

FACTOREN, DIE INVLOED UITOEFENEN OP DE RESULTATEN VAN HET STOMEN VAN GROND

Factors influencing the effect of soil steaming

DOOR/BY IR Y. VAN KOOT EN E. BAKKER—BEER

Proeftuin Zuid-Hollands Glasdistrict te Naaldwijk

Men zal bij het lezen van bovenstaande titel wellicht geneigd zijn, in de eerste plaats te denken aan de bij het stomen bereikte temperatuur, daar hierdoor natuurlijk bepaald wordt in hoeverre de verschillende in de grond overblijvende planten-parasieten zullen worden gedood.

Van verschillende van deze schadelijke organismen is de afstervings temperatuur reeds vrij goed bekend (Newhall (6) en Van Koot en Wiertz (4)).

Hierop zal in dit artikel niet worden ingegaan. Het is echter gebleken, dat verschillende zeer schadelijke organismen reeds bij lage temperatuur (40 à 50°C) volkomen afsterven. Het is dan ook onjuist te veronderstellen, dat het resultaat van het stomen steeds beter zal zijn naarmate er zwaarder gestoomd wordt. Dit is mede afhankelijk van de invloed, die het stomen uitoefent op het bacterieleven en op de chemische en fysische samenstelling van de grond.

In de literatuur zijn wel enkele gegevens te vinden betreffende oorzaken van minder goede resultaten bij het stomen van grond. Zo wordt o.a. door Herzog (1) en Reinhold, Noll en Hausrath (7) gewezen op de verdichting van de structuur die bij het stomen van zware, kalkarme grond kan optreden, hetgeen gepaard gaat met een vermindering van de watercapaciteit. Door hen wordt eveneens gewezen op de schadelijke gevolgen van het stomen van de grond, wanneer deze in te vochtige toestand verkeert.

Anderen (b.v. Johnson (2)) wijzen op de vorming van phytocide zowel als van groei-stimulerende stoffen uit het organisch materiaal in de grond tijdens het stomen. Er zijn vele voorbeelden bekend, dat ontsmette grond opnieuw werd besmet, waarna bepaalde ziekten veel heviger optraden dan ooit te voren.

Reeds eerder zijn op dit terrein onderzoeken verricht. Deze zijn beschreven in een publicatie in het Landbouwkundig Tijdschrift (Van Koot (3)). Dit betrof een onderzoek in 1940 naar de resultaten van het stomen onder verschillende omstandigheden in de praktijk. Daarbij werden aanmerkelijke verschillen aangetroffen. Zo bleek het gehalte in water oplosbare stikstof na het stomen sterker toe te nemen naarmate de grond meer organische stof bevatte. Het stomen van de grond in te vochtige toestand en het doorspoelen van de grond direct na het stomen had een zeer ongunstige invloed op de ontwikkeling van het microleven, terwijl de toename van het stikstofgetal onder die omstandigheden achterwege bleef.

Toch waren de resultaten niet in alle opzichten bevredigend. Zo deed zich de vraag voor, in hoeverre bepaalde veranderingen in het bacterieleven een gevolg waren van het stomen of van bepaalde klimatologische omstandigheden. Het merkwaardige verschijnsel, dat zowel het totaal aantal bacteriën in de grond als later ook

het aantal nitrificerende bacteriën na verloop van tijd een sterke stijging vertoonde, terwijl deze stijging bij het aantal eiwitplitsende bacteriën uitbleef, zou toegeschreven kunnen worden aan de strenge winter.

In 1941 is dit onderzoek in enigszins gewijzigde vorm voortgezet. Het onderzoek in dat jaar bleef beperkt tot een 3-tal zeer uiteenlopende gevallen. Er werden onmiddellijk vóór en na het stomen een aantal grondmonsters genomen, die gedurende 3 maanden onder volkomen gelijke omstandigheden bewaard werden, zowel bij lagere als hogere temperatuur. Aldus was het mogelijk de invloed van de wijze van stomen te scheiden van de invloed van de klimatologische factoren. Toch blijft er aan een dergelijke proefopzet nog een groot bezwaar verbonden, n.l. dat het zeer moeilijk is om op deze wijze de invloed van elke factor, die bij het stomen verschillend kan zijn, apart te bepalen.

Daarom is in 1946 een geheel andere weg gevolgd, waarbij een aantal grondsoorten onder volkomen controleerbare omstandigheden in het laboratorium gestoomd zijn. Bij dit onderzoek werd speciaal de invloed van de volgende factoren nader vastgesteld:

1. het humusgehalte van de grond;
2. het al of niet eerder gestoomd zijn van de grond;
3. de temperatuur waartoe de grond verhit wordt (het meer of minder zwaar stomen).

De methoden die toegepast werden bij het bacterie-onderzoek en bij de chemische analyse van de grond zijn reeds beschreven in bovenvermeld artikel in het Landbouwkundig Tijdschrift.

I. ONDERZOEK IN DE PRACTIJK (1941)

Opzet van het onderzoek

In dit onderzoek werden betrokken:

1. Een lichte, humusrijke kleigrond uit Den Hoorn (humusgehalte 10 %, natuurlijk vochtgehalte 25 %).
2. Een matig humusrijke zavelgrond uit Kwintsheul (humusgehalte 8 %, natuurlijk vochtgehalte 15 %).
3. Een matig zware, humusarme kleigrond uit Naaldwijk (humusgehalte 3 %, natuurlijk vochtgehalte 15 %).

Van de samenstelling van deze grondsoorten geven de gemiddelde analyses in tabel 3 een indruk.

Van deze grond werden zowel kort voor het stomen als onmiddellijk na het stomen op dezelfde plek telkens 6 monsters genomen. Van elk 6-tal monsters werd er één zo spoedig mogelijk onderzocht en de andere nadat zij respectievelijk gedurende 2, 5, 8, 10 en 13 weken onder dezelfde omstandigheden waren bewaard. Bovendien werd vóór het stomen nog een 7de monster genomen, dat op het laboratorium in

een autoclaaf gedurende 1 uur bij 1 atmosfeer overdruk gestoomd en daarna onmiddellijk onderzocht werd.

