

LANDBOUWPROEFSTATION EN BODEMKUNDIG INSTITUUT T.N.O.  
GRONINGEN

VERGISTINGSDUUR  
EN STIKSTOFWERKING VAN  
SCHIEDAMMER STADSVUILCOMPOST

WITH A SUMMARY

COMPOSTING TIME IN RELATION TO NITROGEN ACTIVITY  
OF GROUND TOWN REFUSE COMPOST (SCHIEDAM)

F. C. GERRETSEN  
G. J. KOLENBRANDER

en

TH. P. MELMAN



STAATSDRUKKERIJ

UITGEVERIJBEDRIJF

VERSL. LANDBOUWK. ONDERZ. NO. 62.6 - 'S-GRAVENHAGE - 1956

161316

## INHOUD<sup>1</sup>

I. INLEIDING . . . . .	3
II. DE INRICHTING DER PROEVEN . . . . .	3
1. Compost . . . . .	3
2. De potproeven . . . . .	4
3. Bemestingsschema . . . . .	5
4. Methoden van onderzoek . . . . .	6
5. Bespreking van de verkregen resultaten . . . . .	8
<i>a.</i> De analyse van de compostmonsters . . . . .	8
<i>b.</i> De koolzuurproductie der microorganismen als maatstaf voor de ontledingsgraad der composten . . . . .	12
<i>c.</i> Mineralisatieproeven . . . . .	13
<i>d.</i> De potproeven . . . . .	16
SAMENVATTING . . . . .	22
SUMMARY . . . . .	23

<sup>1</sup> De auteurs zijn: dr. ir. F. C. GERRETSEN, oud-directeur van de afdeling Microbiologie, ir. G. J. KOLENBRANDER, landbouwkundige aan het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. en ir. TH. P. MELMAN, landbouwkundige aan de N.V. Vuil Afvoer Maatschappij.

## I. INLEIDING

Het voornaamste doel van deze proeven was na te gaan, hoe lang het Schiedammer stadsvuil gecomposteerd moet worden om maximale opbrengsten te geven. In aansluiting hierop werd nagegaan, welk verband er bestaat tussen de composteringstijd en een eventuele onttrekking van stikstof aan de grond tijdens de microbiologische ontleding van de compost na het onderbrengen.

Voor dit doel werden te Groningen de volgende proeven aangezet.

1. Een potproef met snijmoes, *Brassica napus*, als proefobject. Aan 5 kg van een humusarme zandgrond werden gelijke hoeveelheden (300 g nat) compost toegevoegd, welke compost 0, 3, 6, 9 en 12 weken gecomposteerd was. Tevens werd deze grond bemest met K, P, Mg en sporelementen. Voorts werd stikstof in de vorm van  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  in 5 trappen gegeven, zodanig dat verwacht kon worden dat de hoogste trap iets boven het optimum zou komen te liggen.

De potten werden geregeld door weging op constant watergehalte gehouden ( $\pm 60\%$  van de watercapaciteit). Na afloop werden de planten gelijk met de grond afgesneden en de bovengrondse delen gedroogd en gewogen.

Doordat alle nevenwerkingen zoveel mogelijk gecompenseerd zijn, geeft deze proef in de eerste plaats antwoord op de vraag, in hoeverre de duur van de compostering van het Schiedammer stadsvuil de stikstofwerking van deze compost beïnvloedt en in het bijzonder of er een voor de plant nadelige stikstofvastlegging zou kunnen optreden ten gevolge van de aanwezigheid van onverteerd organisch materiaal met een hoge C/N-verhouding.

2. Parallel met de potproef werd nagegaan in welke mate de stikstof uit de compost gemineraliseerd werd. Voor dit doel werden 12 potten niet beplant, doch op dezelfde wijze bemest als de potten van de cultuurproef en op constant gewicht gehouden. Op geregelde tijden werd de in de grond aanwezige minerale N bepaald. Uit deze proeven kan men een indruk krijgen van de wijze waarop de compost in diverse ontledingsstadia de opneembaarheid van de stikstof beïnvloedt en tevens in hoeverre de in de compost aanwezige stikstof (onder de voorwaarden van deze proef) gemineraliseerd is.

3. Ook is nagegaan de koolzuurproductie van grond, waaraan dezelfde hoeveelheid compost van verschillende ontledingstijden werd toegevoegd, die ook in de potproeven gebruikt is, al dan niet gemengd met een kleine hoeveelheid cellulose. Tevens werd bij een deel dezer proeven een zekere hoeveelheid minerale stikstof toegevoegd, om te zien of hierdoor de microbiologische ontledingssnelheid, zoals deze zich door de koolzuurproductie laat meten, beïnvloed wordt.

Deze proeven geven een indruk van de graad van ontleding van de compost en laten tevens zien in hoeverre de in de compost aanwezige N (samen met die welke in de grond zit) toereikend is voor de ontleding van de organische stof.

## II. DE INRICHTING DER PROEVEN

### I. COMPOST

Als compost werd gebruikt Schiedammer wintercompost. Het eerste probleem, dat zich bij deze proeven voordeed, betrof de wijze waarop de composthoop opgezet moest worden om zo homogeen mogelijk te zijn, zodat op verschillende tijden representatieve monsters genomen konden worden.

Het vuil, zoals dit uit verschillende wijken van Schiedam komt, is uiteenlopend van samenstelling, welke onder meer afhankelijk is van de welstand van de bewoners dier wijken. Dit kan zich b.v. uiten in grotere hoeveelheden as, naar mate dag en nacht of alleen overdag gestookt wordt, in de hoeveelheid groente- en fruitafval, in de hoeveelheid pakpapier enz.

Direct nadat het vuil uit de ophaalwagens gestort was en in de molen was verkleind, werd het met trucks naar de plaats van bestemming gereden en in een rechthoekige strook van ca 25 cm dik uitgespreid; 4 van deze stroken werden vlak tegen elkaar gelegd. Loodrecht hierbovenop werd op dezelfde wijze een nieuwe laag gelegd, eveneens in 4 stroken; dit werd herhaald tot de gehele hoop ten slotte naar schatting 1 à 1,25 m hoog was. In totaal bevatte de hoop 30 ton vers verkleind vuil: de produktie van twee opeenvolgende dagen.

Vervolgens werd de hoop in 16 vierkanten verdeeld. Ieder vierkant werd apart met de schop omgezet. Hierdoor werden 16 praktisch homogene hoopjes verkregen. Dit aantal werd tot 8 gereduceerd, door telkens van 2 hopen een te maken, hetgeen bereikt werd door beurtelings van elk der beide hopen een schep van het vuil op de nieuwe hoop te werpen.

