35.0
		2e c. 10.000		
Begin cultuur	8.000.000	6.000	10 (0)	—
5 weken later	20.000.000	50.000	700 (0)	—
10 weken later	—	—	—	—
<i>VIII.</i>				
Voor het stoomen	100.000	100.000	> 2.000 (0)	16.02
Direct na het stoomen	20.000	3.000	12 (0)	18.18
2 weken na het stoomen	1.000.000	40.000	20 (0)	16.96
5 weken na het stoomen	300.000	30.000	4 (0)	14.28
8 weken na het stoomen	8.000.000	20.000	170 (0)	—
Begin stoken	400.000	7.000	> 2.000 (0)	15.0
Na 3 weken stoken	8.000.000	7.000	400 (0)	13.8
Na 6 weken stoken	15.000.000	40.000	> 20.000 (80)	16.02
<i>IX.</i>				
Voor het stoomen	800.000	50.000	> 2.000 (0)	6.04
Direct na het stoomen	250.000	2.000	6 (0)	9.44
2 weken na het stoomen	250.000	20.000	0 (0)	28.32
5 weken na het stoomen	300.000	1.500	0 (0)	30.60
8 weken na het stoomen	—	—	—	—
Begin stoken	2.500.000	2.000	7 (0)	25. —
Na 3 weken stoken	20.000.000	60.000	1.000 (0)	24.6
Na 6 weken stoken	6.000.000	10.000	> 20.000 (20)	—
<i>X.</i>				
Voor het stoomen	1.000.000	1.000.000	> 2.000 (2)	—
Direct na het stoomen	15.000	4.000	0 (0)	—
2 weken na het stoomen	1.500.000	1.500.000	17 (0)	53.76
5 weken na het stoomen	8.000.000	40.000	700 (0)	47.54
8 weken na het stoomen	5.000.000	10.000	7.000 (0)	50.0
Begin cultuur	—	—	—	—
5 weken later	—	—	—	—
10 weken later	—	—	—	—

Luftdr. ochtgeh.	Humus geh.	Kalk- geh.	pH	NaCl geh.	Droogr. geh.	N- getal	P ₂ O ₅ getal	K ₂ O getal
0.4	5.6	0.12	4.96	0.037	0.24	4.4	6.8	4.2
0.5	5.0	0.08	5.23	0.—	0.05	0.—	6.8	2.75
0.2	4.3	0.08	5.88	0.014	0.05	2.4	6.0	3.0
0.5	4.4	0.28	5.36	0.026	0.08	0.4	3.8	2.75
0.6	4.6	0.12	5.76	0.007	0.055	0.4	3.1	2.4
0.8	4.6	0.24	6.20	0.028	0.16	4.4	3.0	29.0
0.3	4.2	0.08	5.61	0.023	0.135	0.4	7.0	19.0
0.7	5.0	0.16	5.98	0.011	0.09	2.0	13.8	8.4
3.1	18.3	0.12	5.71	0.155	1.08	12.0	0.8	6.—
1.7	19.9	0.—	5.42	0.117	1.22	39.2	0.2	9.25
2.9	15.5	0.12	5.75	0.004	0.74	11.6	0.—	5.0
1.5	12.5	0.24	6.03	0.082	0.535	10.4	1.4	33.50
3.7	18.6	0.32	6.40	0.077	0.465	2.0	0.1	3.0 (?)
3.7	14.4	0.16	6.03	0.077	0.68	12.8	3.8	17.0
3.4	18.0	0.08	6.21	0.018	0.73	3.6	0.3	8.4
2.5	16.1	0.04	6.12	0.152	0.655	14.—	4.2	21.—
0.4	4.2	0.44	6.50	0.023	0.16	0.—	10.—	18.—
0.4	4.5	0.28	6.61	0.030	0.185	2.0	6.0	11.50
0.4	4.7	0.24	6.58	0.028	0.145	0.—	6.8	7.50
0.3	4.9	0.28	6.68	0.033	0.195	2.8	7.2	15.50
0.5	4.3	0.24	7.03	0.023	0.135	3.2	14.4	9.0
0.5	4.9	0.32	6.69	0.026	0.16	2.8	7.8	19.0
1.1	4.1	0.28	6.76	0.023	0.13	2.8	11.6	14.0
0.8	6.3	7.0	6.82	0.061	0.555	8.0	0.3	7.50
0.9	9.2	6.0	6.93	0.028	0.475	5.2	0.2	9.0
1.0	6.6	4.60	6.93	0.042	0.515	9.6	0.1	5.25
1.1	9.6	5.80	6.96	0.014	0.305	4.8	0.2	3.0
3.2	7.6	6.20	7.44	0.004	0.335	8.4	0.7	9.6
3.0	7.9	6.0	6.73	0.054	0.44	8.0	2.9	13.0
2.4	8.7	6.0	7.67	0.026	0.43	6.4	0.3	6.0
5.7	47.4	0.20	4.92	0.084	1.0	23.2	1.4	82.—
5.0	49.9	0.36	5.01	0.030	0.89	28.—	0.3	56.50
4.7	48.5	0.20	5.12	0.074	1.—	21.6	1.—	45.—
6.2	18.0	0.24	5.24	0.140	0.88	12.8	0.8	5.50
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

ZUSAMMENFASSUNG.

Im strengen Winter 1939—1940 wurde die Einfluss der Dämpfung auf dem Bakterienleben und auf der Zusammensetzung vom Boden studiert. Dies geschah unter verschiedene Umstände, besonders angehend die Feuchtigkeit und das wohl oder nicht Ausspülen vom Boden nach der Dämpfung, wie man diese in der Praxis findet.

Bald nach der Dämpfung gab er nur sehr wenig Bakterienleben. Nach einigen Wochen traf eine starke Steigerung von der gesammten Bakterienzahl ein bis weit über die Anfangshöhe. Die Zahl der nitrifizierenden Bakterien zeigte eine gleiche Steigerung, aber viel später, wenn die Temperatur des Bodens sich erheblich gesteigert hatte. Die Zahl der Eiweiss zersetzenden Bakterien zeigte nicht eine so typische Wachsung.

Die Menge in Wasser lösliche Stickstoff zeigte in dem grössten Teil der Fälle sofort nach der Dämpfung eine Steigerung, die sich ausdehnte bis auf dem Augenblick, dass die gesammte Bakterienzahl anfang sich stark zu erheben. Danach traf ein erhebliches Fallen der Stickstoffzahl ein. Wenn der Boden in einem zu feuchten Zustand gedämpft wurde, oder wenn der Boden nach der Dämpfung ausgespült wurde, blieb die Steigerung der Stickstoffzahl aus, während das Microleben sich viel weniger entwickelte.

Besonders in Böden, welche reich sind an organischen Stoff, kann nach der Dämpfung sehr viel Stickstoff im Auflösung gehen, wodurch u.a. junge Gurkenpflanzen mehr empfindlich werden für Pythiumbefall. Man soll dan sehr vorsichtig sein mit der Stickstoffdüngung.