Bepaald werd het totaal bacterieleven, het aantal eiwitplitsende bacteriën en het aantal nitrificerende bacteriën. Bovendien had er een volledig chemisch onderzoek plaats. Hiervan zullen alleen de veranderingen in de hoeveelheid in water oplosbare stikstof en kali, alsmede de zoutconcentratie behandeld worden, daar de andere eigenschappen van de grond door het stomen weinig beïnvloed worden.

De bewaring van de monsters geschiedde in de eerste acht weken in een onverwarmde kas, daarna in een gestookt kasje. In de beide eerstgenoemde gevallen werd ongeveer gelijktijdig gestoomd (± 1 October). De temperatuur in de onverwarmde kas daalde tijdens de bewaring van deze grondmonsters van $\pm 13^{\circ}$ C tot $\pm 6^{\circ}$ C. De temperatuur in het gestookte kasje bedroeg aanvankelijk $\pm 18^{\circ}$ C, maar daalde later tot $\pm 12^{\circ}$ C. In het derde geval werd pas omstreeks half November gestoomd. Tijdens de bewaring van deze monsters daalde de temperatuur in de onverwarmde kas van 9° C tot 0° C; de temperatuur in het verwarmde kasje schommelde tijdens deze gehele bewaarperiode om de 12° C.

Elk monster werd bewaard in een sigarenkistje en afgedekt met matig vochtige turfmoalm om het vochtgehalte van de grondmonsters constant te houden, hetgeen zeer goed gelukt is. Tegen het einde van de bewaring trad echter een sterke schimmelontwikkeling op het hout op (vooral bij het laatst onderzochte geval), waarmee een vermindering van het bacterieleven in de grond gepaard ging.

Omstandigheden, waaronder werd gestoomd

1. Het geval in Den Hoorn betrof open grond, die voor de eerste maal tegen *Fusarium* in platglas-komkommers werd gestoomd. Deze grond was matig vochtig en bezat een goede structuur. Soms regende het tijdens het stomen, waardoor aan de oppervlakte platte koeken gevormd werden, die echter hoogstens 1 à 2 cm dik waren. Daaronder vertoonde de grond een mooie rulle kruimelstructuur.

Er werd gedurende 1 uur gestoomd op een diepte van ± 25 cm. Na 7 uur was de temperatuur tot op 35 cm geëgaliseerd op $\pm 60^{\circ}$ C.

2. Het geval in Kwintsheul betrof een tomatenwarenhuis, dat eveneens pas voor het eerst gestoomd werd. Dit geschiedde in hoofdzaak ter bestrijding van de kurkwortel en in mindere mate tegen het wortelaaltje van de tomaat (*Heterodera marioni*). De bovengrond was vrij droog en behoorlijk van structuur. Reeds op 25 cm komt echter een zeer vaste kleilaag voor. Er is hier veel met turfmoalm gewerkt ter verbetering van de structuur.

Wederom werd gedurende 1 uur op een diepte van ± 25 cm gestoomd. Na 1 uur was de temperatuur in de bovenste 35 cm geëgaliseerd op $\pm 60^{\circ}$ C.

3. Het geval in Naaldwijk betrof evenals dat in Kwintsheul een tomatenwarenhuis. Hier is de grond echter reeds gedurende een reeks achtereenvolgende jaren gestoomd, met het doel de productie op peil te houden. De oorspronkelijk uit de 4de en 5de steek afkomstige grond was tijdens het stomen matig vochtig en bezat een redelijke structuur. Deze grond bezit een vrij hoog kalkgehalte en een hoge

pH, doch wordt niettemin in droge toestand zeer vast en moeilijk te bewerken.

Er werd hier slechts gedurende $\frac{1}{2}$ uur gestoomd, eveneens op een diepte van ± 25 cm. Na 7 uur was de temperatuur in de bovenste 35 cm geëgaliseerd op $\pm 45^\circ$ C. Dit is 15° C lager dan in de beide eerstgenoemde gevallen, waaruit blijkt dat in Naaldwijk aanmerkelijk zwakker is gestoomd.

Resultaten van het bacteriologisch onderzoek

Uit tabel 1 blijkt, dat reeds direct na het stomen een minstens zo actief bacterielevens aangetroffen werd als vóór het stomen. Meestal verliepen er wel een paar dagen tussen het moment van stomen en het tijdstip, waarop het bacteriologisch onderzoek plaats had. Dit tijdsverloop was voldoende voor het bacterielevens om zich geheel te herstellen. In de monsters, die in de autoclaaf waren gestoomd, bleek het bacterielevens volkomen te zijn vernietigd.

In de lichte humusrijke kleigrond uit Den Hoorn is het bacterielevens tengevolge van het stomen aanzienlijk versterkt. Het aantal eiwitsplitsende bacteriën is gedurende de gehele bewaarperiode in de gestoomde monsters vijfmaal zo hoog gebleven als in