Deze 8 hopen werden daarna tot een grote, goedgegemengde hoop opgezet door achtereenvolgens van ieder der 8 hopen een schep vuil in een kruiwagen te werpen, waarna dit mengsel op een ander gedeelte van het terrein gestort werd.

Tenslotte werd met behulp van de motorschop de uiteindelijke proefhoop opgezet, waarbij nog weer eens een goede menging bevorderd werd door telkens van verschillende zijden der hoop een schep te nemen en deze op de truck te laden. In totaal hadden 3 man 1 dag nodig om een dergelijke homogene hoop op te zetten.

Na 4 weken werd deze hoop omgezet, hetgeen nodig is daar de temperatuur in het binnenste van de hoop hoog is (ca. 65–70°) en naar buiten toe geleidelijk afneemt. Hierdoor verloopt ook de omzetting minder snel. Het watergehalte werd op ca. 45% gebracht door de hoop te besproeien.

Voor het nemen van een monster werd eerst verticaal een plak van ca. 15 cm dikte van de hoop afgestoken en verwijderd, terwijl daarna van het blootgekomen deel een plak van ca. 10 cm werd genomen, die intensief gemengd werd.

Een tweede moeilijkheid was, dat men voor de aanleg van de potproef op een bepaald tijdstip tegelijk over alle compostmonsters moest beschikken, die op opeenvolgende tijdstippen uit de proefhoop waren getrokken.

Achtereenvolgens werden na 0, 3, 6, 9 en 12 weken monsters genomen. De monsters van 10–12 kg werden in blikken bussen verpakt, die dicht gesoldeerd werden en in een koelhuis bewaard werden bij een temperatuur van –10°C, waarbij alle microbiologische omzettingen stilgezet worden.

Op het ogenblik dat de potproeven werden aangezet, kon zodoende beschikt worden over monsters van dezelfde hoop, die verschillende tijden gebroeid hadden.

## 2. DE POTPROEVEN

Voor de potproeven werd een zandgrond van Opende gebruikt, welke 5,3% organische stof bevatte, 0,12% N totaal, terwijl de pH 5,4 was. De grond werd gezeefd en gemengd.

De Mitscherlichpotten werden gevuld met 5 kg grond (watergehalte 15%), welke met ca. 300 g Schiedammer compost (droge stof gehalte 66–72%) gemengd werd, ter

wijl verder diverse hoeveelheden kunstmest werden gegeven volgens het onderstaande schema. Een deel der potten kreeg uitsluitend kunstmest.

De proeven werden in 4-voud aangezet; als proefobject werd snijmoes gebruikt, waarvan aanvankelijk ca. 20 zaadjes per pot werden gezaaid. Nadat ze opgekomen waren, werden de 4 beste er uit gezocht.

Om te voorkomen dat de gevoelige wortels van de kiemplantjes direct met de compost in aanraking kwamen, werd na het vullen op de bemeste grond van elke pot een laagje van 2 cm (0,8 kg) aangebracht, waarin de zaadjes werden gezet. In totaal bevatten de potten dus 5,8 kg grond.

Het doel was alle in de compost aanwezige plantenvoedingsstoffen in de potten zoveel mogelijk gelijk te maken en alleen de stikstof te variëren, om op deze wijze eventuele stikstofvastlegging van de nog niet voldoende omgezette compost op het spoor te komen en tevens een indruk te krijgen van de stikstofwerking van de goed omgezette compost. Het watergehalte der potten werd door geregelde weging op ca. 65% van de watercapaciteit gehouden.

### 3. BEMESTINGSSCHEMA

*Compost.* Daar het watergehalte van de opeenvolgende compostmonsters niet geheel hetzelfde was, werd getracht aan alle potten een zelfde hoeveelheid droge compost toe te dienen. De droge-stofgift bedroeg per pot:

Broeiduur (weken)	Nat g per pot	Droge-stofgehalte %	Droge-stofgehalte per pot
0	300	72	216
3	300	73	219
6	322	68	219
9	300	71	213
12	332	66	219
			gem. 217

*P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.* Naar schatting werd met de compost 0,75 g opneembaar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> toegediend. Daarnaast werd per pot 1 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> en 0,1 g Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> in water opgelost gegeven, welk mengsel 0,55 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bevatte; de totale hoeveelheid opneembaar fosfaat bedroeg 1,3 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per pot. De potten, welke geen compost kregen, werden met een mengsel van KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> en Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> bemest, waarin 1,3 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

*K<sub>2</sub>O.* Met de compost werd 2,6 g K<sub>2</sub>O per pot gegeven, terwijl in de vorm van KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> in de compostpotten ca. 0,4 g K<sub>2</sub>O werd toegediend, zodat de totale hoeveelheid kali ca. 3 g K<sub>2</sub>O per pot bedroeg.

In de kunstmestpotten werd de kali, welke als KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> was gegeven, aangevuld met K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tot 3 g K<sub>2</sub>O per pot.

*Mg en sporenelementen.* Aan alle potten werd 0,5 g MgO per pot als MgSO<sub>4</sub> gegeven, de kunstmestpotten ontvingen 2 g CaO als CaCO<sub>3</sub> per pot (overeenkomende met het CaCO<sub>3</sub>-gehalte van de compost), benedens 5 mg B als H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>. De volgende hoeveelheden sporenelementen werden aan de potten toegevoegd: 50 mg CuSO<sub>4</sub>, 75 mg MnSO<sub>4</sub>, 50 mg FeSO<sub>4</sub>, 5 mg Na-molybdaat.

*Stikstof.* De stikstoftrappen voor de proef waren: 0, 0,5, 1, 1,5 en 2,5 g stikstof per pot als NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Deze hoeveelheden werden aan alle potten toegevoegd.

De compost bevatte 0,53–0,54 % totaal N (op droge stof berekend) waarvan 0,12–0,15 % als hydrolyseerbare stikstofverbindingen. Rekenen wij dat deze stikstof uiteindelijk voor de plant bereikbaar is, dan werd met de compost maximaal 0,29 g opneembare N toegevoegd per pot.

De analyse van de voor de potproeven gebruikte grond van Opende gaf de volgende waarden, berekend op droge stof:

Totaal org. stof . . . . .	5,3 %
Totaal koolstof (C <sub>t</sub> ) . . . . .	2,5 %
Koolstof in met 80 % koud H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> niet-hydrolyseerbare verbindingen (C <sub>h</sub> ) . . . . .	1,0 %
Totaal stikstof (N <sub>t</sub> ) . . . . .	0,12 %
Niet-hydrolyseerbare stikstof (N <sub>h</sub> ) . . . . .	0,05 %
C <sub>t</sub> van de org. stof . . . . .	47,2 %
Minerale opl. N (N <sub>m</sub> ) . . . . .	0,0025 %
pH (in waterige suspensie) . . . . .	5,4
Totale watercapaciteit . . . . .	25 %

Voor de proef werd het watergehalte op 60 % van de watercapaciteit gebracht, zodat de grond 15 % water bevatte. 5,8 kg van de grond bevatte dus aan direct assimileerbaar stikstof ca. 0,12 g N.