TABEL 1

Bewaring	% Gloeirest		mg N per 100 g grond		Eiwitsplits. bact. in 1000-tallen		Totaal bact.-getal in 1000-tallen	
	Vóór stomen	Na stomen	Vóór stomen	Na stomen	Vóór stomen	Na stomen	Vóór stomen	Na stomen
<i>Humusrijke kleigrond (Den Hoorn)</i>								
1. Niet bewaard . .	0,125	0,085	2,8	4,4	220	1 200	2 000	20 000
2. 2 weken bewaard .	0,130	0,090	3,6	4,0	40	350	5 000	12 000
3. 5 weken bewaard .	0,130	0,145	4,0	4,4	250	800	3 000	10 000
4. 8 weken bewaard .	0,130	0,155	2,0	8,0	160	450	15 000	9 000
5. 8 + 2 w. bewaard.	0,150	0,115	7,2	7,6	100	350	1 200	20 000
6. 8 + 5 w. bewaard.	0,135	0,135	3,2	7,2	100	450	3 000	8 000
<i>Zavelgrond (Kwintshout)</i>								
1. Niet bewaard . .	0,090	0,160	6,0	8,0	300	1 000	2 500	3 000
2. 2 weken bewaard .	0,110	0,175	4,0	8,0	40	600	4 000	14 000
3. 5 weken bewaard .	0,185	0,225	6,0	10,0	300	5 000	1 200	20 000
4. 8 weken bewaard .	0,145	0,220	4,0	7,6	300	3 000	1 200	15 000
5. 8 + 2 w. bewaard.	0,140	0,145	2,8	4,0	100	2 500	600	25 000
6. 8 + 5 w. bewaard.	0,440	0,155	4,0	4,4	300	2 000	2 200	35 000
<i>Humusarme kleigrond (Naaldwijk)</i>								
1. Niet bewaard . .	0,190	0,075	3,6	0,0	70	200	3 000	3 000
2. 2 weken bewaard .	0,170	0,115	1,2	3,6	140	160	600	2 000
3. 5 weken bewaard .	0,165	0,105	3,2	2,4	160	100	600	1 000
4. 8 weken bewaard .	0,155	0,140	2,0	3,6	120	500	500	15 000
5. 8 + 2 w. bewaard.	0,195	0,125	0,4	3,6	40	7	800	500
6. 8 + 5 w. bewaard.	0,150	0,100	4,4	1,2	20	100	700	1 000

de niet gestoomde monsters. Het totaal bacterie-getal is gedurende die zelfde periode in de gestoomde monsters drie- tot tienmaal zo hoog geweest. Ook het aantal nitrificerende bacteriën is in de gestoomde monsters het hoogst geweest, doch hier was het verschil niet zo frappant.

In de matig humusrijke zavelgrond uit Kwintsheul was het effect van het stomen op het bacterieleven nog groter. Het aantal eiwitplitsende bacteriën heeft in de gestoomde grond het tien- tot twintigvoudige bedragen van het aantal in de niet gestoomde grondmonsters. Het totaal bacteriegetal was in de gestoomde monsters vier tot twintig maal zo hoog (grafiek 1). Het aantal nitrificerende bacteriën vertoonde pas acht weken na het stomen een belangrijke stijging.

In de humusarme kleigrond uit Naaldwijk heeft het bacterieleven slechts zwak op het stomen gereageerd. Dit mag niet geweten worden aan de lagere temperatuur, waarbij de monsters werden bewaard, daar het bacterieleven ook in de periode met wat hogere temperatuur in de wèl en niet gestoomde monsters een ongeveer gelijk verloop vertoonde. Het totaal bacteriegetal is gedurende de eerste acht weken in de gestoomde monsters twee- tot driemaal zo hoog geweest als in de niet gestoomde monsters (grafiek 2). Overigens kon echter geen duidelijke invloed van het stomen worden geconstateerd.

Resultaten van het chemisch onderzoek

Deze staan eveneens vermeld in tabel 1.

De stikstof-getallen (hoeveelheden in water oplosbare stikstof, uitgedrukt in mg per 100 g luchtdroge grond) vertonen het duidelijkst de invloed van het stomen. De in Den Hoorn en Kwintsheul genomen grondmonsters hadden vóór het stomen gemiddeld een stikstofgetal 4, na het stomen een stikstofgetal 7. In Naaldwijk, waar het bacterieleven na het stomen slechts weinig toegenomen is, blijkt het stikstofgetal na het stomen gelijk te zijn gebleven, n.l. 2,5.

De gloeirest-cijfers (hoeveelheden in water oplosbare zouten, uitgedrukt in gewichtsprocenten van de luchtdroge grond) vertonen in Den Hoorn na het stomen weinig verandering. Het vrijkomen van voedingszouten bij de ontleding van organische stof is hier blijkbaar gecompenseerd door de uitspoeling tengevolge van de regenval. In Kwintsheul vertonen de gloeirestcijfers een duidelijke stijging, hetgeen waarschijnlijk samenhangt met het vrijkomen van voedingszouten en het droog broeien van deze toch al reeds tamelijk droge grond. In Naaldwijk zijn de gloeirestcijfers na het stomen juist gedaald. Hier zijn blijkbaar geen voedingszouten vrijgekomen, terwijl de grond aanzienlijk vochtiger was.

De kali-getallen (hoeveelheden in water oplosbare kali, uitgedrukt in mg K_2O per 100 g luchtdroge grond) vertonen bij deze proef geen typische verschillen.

Conclusies

1. Door het stomen kan het bacterieleven in zeer aanzienlijke mate geactiveerd worden. Zelfs na drie maanden is nog geen vermindering van het aantal bacteriën te bespeuren. Het aantal nitrificerende bacteriën herstelt zich niet zo snel na het stomen, maar beweegt zich drie maanden later nog in stijgende lijn.

2. Het aantal eiwitplitsende bacteriën nam na het stomen minstens zo sterk toe als het totaal aantal bacteriën. In overeenstemming daarmee ging de toename van het bacterieleven ditmaal niet gepaard met een daling van het stikstofgehalte, zoals dat in het voorafgaande jaar het geval was, toen het aantal eiwitplitsende bacteriën sterk achterbleef.
3. In tegenstelling tot de beide andere gevallen was de gunstige invloed van het stomen in Naaldwijk gering. Hier waren de omstandigheden in drieërlei opzicht afwijkend:
 - a. Het humusgehalte van de grond was veel lager.
 - b. Er werd veel lichter gestoomd.
 - c. Er was reeds verschillende malen eerder gestoomd, terwijl dit in de beide andere gevallen voor het eerst geschiedde.

Welke van deze drie omstandigheden de belangrijkste rol gespeeld heeft is niet uit te maken. Toch is het van groot belang de invloed, die deze omstandigheden op het resultaat van het grondstomen uitoefenen, nader te leren kennen. Daarom is in 1946 een proef opgezet, waarbij enkele typen grond op het laboratorium op verschillende wijze werden gestoomd, zodat de betekenis van elk der drie bovengenoemde factoren apart kon worden bepaald.

II. LABORATORIUM-ONDERZOEK (1946)

Opzet van het onderzoek

Er werd grond verzameld van de volgende vier herkomsten:

1. Een lichte, humusarme zavelgrond uit Naaldwijk, die nog nimmer was gestoomd (humusgehalte 3 %).
2. Een overeenkomstige grond van een nabijgelegen bedrijf, waar reeds vele malen was gestoomd, het laatst in 1944. Uit de gemiddelde analyses in tabel 3 blijkt, dat het kalkgehalte aanzienlijk lager was dan op eerstgenoemde grond.
3. Een veengrond uit Rotterdam, die nog nimmer was gestoomd (humusgehalte 37 %).
4. Een overeenkomstige grond van hetzelfde bedrijf, die in de laatste vijf jaren driemaal was gestoomd. Uit de gemiddelde analyses in tabel 3 blijkt, dat het humusgehalte van deze grond iets lager is (30 %), de pH wat hoger en het keukenzoutgehalte aanmerkelijk hoger.

Elke grondsoort werd in drie gelijke partijen verdeeld. Eén dezer partijen bleef ongestoomd. Een tweede partij werd licht gestoomd, n.l. gedurende 15 minuten in een autoclaaf bij $\frac{1}{2}$ atmosfeer overdruk. Hierbij werd een temperatuur bereikt van $\pm 80^{\circ}$ C. De derde partij werd zwaar gestoomd, n.l. $1\frac{1}{2}$ uur bij 2 atmosfeer overdruk. Daarbij is de temperatuur gestegen tot ruim 100° C.

Alle partijen grond werden met korte tussenpozen omstreeks half Februari gestoomd. Daarna werd elke partij verdeeld in 5 monsters. Hiervan is er één steeds

dezelfde dag onderzocht op bacterieleven en chemische samenstelling, zoals in 1941. De andere monsters werden resp. gedurende 2, 4, 6 en 8 weken bewaard, waarna het onderzoek plaats vond.

De bewaring van de grondmonsters geschiedde in blikken busjes, die in een verwarmde kas bij $\pm 15^{\circ} \text{C}$ werden neergezet. De busjes werden geplaatst in matig vochtige turfmoel en hiermede afgedekt. Er werd nu geen hinder ondervonden van een sterke schimmelontwikkeling.

Resultaten van het bacteriologisch onderzoek

De afzonderlijke cijfers vindt men vermeld in tabel 2. In tabel 4 zijn deze cijfers samengevat door de cijfers van elke behandeling over de gehele bewaarperiode te middelen, en daarna deze cijfers nogmaals te middelen, resp. voor alle grondsoorten, voor de grondsoorten met laag en met hoog humusgehalte apart, en voor de nooit en reeds meermalen gestoomde grondsoorten apart.

De cijfers van de nitrificerende bacteriën geven het minst duidelijke beeld. Deze zijn zowel door licht als zwaar stomen volkomen gedood, terwijl de bewaarperiode te kort geweest is om de activiteit van de nitrificerende bacteriën tot volle ontplooiing te brengen. Het duurde vier tot acht weken eer een flink herstel van het aantal nitrificerende bacteriën plaats had.

Het aantal eiwitplitsende bacteriën en het totaal aantal bacteriën werden door licht stomen wel gereduceerd, doch slechts door zwaar stomen geheel vernietigd. Niettemin werd beider ontwikkeling in de zwaar gestoomde grond veel sterker gestimuleerd dan in de licht gestoomde grond.

Op de humusarme grond heeft licht stomen uitermate weinig effect gehad. Het totaal aantal bacteriën werd hierdoor in het geheel niet gewijzigd (grafiek 3) en het

TABEL 2

Bewaring		0 weken	2 weken	4 weken	6 weken	8 weken
<i>Humusarm, nooit gestoomd (Naaldwijk)</i>						
% gloeirest	Ongestoomd . . .	0,18	0,17	0,16	0,16	0,19
	Licht gestoomd . .	0,35	0,31	0,25	0,26	0,26
	Zwaar gestoomd .	0,40	0,31	0,30	0,29	0,33
mg N per 100 g grond	Ongestoomd . . .	10,9	8,9	5,3	3,9	6,8
	Licht gestoomd . .	30,0	22,5	13,2	10,6	14,4
	Zwaar gestoomd .	33,2	10,4	14,7	15,9	15,9
mg K ₂ O per 100 g grond	Ongestoomd . . .	9,6	11,2	8,7	10,3	13,6
	Licht gestoomd . .	22,5	26,3	18,2	15,0	18,6
	Zwaar gestoomd .	22,5	23,7	19,5	9,0	23,7
Eiwitspl. bact. in 1000-tallen	Ongestoomd . . .	600	630	200	360	1 000
	Licht gestoomd . .	450	1 250	500	500	1 000
	Zwaar gestoomd .	0	1 000	900	4 000	15 300