#### 4. METHODEN VAN ONDERZOEK

##### *Droge-stofbepaling*

10 g compost worden tot constant gewicht gedroogd bij 105°C. Voor alle bepalingen wordt de compost eerst in de kogelmolen zo fijn gemalen, dat ontmengingen niet meer optreden. De gedroogde compost wordt door een 5 mm zeef gezeefd en de achtergebleven stenen en papier apart gewogen.

##### *Totaal organische stof*

10 g compost worden bij lage temperatuur (ca. 450°C) verast.

##### *Totaal koolstof C<sub>t</sub>*

In 0,5 g wordt met de elementairanalyse volgens TER MEULEN de koolstof bepaald.

##### *Koolstof in niet-hydrolyseerbare, humusachtige verbindingen C<sub>h</sub>*

1 g droge gemalen compost wordt gedurende een ½ uur met 80 % zwavelzuur weggezet. Daarna wordt het volume op ½ l gebracht met gedestilleerd water en onder terugvloeiing 1½–2 uur gekookt. Het residu wordt gewassen en hierin eveneens volgens TER MEULEN totaal C bepaald.

##### *Totaal stikstof N<sub>t</sub>*

In 1,0 g droge compost volgens KJELDAHL (seleenmethode).

##### *Stikstof in niet-hydrolyseerbare, humusachtige verbindingen*

1,0 g droge compost wordt op dezelfde wijze behandeld als bij de C -bepaling. In het residu wordt totaal N bepaald volgens KJELDAHL.

##### *Zuurgraad*

De pH wordt in de niet gedroogde grond met de glaselektrode bepaald (1 g grond op 5 ml H<sub>2</sub>O).

### *Bepaling watercapaciteit*

De watercapaciteit wordt volgens MITSCHERLICH-SCHOEL bepaald door de droge grond in een glazen buis te doen, welke in een cylinder met water wordt gezet, zodanig dat het oppervlak van de grond 1 cm boven het wateroppervlak staat. Daarna wordt de glazen buis op vochtig zand geplaatst, zodanig dat er een goed capilair contact is tussen grond en zand. Als er evenwicht is, wordt de hoeveelheid water die door de grond wordt vastgehouden, gewogen.

### *Bepaling van het door de microorganismen geproduceerde koolzuur*

Metalen cylinders worden gevuld met hetzelfde grond-compostmengsel (500 g grond met 30 g compost), dat ook voor de potproeven is gebruikt, enerzijds zonder extra stikstof toevoeging, anderzijds met 1,5 g N als  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  op 5000 g grond.

Door het grond-compostmengsel wordt koolzuurvrije lucht geleid ( $2\frac{1}{2}$  l per uur) en het geproduceerde  $\text{CO}_2$  opgevangen in 50 ml NaOH. Om de 2 dagen worden deze 50 ml afgetapt, verdund tot 250 ml en hiervan 25 ml teruggetitreerd met 0,2 n HCl volgens WINKEL.<sup>1</sup>

### *Bepaling van de gemineraliseerde N*

5 kg grond, met de verschillende compostmonsters gemengd, worden naast de beplante potten buiten weggezet en elke week wordt in een monster van 100 g de oplosbare stikstof bepaald door de grond met 250 cc 1% KCl-oplossing te schudden en in een aliquot deel de stikstof na reductie volgens ARNDT te bepalen. Daar het niet mogelijk en ook niet nodig was deze proef met alle objecten te doen, werd hiervoor het object met 1,5 g N als  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  genomen, naast de grond met compost zonder anorganische stikstof.

### *Bepaling van de huisbrandkool, ruwe-celstof, lignine-koolstof enz.*

De bepaling hiervan in de compost zal in een aparte publikatie uitvoerig worden beschreven.

In principe berust deze bepaling op de onaantastbaarheid van huisbrandkool door diverse chemicaliën.

De bepaling geschiedt in 3 stadia:

1. bepaling van de huisbrandkool na verwijdering van lignine en eiwitten, volgens de methode SCHARRER-KÜSTNER; cellulose + huisbrandkool + as blijven over. De cellulose wordt verwijderd door hydrolyse met 80%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; er resteert huisbrandkool + as. De huisbrandkool wordt nu bepaald door het gewogen residu te verassen of wel door er de koolstof volgens TERMEULEN in te bepalen.
2. bepaling van de cellulose. In een ander deel van het oorspronkelijke monster worden lignine en eiwit verwijderd volgens SCHARRER-KÜSTNER; er resteert huisbrand + cellulose + as. Men kan nu of het gewicht hiervan verminderen met het onder 1 gevonden gewicht van huisbrand + as, of men kan een elementair-analyse maken en de in de cellulose door aftrekking aanwezige koolstof bepalen.
3. bepaling van de lignine. In een ander deel van de compost wordt de cellulose + het grootste deel der eiwitten verwijderd door koken met 80%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Het residu bevat huisbrand + lignine + as. Hierin kan men de lignine bepalen, hetzij door aftrekking van de onder 1 gevonden waarden voor huisbrand + as, of ook door bepaling van het koolstofgehalte volgens TERMEULEN.

<sup>1</sup> Zie: Handbuch d. Landw. Versuchs Methodiek, R. Hermann, 1941.

## 5. BESPREKING VAN DE VERKREGEN RESULTATEN

## a. De analyse van de compostmonsters

Teneinde na te gaan in hoeverre de poging geslaagd was om een zo homogeen mogelijke composthoop op te zetten, werden allereerst op 5 verschillende plaatsen in de verse hoop monsters getrokken. Deze monsters werden elk apart onderzocht en tevens werden ze na menging onderzocht.

Tenslotte werd een mengmonster uit de gehele hoop getrokken door van een groot aantal punten een klein monster te nemen en dit alles goed te mengen.

De resultaten zijn in onderstaande tabel verenigd.

TABEL 1. Analyse (in %) van de compostmonsters uit de proefhoop wintervuil te Schiedam op 27 jan. 1954 (alles berekend op droge stof)

Nummer monsters	1	2	3	4	5	gem.	stand afw.	meng 1—5	hele hoop	gem. van alle bep.
<i>Ruwe compost</i>										
Droge stof	71	71	71	72	73			72	73	
Ballast papier	0	1,3	0,2	0	0			2,4	1,2	
stenen	2,0	4,1	1,0	2,0	2,3			5,4	3,8	
<i>Ballastvrije compost</i>										
Droge stof	98,9	99,4	99,1	99,2	98,9			98,6	100	
Tot. gloeiverl.	41,2	41,1	40,5	40,0	41,0	40,7	0,52	41,6	41,4	41,2
Asgehalte	58,8	58,9	59,5	60,0	59,0	59,3	0,51	58,4	58,6	58,8
C in tot. org. stof,										
CaCO <sub>3</sub> koolstof, C <sub>1</sub>	31,8	29,9	31,1	31,1	31,8	31,1	0,8	30,8	30,9	30,9
C-huisbrand	25,2	23,0	24,0	24,4	23,1	23,9	0,9	23,9	24,5	24,1
Ruwe-celstof C	2,1	4,6	2,9	5,1	4,1	3,6	1,1	2,9	2,5	3,0
Lignine C <sup>1</sup>	1,4	3,5	2,5	2,6	3,5	2,7	0,6	2,8	2,0	2,5
Tot. stikstof N <sub>t</sub>	0,58	0,57	0,53	0,57	0,53	0,56	0,024	0,54	0,53	0,54
Niet-hydrolyseerb.										
N <sub>h</sub>	0,41	0,36	0,38	0,35	0,40	0,38	0,025	0,39	0,41	0,39
CaCO <sub>3</sub>	1,8	2,0	1,8	2,0	1,6	1,8	0,17	1,7	1,7	1,7
K <sub>2</sub> O totaal	0,7	0,9	1,3	1,1	0,9	1,0	0,22	1,2	1,3	1,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,67	0,61	0,65	0,61	0,57	0,62	0,04	0,70	0,61	0,64

<sup>1</sup> Onder lignine (humusachtige stoffen) is hier verstaan de in 80 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> onoplosbare fractie zonder de huisbrandkool.

TABEL 1. Analyses (in %) of 5 samples taken from different parts of the experimental compost heap, to control homogeneity (winter town refuse, Schiedam 1954). Calculated on a dry matter base.

De standaardafwijkingen der diverse bepalingen geven een zeer bevredigende indruk, uitgezonderd de bepaling van de ruwe celstof en van de lignine. De oorzaak hiervan is dat men deze waarden indirect bepaalt; de fout in de bepaling van de huisbrand kan  $\pm 0,9$  eenheden zijn, d.w.z. voor een werkelijk gehalte van b.v. 23% kan zowel 23,9 als 22,1% gevonden worden. Op een bedrag van 23% is dit een toelaatbare, vrij geringe fout, maar deze fout vindt men geheel of gedeeltelijk terug in het ruw-vezelgehalte. Waar dit doorgaans slechts enkele procenten bedraagt, is hier een fout van  $\pm 0,9$  veel te groot. Een dergelijke situatie vindt men ook bij de ligninebepaling, die ook door aftrekking wordt gevonden.

Onderzoek is in gang om een meer directe bepaling van beide componenten te vinden; voor de ruwe-celstof bleek reeds, dat – wanneer men niet het residu neemt maar



de vloeistof, die na de hydrolyse met zwavelzuur overblijft en hierin de totale hoeveelheid oxydeerbare stof bepaalt met  $\text{KMnO}_4$  – men waarden krijgt die goed overeenstemmen en gelijke tred houden met hetgeen men langs bacteriologische weg vindt.

Bij de beoordeling dezer resultaten moet men bedenken, dat de totale fout van elke bepaling, die hier als standaardafwijking is opgegeven, samengesteld is uit een bemonsteringsfout en de fout van de analyse. In dit geval is het ons in de eerste plaats te doen om de bemonsteringsfout, aangezien het de bedoeling was om na te gaan, in hoeverre wij met de gebruikte methodiek erin geslaagd waren een homogene composthoop te maken, die als grondslag van het gehele onderzoek zou kunnen dienen. Nemen we als maatstaf de variaties in het asgehalte, waarvan de bepaling eenvoudig en met een geringe fout behept is, dan moeten wij tot de conclusie komen dat de opzet volkomen geslaagd is en dat gezien de heterogeniteit van het uitgangsmateriaal, geen betere menging mogelijk lijkt. Om echter een geheel betrouwbare beoordeling te kunnen hebben, is het nodig bovendien een indruk te hebben van de analysefouten.

TABEL 2. Analyse (in %) van de voor de proeven gebruikte Schiedammer composten na verschillende broeitiijden

Datum monster	0 w. 27/1	3 w. 15/2	6 w. 3/3	9 w. 24/3	12 w. 14/4	15 w. 3/5	18 w. 31/5
<i>Ruwe compost</i>							
Droge stof . . . . .	72	73	68	71	66	71	81
Ballast papier . . . . .	1,3	0	0,7	0	0	0	0
stenen . . . . .	3,7	1,5	3,5	3,0	2,9	0,8	0,5
<i>Ballastvrije compost</i>							
Droge stof . . . . .	99,4	98,6	98,8	99,7	99,6	99,1	98,0
Tot. gloeiverl. . . . .	41,2	39,1	38,8	37,5	37,2	36,3	36,1
Asgehalte . . . . .	58,8	60,9	61,2	62,5	62,8	63,7	63,9
Tot. koolstof in org. stof + huisbr., $\text{CaCO}_3$ , koolstof, $\text{C}_t$	30,9	31,4	31,9	31,7	29,3	29,0	29,5
C-huisbrand . . . . .	24,1	24,2	24,8	25,6	24,4	24,5	24,8
Ruwe celstof koolstof $\text{C}_c$ . . . . .	3,0	3,4	3,4	2,6	1,2	1,1	0,5
Lignine koolstof $\text{C}_l$ . . . . .	2,5	1,5	1,7	3,3	3,6	3,3	3,2
C in aantastbare org. verb., $\text{C}_t$ (C huisbr. + $\text{C}_l$ ) . . . . .	4,2	5,7	5,4	2,8	1,3	1,2	1,5
Tot. stikstof Nt . . . . .	0,54	0,53	0,58	0,55	0,53	0,58	0,55
Niet-hydrolyseerb. stikstof $\text{N}_h$	0,39	0,39	0,44	0,46	0,41	0,46	0,41
$\text{CaCO}_3$ . . . . .	1,7	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Tot. $\text{K}_2\text{O}$ . . . . .	1,2	1,2	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3
Tot. $\text{P}_2\text{O}_5$ . . . . .	0,64	0,65	0,69	0,62	0,77	0,76	0,77

TABEL 2. Analyses (in %) of the composts of different composting times, used for the experiments

Uit tabel 2 blijkt duidelijk, dat de totale hoeveelheid organische stof, zoals deze tot uiting komt in het totale gloeiverlies, geleidelijk vermindert naarmate de compost langer gebroeid heeft. Alhoewel het voor de hand zou liggen om bij de berekening van de organische-stofverliezen uit te gaan van de in de tabel aangegeven getallen voor totaal-koolstof en voor ruwe-celstof, zijn deze cijfers door de hierboven aangegeven oorzaken voor dit doel niet nauwkeurig genoeg.