Totaal bacterie- getal in 1000-tallen	} Ongestoomd . . . Licht gestoomd . . . Zwaar gestoomd . . .	5 400	1 900	6 100	5 300	2 000
		500	2 600	5 400	7 200	3 500
		0	2 400	5 400	145 000	23 000
Nitrificerende bacteriën	} Ongestoomd . . . Licht gestoomd . . . Zwaar gestoomd . . .	1 700	1 000	12 000	12 000	400
		0	40	170	2 850	10 000
		0	80	15	1 700	10 000
<i>Humusarm, vaak gestoomd (Naaldwijk)</i>						
% gloeirest	} Ongestoomd . . . Licht gestoomd . . . Zwaar gestoomd . . .	0,19	0,18	0,22	0,17	0,20
		0,18	0,22	0,24	0,22	0,24
		0,24	0,23	0,22	0,22	0,23
mg N per 100 g grond	} Ongestoomd . . . Licht gestoomd . . . Zwaar gestoomd . . .	4,35	0,85	3,20	1,40	2,20
		2,60	3,15	1,40	1,90	2,80
		5,40	2,60	2,90	3,00	5,10
mg K ₂ O per 100 g grond	} Ongestoomd . . . Licht gestoomd . . . Zwaar gestoomd . . .	5,50	8,20	14,30	5,40	5,70
		5,50	4,60	3,80	3,80	4,30
		6,00	14,10	8,70	9,50	14,80
Eiwitspl. bact. in 1000-tallen	} Ongestoomd . . . Licht gestoomd . . . Zwaar gestoomd . . .	—	130	180	160	190
		—	70	750	170	900
		—	830	2 100	2 200	3 200
Totaal bacterie- getal in 1000-tallen	} Ongestoomd . . . Licht gestoomd . . . Zwaar gestoomd . . .	3 300	600	2 000	1 200	600
		60	1 000	950	1 400	2 700
		0	2 900	2 000	18 000	22 500
Nitrificerende bacteriën	} Ongestoomd . . . Licht gestoomd . . . Zwaar gestoomd . . .	400	2 000	17 000	1 960	6 000
		—	4	200	100	200
		—	40	600	400	4 000
<i>Humusrijk, nooit gestoomd (Rotterdam)</i>						
% gloeirest	} Ongestoomd . . . Licht gestoomd . . . Zwaar gestoomd . . .	0,41	0,40	0,40	0,39	0,43
		0,45	0,41	0,43	0,36	0,39
		0,58	0,51	0,43	0,46	0,56
mg N per 100 g grond	} Ongestoomd . . . Licht gestoomd . . . Zwaar gestoomd . . .	17,0	10,4	9,4	11,1	18,0
		24,2	15,0	15,4	15,4	16,0
		33,9	29,6	14,2	18,0	23,7
mg K ₂ O per 100 g grond	} Ongestoomd . . . Licht gestoomd . . . Zwaar gestoomd . . .	9,0	11,9	9,4	10,8	12,4
		11,5	13,1	10,4	9,0	12,3
		18,5	13,1	11,6	12,0	12,5
Eiwitspl. bact. in 1000-tallen	} Ongestoomd . . . Licht gestoomd . . . Zwaar gestoomd . . .	500	400	48	440	1 600
		130	2 200	40	1 200	10 000
		0	74	560	200	8 450

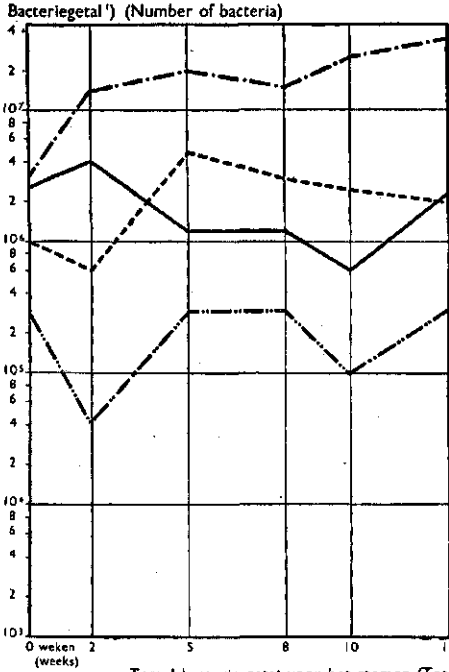
Bewaring		0 weken	2 weken	4 weken	6 weken	8 weken
Totaal bacterie- getal in 1000-tallen	Ongestoomd . . .	400	1 900	1 700	3 900	2 100
	Licht gestoomd . . .	200	1 500	12 000	5 000	22 000
	Zwaar gestoomd . . .	0	700	7 200	53 600	18 000
Nitrificerende bacteriën	Ongestoomd . . .	100	2 000	2 000	20 000	18 500
	Licht gestoomd . . .	2	2 000	400	20 000	20 000
	Zwaar gestoomd . . .	0	13	300	2 850	10 000
<i>Humusrijk, vaak gestoomd (Rotterdam)</i>						
% gloeirest	Ongestoomd . . .	0,90	0,87	0,80	0,72	1,17
	Licht gestoomd . . .	1,07	1,21	1,14	0,93	1,38
	Zwaar gestoomd . . .	1,07	0,90	0,89	0,92	1,30
mg N per 100 g grond	Ongestoomd . . .	20,5	22,2	8,0	3,8	15,1
	Licht gestoomd . . .	21,9	18,6	12,2	10,4	14,5
	Zwaar gestoomd . . .	27,5	19,6	13,2	16,4	26,4
mg K ₂ O per 100 g grond	Ongestoomd . . .	44,5	46,1	33,0	36,9	47,6
	Licht gestoomd . . .	60,5	56,7	34,7	40,2	41,6
	Zwaar gestoomd . . .	67,0	37,2	29,0	38,0	39,9
Eiwitspl. bact. in 1000-tallen	Ongestoomd . . .	750	—	—	2 500	280
	Licht gestoomd . . .	180	—	270	8 000	1 000
	Zwaar gestoomd . . .	—	—	4 200	79 000	1 400
* Totaal bacterie- getal in 1000-tallen	Ongestoomd . . .	8 000	—	2 500	3 600	2 500
	Licht gestoomd . . .	700	—	6 600	16 000	30 000
	Zwaar gestoomd . . .	—	—	150 000	126 000	265 000
Nitrificerende bacteriën	Ongestoomd . . .	17 000	2 000	20 000	17 000	5 900
	Licht gestoomd . . .	2	2 000	17 000	20 000	10 000
	Zwaar gestoomd . . .	—	18	130	850	20 000

aantal eiwitplitsende bacteriën nog niet verdubbeld. Door deze grond zwaar te stomen stegen beide aantallen wel tot het tienvoudige. De eiwitplitsende bacteriën herstelden zich het eerst.

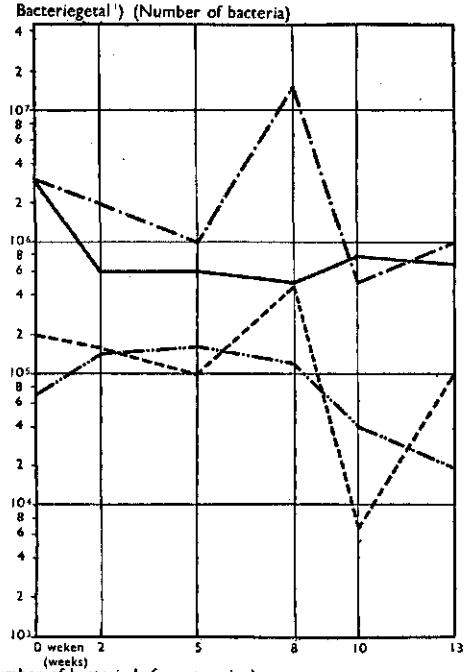
In de humusrijke grond herstelde zich het bacterieleven na het stomen sneller dan in de humusarme grond. Bovendien had licht stomen op deze grond reeds een aanzienlijk effect. Zowel het aantal eiwitplitsende bacteriën als het totaal aantal bacteriën steeg hierdoor tot ongeveer het vijfvoudige (grafiek 4). Door zwaar stomen steeg het bacterieleven in deze grond tot een nog veel hoger niveau (het totaal aantal bacteriën tot het vijftigvoudige).

Het al of niet eerder gestoomd geweest zijn van de grond heeft op deze resultaten vrijwel geen invloed uitgeoefend. De resultaten van licht stomen waren in beide

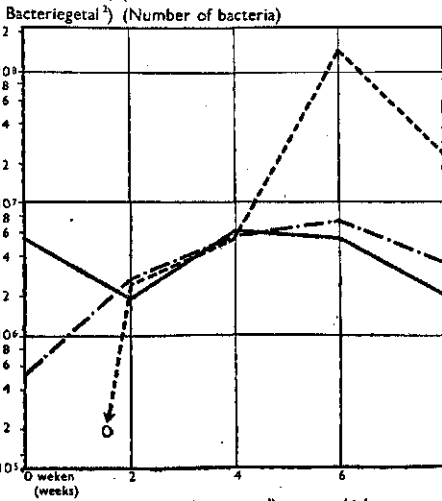
GRAFIEK 1 Matig humusrijke zavelgrond nooit gestoomd
(GRAPH 1) (Loam with a medium humus content never steam treated)



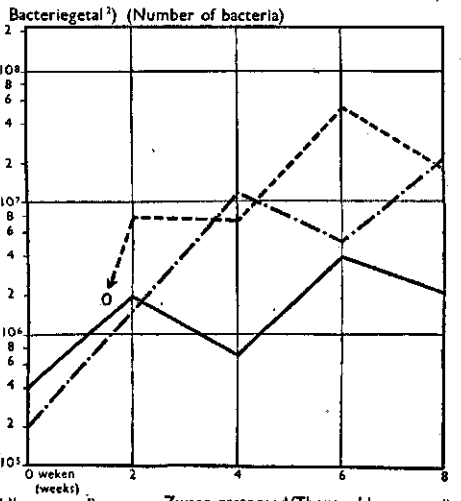
GRAFIEK 2 Humusarme kleigrond vaak gestoomd
(GRAPH 2) (Silty soil poor in humus often steam-treated)



GRAFIEK 3 Laag humusgehalte nooit gestoomd
(GRAPH 3) (Low humus content never steam treated)



GRAFIEK 4 Hoog humusgehalte nooit gestoomd
(GRAPH 4) (High humus content never steam-treated)



¹⁾ Log. verdeling van 1000—40.000.000

²⁾ Log. verdeling van 100.000—200.000.000

gevallen gelijk; het resultaat van zwaar stomen was bij de humusrijke grond, die meermalen tevoren gestoomd is geweest, juist het best.

Resultaten van het chemisch onderzoek

Ook deze zijn vermeld in tabel 2 en samengevat in tabel 4. De hoeveelheid in water oplosbare stikstof is gemiddeld in de zwaar gestoomde grond sterker toegenomen dan in de licht gestoomde grond. Hierop heeft het al of niet eerder gestoomd geweest zijn van de grond echter een bijzonder grote invloed uitgeoefend. Door licht stomen is het stikstof-getal in de reeds meermalen gestoomde grond in het geheel niet veranderd; door zwaar stomen is het stikstof-getal nog wel iets gestegen, speciaal in de humusrijke grond.

De verdere beschouwingen over het vrijkomen van stikstof kunnen dus beperkt blijven tot de grond, die nog nimmer te voren werd gestoomd. Het blijkt, dat in de humusarme en in de humusrijke grond de stijging van het stikstof-getal ongeveer gelijk geweest is (± 10 eenheden). In de humusrijke grond is deze stijging bij zwaar stomen iets groter geweest dan bij licht stomen. In de humusarme grond was de stijging in beide gevallen gelijk, hetgeen wellicht samenhangt met de naar verhouding iets sterkere activiteit van de eiwitsplitsende bacteriën na licht stomen. Merkwaardig is, dat in de humusarme grond het stikstof-getal onmiddellijk na het stomen het hoogst is geweest, en daarna aanmerkelijk is teruggelopen.