Daarom is bij deze berekening een andere weg gevolgd en is ervan uitgegaan dat de hoeveelheid as, die oorspronkelijk in de compost zat, constant gebleven is, waarbij het een voordeel is dat de fout in deze bepaling zeer klein is.

Berekenen wij nu op deze grondslag het verlies aan nuttige organische stof na b.v. 12 weken, dan moeten wij bedenken dat 100 g compost van 12 weken aanvankelijk  $100 \times \frac{62,8}{58,8} = 106,8$  g compost was. In 100 g compost van 12 weken zit in de nuttige organische stof  $29,3 - 24,4 = 4,9$  g C, in 106,8 g van de oorspronkelijke compost zat  $\frac{106,8 \times (30,9 - 24,1)}{100} = 7,25$  g C in nuttige organische stof.

Er is dus  $7,3 - 4,9 = 2,4$  g C verloren gegaan, zodat het totale verlies aan nuttige organische stof in die 12 weken 33,1 % is geweest.

Daar wij hier over een uitstekend gemengde, homogene composthoop beschikken, zijn behalve de analyses van de voor de proef gebruikte composten ook nog die van 15 en 18 weken oude compost hierbij opgenomen.

Het blijkt wel, dat de veranderingen die na 12 weken optreden zeer gering zijn; alleen de ruwe-celstof C is nog duidelijk afgenomen. Daar de ruwe-celstof, welke in hoofdzaak bestaat uit papier en plantenafval, één van de belangrijkste componenten van de compost is, hebben wij deze ook nog eens langs andere weg trachten te bepalen, nl. door oxydimetrische titratie in het met zwavelzuur verkregen hydrolysaat. Hierbij werden de volgende cijfers verkregen.

Ruwe-celstof koolstof . . . . .	0	3	6	9	12	15	18
Weken comosteringsduur . . . . .	2,9	2,6	2,4	1,7	1,2	0,9	0,6

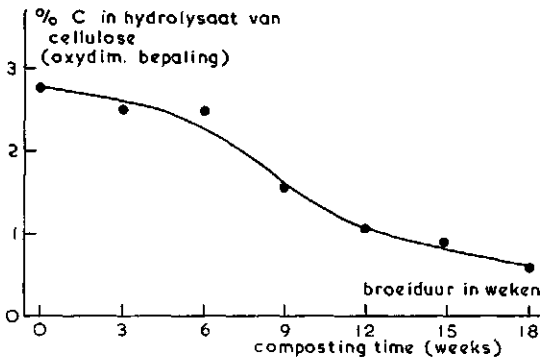


FIG. 1  
Oxydimetrische bepaling van cellulose, (berekend als C) in composten van verschillende broeidiuur

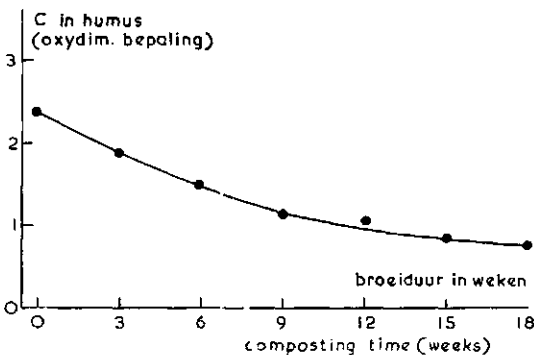


FIG. 1  
*The oxidimetric determination of cellulose, in the acid hydrolysate of the composts; it is evident that the longer the composting time, the less carbon is found in the hydrolysate.*

FIG. 2  
Oxymetrische bepaling van de in 0,5% NaOH oplosbare humusachtige verbindingen

FIG. 2  
*The oxidimetric determination of humic substances in relation to the composting time; the total quantity of these substances diminished during decomposition.*

In figuur 1 zijn de verkregen waarden afgezet en het blijkt duidelijk, dat men met deze methode een verloop krijgt dat beter met de te verwachten gang van zaken overeenstemt.

Ook de oxydimetrische bepaling der moeilijk aantastbare stoffen geeft minder wisselvallige uitkomsten dan die welke door substracties verkregen zijn. Hierbij werd de compost geëxtraheerd met 0,5% NaOH en de in oplossing gegane humeuze stoffen werden met  $\text{KMnO}_4$  geoxydeerd (fig. 2).

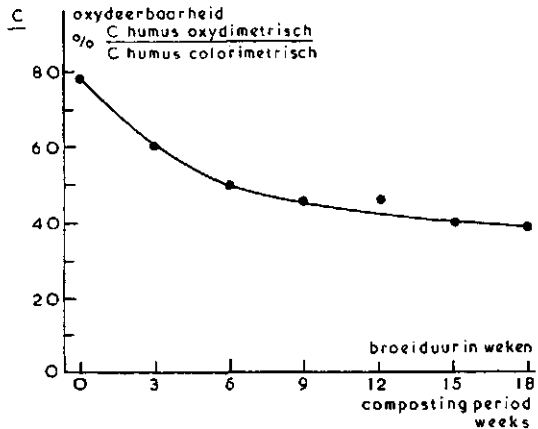
Opmerkelijk is, dat er een geleidelijke *afname* plaatsheeft van de in NaOH oplosbare humus tot op een zeker niveau, hetgeen ook tot uiting komt wanneer men de humeuze stoffen in het NaOH-extract colorimetrisch bepaalt. Tevens blijkt dat de stabiliteit van de humus toeneemt naarmate langer gecomposteerd wordt. Aanvankelijk kan 77% van de totale, colorimetrisch bepaalde humus met  $\text{KMnO}_4$  geoxydeerd worden; na 6 weken is dit nog slechts 50%, terwijl dit na 15 weken op ca. 40% constant blijft (fig. 3).

FIG. 3

De verhouding tussen de hoeveelheid humus, colorimetrisch bepaald in het alkalisch extract der composten, en de hoeveelheid oxydeerbare C-verbindingen daarin, in samenhang met de broeitijd der composten. Naarmate de compost langer gebroeid heeft, worden de humusachtige stoffen moeilijker oxydeerbaar en dus resistenter.