Opvallend is nog, dat de toename van de hoeveelheid in water oplosbare stikstof in verschillende gevallen in het geheel niet parallel verloopt met de verhoogde bacterie-activiteit. Dit blijkt zeer duidelijk uit de cijfers voor grond met een laag humusgehalte in tabel 4, waarin een samenvatting van alle resultaten is gegeven. Door licht stomen wordt reeds een vrijwel maximale stijging van de hoeveelheid in water oplosbare stikstof verkregen, terwijl pas door zwaar stomen een aanzienlijk verhoogde bacterie-activiteit werd verkregen. Dit zou er op kunnen wijzen, dat de toename van het bacterieleven niet enkel afhankelijk is van de verbeterde voedingsomstandigheden. Wellicht worden door zwaar stomen bepaalde schadelijke stofwisselingsproducten in de grond ontleed, waardoor het bacterieleven nog extra wordt gestimuleerd.

De zoutconcentratie nam in de meeste gevallen tengevolge van het stomen toe, hetgeen verklaarbaar is, daar bij de gevolgde wijze van werken uitspoeling niet

TABEL 3

Grondsoort	Lucht-droog vocht-gehalte	% humus	% kalk	% NaCl	pH	mg P ₂ O ₅ per 100 g grond
Humusrijke kleigrond (Den Hoorn) . .	3,0	10,0	0,4	0,01	6,6	4,0
Zavelgrond (Kwintsheul)	3,0	8,0	0,2	0,01	6,5	8,0
Humusarme kleigrond (Naaldwijk) . .	1,0	3,0	0,9	0,01	7,2	0,6
Humusarm, nooit gestoomd (Naaldwijk)	0,8	3,5	3,5	0,01	6,5	2,8
Humusarm, vaak gestoomd (Naaldwijk)	0,7	2,8	0,5	0,005	6,5	1,5
Humusrijk, nooit gestoomd (Rotterdam)	4,0	37,0	0,2	0,03	5,9	1,5
Humusrijk, vaak gestoomd (Rotterdam)	3,6	30,5	0,4	0,10	6,5	0,9

TABEL 4

Grondanalyse en bacterieleven, gemiddeld voor verschillende omstandigheden

Behandeling	% gloeirest	mg N per 100 g grond	mg K ₂ O per 100 g grond	Eiwitspl. bacteriën in 1000- tallen	Totaal bacterie- getal in 1000- tallen	Nitrific. bacteriën
Ongestoomd	0,42	9,2	17,9	680	2 550	4 100
Licht gestoomd	0,52	13,3	20,6	1 600	8 370	3 600
Zwaar gestoomd	0,52	16,6	21,5	9 480	35 140	5 750
<i>Laag humusgehalte</i>						
Ongestoomd	0,19	4,8	9,3	360	2 470	1 700
Licht gestoomd	0,26	10,2	12,3	650	3 030	1 900
Zwaar gestoomd	0,28	10,9	15,2	3 700	27 680	7 200
<i>Hoog humusgehalte</i>						
Ongestoomd	0,66	13,6	26,5	1 000	2 620	6 500
Licht gestoomd	0,78	16,4	29,0	3 230	13 720	5 250
Zwaar gestoomd	0,76	22,3	27,9	15 260	100 070	4 300
<i>Nooit gestoomd</i>						
Ongestoomd	0,29	10,2	10,9	590	3 120	6 200
Licht gestoomd	0,35	17,7	15,7	2 090	7 330	5 900
Zwaar gestoomd	0,42	21,0	16,6	3 810	32 070	8 200
<i>Vaak gestoomd</i>						
Ongestoomd	0,55	8,2	24,8	780	1 970	2 000
Licht gestoomd	0,69	8,9	25,6	1 790	9 410	1 300
Zwaar gestoomd	0,62	12,2	26,4	15 150	95 750	3 300

mogelijk is geweest. Men zou dus een parallel verloop van de gloeirest met de hoeveelheden vrijgekomen zouten kunnen verwachten. Dit is ook min of meer het geval. In de nooit eerder gestoomde, humusarme grond is de zoutconcentratie bijna verdubbeld en in de vaak gestoomde, humusarme grond vrijwel niet veranderd.

De hoeveelheid in water oplosbare kali is in de humusrijke grond door het stomen vrijwel niet veranderd. In de humusarme grond treffen we opnieuw de belangrijke invloed aan van het al of niet eerder gestoomd geweest zijn van de grond. In de nooit eerder gestoomde grond is het kaligetal met ongeveer 10 eenheden gestegen (na licht en zwaar stomen even sterk). In de reeds meermalen gestoomde grond trad enkel na zwaar stomen een geringe stijging van het kaligetal op.

Conclusies

Vooropgesteld dient te worden, dat het bovenstaande ons bij lange na niet een volledig beeld verschaft van de invloed, die door verschillende omstandigheden op het resultaat van het stomen wordt uitgeoefend. Behalve de drie factoren, die in studie werden genomen, kunnen nog andere factoren hun invloed uitoefenen, ten dele ook in wisselwerking met de onderzochte. Het is dus heel goed denkbaar dat onder andere omstandigheden deze drie factoren niet dezelfde werking zouden hebben uitgeoefend.

Zo kan men zich voorstellen dat de invloed van het humusgehalte zeer verschillend zal kunnen zijn, al naar gelang een groter of kleiner gedeelte van de organische stof uit vers materiaal bestaat. Op grond, waar veel stalmest of andere organische mest is gebruikt, zal een hernieuwd stomen wellicht een beter effect kunnen hebben dan op grond, waar uitsluitend kunstmest is gegeven. Bij eerstgenoemde werkwijze wordt n.l. een grote hoeveelheid gemakkelijk te ontleden organisch materiaal in de grond gebracht, waaruit door het stomen weer stikstof vrijgemaakt zal kunnen worden.