FIG. 3

*The relation between the C content of the humus determined oxidimetrically and that determined colorimetrically and the composting time. Originally 80% of the humus present could be oxidized; after having been composted this dropped to about 40% indicating that although the total quantity of the humus had diminished, its resistancy had been increased.*



Wat betreft de stikstof zijn de waarnemingsfouten zo klein, dat de gevonden verschillen tussen de bepalingen een grote mate van betrouwbaarheid hebben. Er zit in de verse compost een hoeveelheid van  $0,54 - 0,39 = 0,15$  g N, die in een beweeglijke, aantastbare vorm aanwezig is. Per ton is dit 1,5 kg N, zodat bij een gift van 30-40 ton compost per ha hiermede 45-60 kg N in aantastbare verbindingen in de grond gebracht wordt. Indien alles door de plant opneembaar was, zou dit overeenkomen met ongeveer 220-300 kg zwavelzure ammoniak. Dit is zoals vanzelf spreekt niet het geval; zolang er nog gemakkelijk aantastbaar materiaal, zoals cellulose e.d. in de compost aanwezig is, zal er maar weinig stikstof als anorganische stikstof buiten de kringloop treden. Anders wordt dit, wanneer tenslotte de compostering geheel of grotendeels ten einde is. Dan worden de microbenlichamen geleidelijk ontleed en een deel van de aantastbare stikstof komt ter beschikking van de plant. Hierop wordt in het volgende nog nader teruggekomen.

b. De koolzuurproductie der microorganismen als maatstaf voor de ontledingsgraad der composten

Naarmate tijdens de compostering meer organische stof ontleed is, zullen de microben in de grond-compostmengsels ook minder  $\text{CO}_2$  produceren. Het is dus te verwachten dat de koolzuurproductie tot zekere hoogte een maatstaf zal zijn voor de ontledingsgraad van de compost en voor de aantastbaarheid van de overgebleven organische stof.

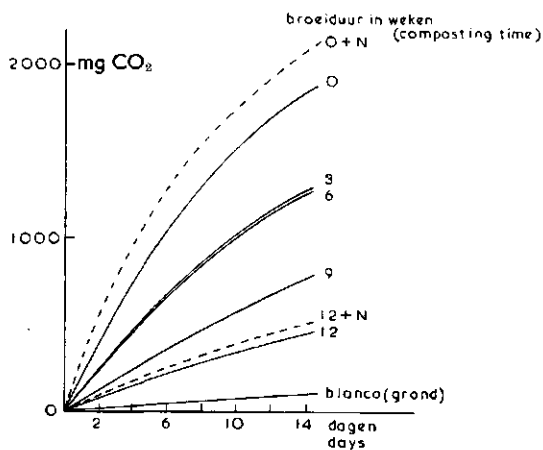


FIG. 4

$\text{CO}_2$ -productie in grond bij  $25^\circ\text{C}$  (500 g grond + 30 g compost)

FIG. 4

The quantity of  $\text{CO}_2$  produced by microorganisms in mixtures of soil with composts, which had been composted 0, 3, 6, 9, and 12 weeks. There is a regular sequency of the curves, indicating that the longer the composting time the less  $\text{CO}_2$  is produced.

Adding nitrogen increased the  $\text{CO}_2$  production of the unfermented compost with 12% and had hardly any effect on the compost of 12 weeks.

De resultaten van de hierover genomen proef zijn in figuur 4 tot krommen verenigd; er is een vrij regelmatige opvolging van de diverse krommen, waarbij het echter opvalt, dat er tussen 3 en 6 weken composteren zo weinig verschil is. De verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de composthopen na ongeveer 4 weken omgezet zijn, waarbij dus het weinig aangetaste materiaal van de buitenste laag weer naar binnen is gewerkt en hiermee dus een niet onbelangrijke hoeveelheid weinig aangetast materiaal met het reeds goed aangetaste materiaal vermengd is.

In de kromme van figuur 1, welke een maatstaf is voor de in de compost aanwezige cellulose en hemicellulose, vinden wij een bevestiging van het resultaat der microbiologische koolzuurproductie. De hoeveelheden van de hiervoor genoemde stoffen, die in de compost van 3 weken gevonden worden, zijn nl. even groot als die in de compost van 6 weken worden aangetroffen. Dit is tevens een aanwijzing, dat de gevolgde methodieken inderdaad de situatie karakteriseren.

Het feit dat de grond met ongebroeide compost  $18 \times$  zoveel koolzuur produceert als de grond alleen, bewijst wel dat het microbenleven door de compostbemesting in hoge mate geactiveerd is. Bij de compost, die 12 weken gebroeid heeft, is dit in veel mindere mate het geval; hier wordt slechts  $3 \times$  zoveel  $\text{CO}_2$  geproduceerd als door de grond alleen.

Wanneer het er dus inderdaad om te doen zou zijn om het microbenleven in de grond te stimuleren, zoals b.v. in pas ontgonnen heidegronden het geval is, dan zou voor dit doel ongebroeide compost beter geschikt zijn dan compost die langere tijd gebroeid heeft. Ten einde ongewenste stikstofvastlegging te voorkomen zou een dergelijk

materiaal niet in het voorjaar doch in de herfst moeten worden ondergebracht; hierop wordt in het volgende nog terug gekomen.

Houdt men de minimum composteringsduur aan op 7 tot 8 weken, dan is de kans op stikstofvastlegging reeds belangrijk verminderd, terwijl – zoals uit de figuur blijkt – hierdoor toch het microbenleven nog flink gestimuleerd kan worden.

Aan een deel der grond-compostmengsels werd stikstof als ammoniumnitraat toegevoegd overeenkomende met 1,5 g N per pot van 5 kg. In figuur 4 is de koolzuurproductie voor de beide uitersten aangegeven. Bij de ongebroeide compost trad in 14 dagen een vermeerdering van de koolzuurproductie op van 240 mg, bij de compost van 12 weken was dit slechts een vierde van deze hoeveelheid. In beide gevallen wordt dus de omzettingssnelheid vergroot door stikstoftoevoeging, het meest bij de ongebroeide compost. Dit was te verwachten bij een C/N-verhouding van ongeveer 45. Men kan deze invloed van de stikstoftoevoeging zowel beoordelen naar de vermeerdering van de koolzuurproductie, als naar de tijd die nodig is om een zekere hoeveelheid koolzuur te produceren. Zo zien wij dat bij de ongebroeide compost met stikstof in 9,5 dag evenveel CO<sub>2</sub> wordt geproduceerd als door dezelfde compost zonder extra stikstof in 14 dagen.

Deze proeven geven reeds een duidelijke aanwijzing, dat door de ongebroeide compost een niet onbelangrijke hoeveelheid stikstof zal worden vastgelegd. Hoeveel dit kan bedragen wordt door de volgende proeven aangetoond.

### *c. Mineralisatieproeven*

Deze proeven hadden ten doel een indruk te krijgen zowel van de vastlegging van de stikstof door de microben bij de ontleding van de stikstofarme organische stoffen, als van de mineralisatie der in de grond aanwezige stikstofhoudende organische stoffen. De onbeplante potten stonden buiten naast de beplante potten, met de bedoeling dat op deze wijze een zoveel mogelijk parallel verloop in beide reeksen zou worden verkregen. Achteraf beschouwd ware het beter geweest om de mineralisatieproef bij constante temperatuur te doen, omdat de temperatuur een grote invloed heeft op de mineralisatiesnelheid en er nu dus een onbekende factor is ingeschakeld, die het regelmatige verloop der krommen ongunstig beïnvloed heeft.

De hier verkregen resultaten geven dientengevolge slechts een globale indruk van het verloop der omzettingen. Dit wordt bovendien nog bemoeilijkt doordat er soms een onberekenbare periodiciteit doorheen loopt, d.w.z. perioden waarbij vastlegging en mineralisatie elkaar afwisselen, zonder dat hiervoor een directe oorzaak is aan te wijzen.

In de grafieken zijn de hoeveelheden anorganische stikstof, die op bepaalde tijdstippen uit de grond geëxtraheerd werden, afgezet tegen de tijden van monstername; de bijbehorende cijfers vindt men in tabel 3. De verkregen waarden vertonen een vrij grote spreiding, welke enerzijds veroorzaakt is doordat de hoeveelheden stikstof in de monsters aanwezig betrekkelijk gering zijn (en dus de uitkomsten der analyses met tamelijk grote fouten behept waren), terwijl anderzijds het feit, dat de potten buiten stonden en aan wisselende temperaturen waren blootgesteld, tot onregelmatigheden aanleiding zal hebben gegeven.

TABEL 3. Het gehalte aan anorganische stikstof op opeenvolgende data in niet beplante potten, bemest met composten die van 0 tot 12 weken gebroeid hebben (g N per pot).

Objecten		0 w.	1 w.	2 w.	3 w.	4 w.	6 w.	9 w.	Het gemiddelde van elk obj. afz.
Kunstmest	0	0,13	0,09	0,04	0,20	0,05	0,23	0,22	0,137
	1,5 g N	1,36	1,17	0,93	1,20	1,24	2,35	2,26	1,50
Compost van 0 w.	0	0,09	0	0	0,07	0,31	0,12	0,09	0,097
	1,5 g N	1,41	1,15	0,80	0,92	1,32	1,75	2,27	1,37
Compost van 3 w.	0	0,24	0	0,05	0,02	0,06	0,12	0,17	0,094
	1,5 g N	1,33	1,11	0,87	1,05	1,09	1,81	1,86	1,30
Compost van 6 w.	0	0,11	0,07	0,05	0,10	0,19	0,09	0,19	0,114
	1,5 g N	1,57	1,19	0,76	1,02	0,93	1,97	1,41	1,26
Compost van 9 w.	0	0,20	0,05	0,10	0,11	0,17	0,32	0,35	0,187
	1,5 g N	1,51	1,32	1,23	1,33	1,32	1,93	2,47	1,59
Compost van 12 w.	0	0,16	0,21	0,19	0,17	0,22	0,32	0,33	0,230
	1,5 g N	1,50	1,28	1,15	1,36	1,20	2,28	2,12	1,56
Gem. geh. van alle obj. aan min. N p. w.	0	0,155	0,07	0,07	0,111	0,167	0,200	0,225	
	1,5 g N	1,447	1,203	0,957	1,147	1,183	2,01	2,065	

TABLE 3. *The anorganic nitrogen content of soil-compost mixtures of different composting times at successive stages of the mineralization experiment in unplanted pots.*

Door grafische vereffening van de in de tabel 3 vermelde waarden bleek het mogelijk om tot aannemelijke, gemiddelde waarden te komen, die in figuur 5 tot krommen zijn verenigd. Hierbij moet worden opgemerkt dat over het verloop van het laatste deel der krommen geen zekerheid bestaat; de vraag of de lijnen nog een eind verder omhoog zullen lopen of zullen afbuigen blijft onopgelost. Het was daarom beter geweest de bepalingen nog een aantal weken voort te zetten.

Uit het onderste deel van de grafiek blijkt dat, onafhankelijk van de tijd dat de compost gebroeid heeft, overal een geringe stikstofvastlegging heeft plaats gehad, die echter reeds na een week door de mineralisatie wordt overtroffen. De krommen vertonen dan een stijging naar rechts. Uit de regelmatige opeenvolging der krommen blijkt dat de vastlegging geringer is, naarmate de compost langer gebroeid heeft.

Opmerkelijk is dat ook in de grond zonder compost (gestippelde lijnen) zowel vastlegging als vrijmaking van de stikstof optreden en eenzelfde verloop hebben als in de grond-compostmengsels. De oorzaak hiervan moet wellicht gezocht worden in een stimulatie van het microbenleven in de grond door de betere aeratie en de lossere structuur in de potten, vergeleken met die in het veld.

De tijd, die nodig is om in de grond-compostmengsels weer over evenveel anorganische stikstof te kunnen beschikken als bij het begin van de proef aanwezig was (AC, A'C', A''C''), is korter naarmate de compost langer gebroeid heeft. Merkwaardig is dat de hier gebruikte humeuze zandgrond een sterk gestimuleerde mineralisatie vertoont na de toevoeging van 1,5 g minerale stikstof.

Aangezien alle lijnen in de bovenste figuur evenwijdig lopen aan die van de grond zonder compost, moet men wel tot de conclusie komen dat deze stikstof in hoofdzaak uit de organische verbindingen van de grond zelf zijn vrijgemaakt.

Verder blijkt uit beide figuren dat gedurende de gehele proef de lijnen, behorende bij de composten welke 0, 3 en 6 weken gebroeid hebben, beneden de lijnen liggen van de

FIG. 5

Het verloop van het gehalte aan oplosbare anorganische stikstof gedurende de mineralisatieproeven in onbeplante potten bemest met diverse composten in samenhang met de composteringduur.

Onder: zonder extra stikstoftoevoeging.

Boven: met toevoeging van 1,5 g N per pot.