Er zal daarom bij het trekken van conclusies niet gegeneraliseerd mogen worden. Toch verschaft het bovenstaande ons enkele belangrijke aanwijzingen, waarmede bij het stomen rekening gehouden kan worden.

1. In humusarme grond, die reeds meermalen gestoomd is geweest, komt door het stomen vrijwel geen stikstof vrij. In nimmer gestoomde, humusarme grond is de hoeveelheid stikstof die na het stomen vrijkomt aanzienlijk. Men zal daarom op reeds vaker gestoomde, humusarme grond royaler moeten zijn met de stikstofbemesting.
2. In veengrond komt na zwaar stomen aanzienlijk meer stikstof vrij dan na licht stomen (ook in reeds meermalen gestoomde grond). Men zal op dergelijke grond na zwaar stomen dus steeds spaarzaam moeten zijn met de stikstofbemesting.
3. In nooit eerder gestoomde, humusarme grond komt tijdens het stomen een aanzienlijke hoeveelheid kali vrij. De kali- en stikstofgetallen verlopen hier parallel. In veengrond verandert het kaligetel ook na zwaar stomen niet van betekenis. Op humusarme grond zal men daarom ook na zwaar stomen minder last hebben van een grote gevoeligheid van de plant voor allerlei ziekten en minder gunstige weersomstandigheden dan op humusrijke grond, waar zich tengevolge van de te hoge stikstof-kali-verhouding een week gewas ontwikkelt.
4. In humusrijke grond oefent licht stomen reeds een zeer gunstig effect uit op het bacterieleven. Mede met het oog op punt 3 zal het dus aanbeveling verdienen om veengrond en een humusrijk grondmengsel, bestemd voor kweekgrond, slechts licht te stomen, tenzij de grond besmet is met een moeilijk te doden parasiet zoals *Fusarium* of mozaiekvirus.
5. Op grond, die nog nooit eerder is gestoomd, heeft licht stomen reeds een bijzonder goede uitwerking, ook wanneer die grond humusarm is. Wanneer men zijn grond voor de eerste maal stoomt, zal het dus aanbeveling verdienen zo licht mogelijk te stomen; opnieuw met het voorbehoud, dat geen moeilijk te doden parasieten in de grond aanwezig zijn.

SUMMARY

FACTORS INFLUENCING THE EFFECT OF SOIL STEAMING

The effect of steaming upon the bacterial life and chemical composition of soils has been investigated. The initial work was carried out under practical conditions, soils being treated under different circumstances.

Results varied. In some cases the number of bacteria showed tenfold a increase even after being stored for a period of three months after steaming. The number of nitrifying bacteria did not quickly restore itself to normal but still appeared to be increased after three months. The quantity of nitrogenous compounds soluble in water also became larger in cases where the increase of protein decomposing bacteria could maintain itself at a constant proportion of the total bacterial activity.

Less favourable results are supposed to be attributed to:

- I. Rinsing of the soil with water after steaming.
- II. An extreme moist condition of the soil at the time of steam treatment.
- III. A shortage of organic matter in the soil.
- IV. Too frequent application of steaming.
- V. Under-sterilisation of the soil.

The influence of items III—V was further investigated by laboratory tests, which rendered the following results.

I. Bacterial life in soils intensifies after steaming and more so when they contain a high percentage of humus.

II. Former treatments with steam show no or hardly any after-effect on the development of bacterial life in the soil when steaming is repeated.

III. Bacterial life is much more stimulated by thorough steaming than by a mild application.

IV. In peaty soils steaming causes a larger increase of soluble nitrogenous compounds than in soils with a low humus content, but it does hardly affect the solubility of potassium. Therefore crops raised in steamed humous soils are more liable to suffer from diseases and pests.

V. If a soil containing little organic matter is subjected to steaming, considerable quantities of nitrogen and potassium become available in soluble compounds, but only in case this soil has never been treated before.

VI. The intensity of the steaming process is of little consequence in regard to the quantities of soluble nitrogenous and potash compounds becoming available. Consequently it is advisable to subject peaty soils to mild steam treatments only and the same applies to soils, poor in humus, if they are to be steamed for the first time. In these cases it is advisable to restrict applications of nitrogenous and potash manures to small quantities, particularly so if the soils had to be subjected to thorough steaming owing to the presence of parasites which are difficult to exterminate.

LITERATUUR

1. HERZOG, G., Über den Einfluss der Dämpfung auf die biologischen und chemischen Eigenschaften der Gartenerden. Ztschr. f. Pfl. Ernährung, 1939, S. 339.
2. JOHNSON, J., Soil-steaming for disease control. Soil Science, 1946, p. 83—91.
3. KOOT, Y. VAN, Grondontsmetting door stoomen en beïnvloeding van bacterieleven en samenstelling van den grond. Landb. Tijdschr., 1942, p. 532—555.
4. KOOT, Y. VAN en G. WIERTZ, Onderzoek naar de afstervingstemperaturen van enkele voor de plantengroei schadelijke bodem-organismen. Tijdschr. o. Pl. z., 1947, p. 121—133.
5. MUIJZENBERG, E. W. B. VAN DEN en J. J. F. ROGHAIR VAN RIJN, De grondontsmetting door middel van electriciteit. Meded. v. d. L. H. Deel 40, Verh. 4, 1937.
6. NEWHALL, A. G., Experiments with new electric devices for pasteurizing soils. Cornell Univ. Agric. Exp. St., Bull. 731, 1940.
7. REINHOLD, J., J. NOLL und E. HAUSRATH, Über die Ursachen für Misserfolge des Dämpfens schwerer Boden. Die Gartenbauwiss. Bd. 15, 1941, S. 471—486.

Een uitgebreidere literatuur-opgave treft men aan in de nummers 3 en 5.