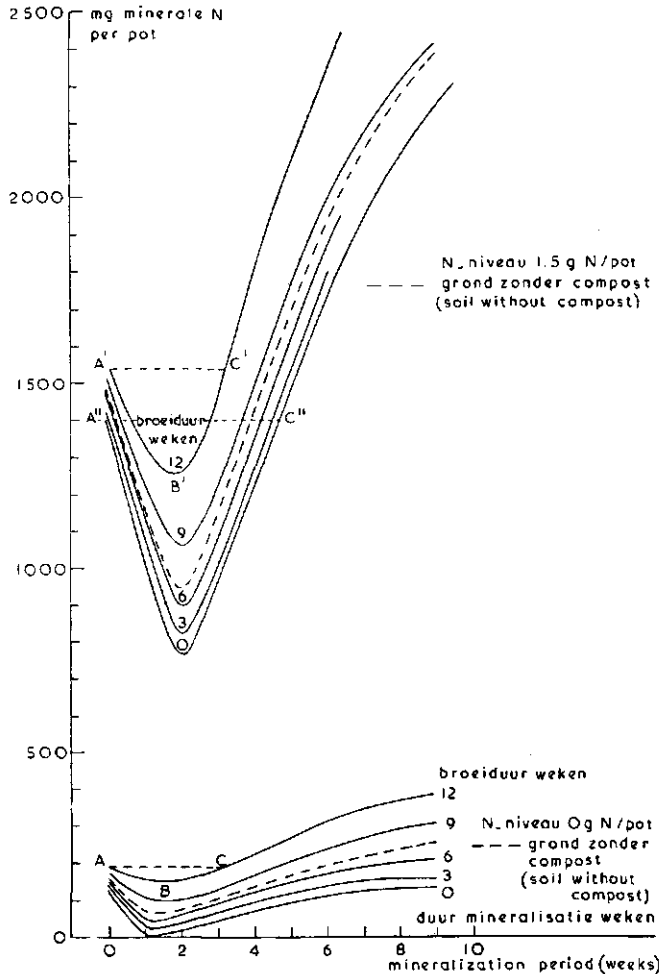


FIG. 5

The relation between the quantity of mineral nitrogen present in soil compost mixtures and the duration of the mineralisation.

Lower fig.: without addition of anorganic nitrogen.

Upper fig.: with the addition of 1,5 g N as  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  to 5 kg soilcompost mixtures.

In the former case a small fixation of anorganic nitrogen takes place in the first week, followed by a slow mineralization. In the latter case ammonification starts after two weeks and is more vigorous.

grond zonder compost; die van de composten welke 9 en 12 weken gebroeid hebben liggen er boven. Dit wil dus zeggen dat, gedurende de 9 weken dat deze mineralisatieproef geduurd heeft, deze onvoldoend gebroeide compost-grondmengsels minder anorganische stikstof verbindingen hebben bevat dan de grond zonder compost. Hieruit blijkt wel duidelijk, hoe nadelig het kan zijn om dergelijke composten aan te wenden op gronden die direct na de bemesting bezaaid worden.

Wanneer wij op het ogenblik dat de mineralisatie op de stikstofvastlegging de overhand krijgt, d.i. dus na ongeveer 2 weken, door beide figuren een verticale doorsnede maken en de bijbehorende hoeveelheden minerale N uitzetten tegen de broeiduur van de diverse composten, dan krijgen wij figuur 6.

Het punt waar deze krommen de lijnen van het stikstofniveau van de grond zonder compost snijden, geeft aan hoe lang de compost gebroeid moet hebben om geen stik-

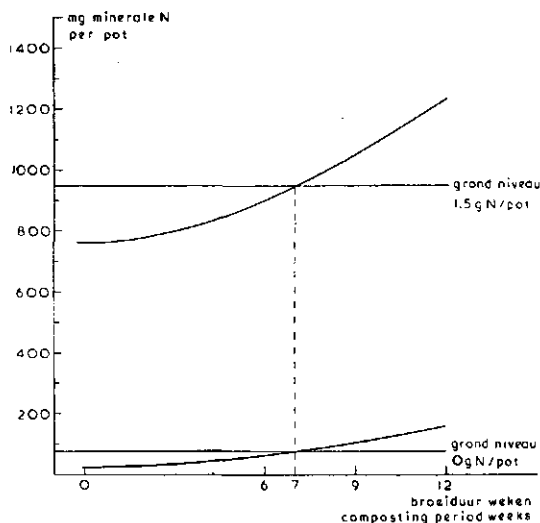


FIG. 6

Verband tussen broeiduur en de hoeveelheid minerale N per pot na 2 weken mineraliseren in onbeplante grond

FIG. 6

The relation between the quantity of mineral N found in the soil-compost mixtures after two weeks and the composting time. Without and with nitrogen added the original anorganic N level is reached after 7 weeks, indicating that after a composting time of 7 weeks no nitrogen will be confiscated from the surroundings by the microorganisms.

stof meer aan de grond te onttrekken. Met of zonder extra stikstof toevoeging blijkt dit na ca. 7 weken het geval te zijn.

#### d. De potproeven

Het gemiddelde van de opbrengsten aan droge stof der potproeven, benevens de standaardafwijkingen berekend uit de 4 parallellen, zijn in tabel 4 verenigd.

TABEL 4. Gemiddelde droge-stofopbrengst van de potproeven met *Brassica napus* beplant (14/5 tot 19/7, gram per pot)

Stikstofgift in g	0	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$
Kunstmest, geen comp.	7,4 ± 0,2	23,5 ± 0,7	25,4 ± 1,9	27,0 ± 1,2	22,4 ± 0,9
Vers vuil . . . . .	2,8 ± 0,1	15,6 ± 1,0	20,3 ± 1,2	28,5 ± 2,6	21,1 ± 4,9
3 w. oude compost . . .	2,9 ± 0,5	18,8 ± 0,8	24,0 ± 1,2	25,6 ± 2,0	20,8 ± 2,0
6 w. oude compost . . .	5,4 ± 0,5	20,2 ± 0,7	26,5 ± 1,9	27,5 ± 0,9	21,7 ± 2,4
9 w. oude compost . . .	9,6 ± 0,5	24,5 ± 1,0	26,0 ± 1,5	30,8 ± 0,8	24,2 ± 0,9
12 w. oude compost . . .	9,9 ± 0,3	24,0 ± 0,9	28,8 ± 1,1	29,0 ± 0,2	17,5 ± 3,6

TABEL 4. Mean yields of dry matter of the potexperiment with *Brassica napus*

Op enkele uitzonderingen na zijn de afwijkingen klein en heeft deze proef een bevredigend resultaat opgeleverd. In figuur 7 zijn de gecorrigeerde opbrengsten uitgezet tegen de hoeveelheden stikstof, welke in de vorm van ammoniumnitraat gegeven zijn.

Bezie men de opbrengsten van de potten, die geen kunstmest gekregen hebben (de aanvang dus der diverse lijnen), dan blijkt er een regelmatige opeenvolging te zijn. In die zin nl., dat de compost van 12 weken de hoogste opbrengst geeft, direct gevolgd door de compost van 9 weken. Dan volgt de kunstmestkromme, maar bij het begin-



punt daarvan heeft de grond nog niets ontvangen en hier is dus de opbrengst van de onbemeste grond aangegeven. Het is duidelijk, dat de composten van 6 en 0 weken broeijtijd opbrengstverlagend hebben gewerkt. Ook de 3 weken oude compost, waarvoor de kromme niet is getekend om de figuur niet al te onoverzichtelijk te maken, werkt opbrengstverlagend.

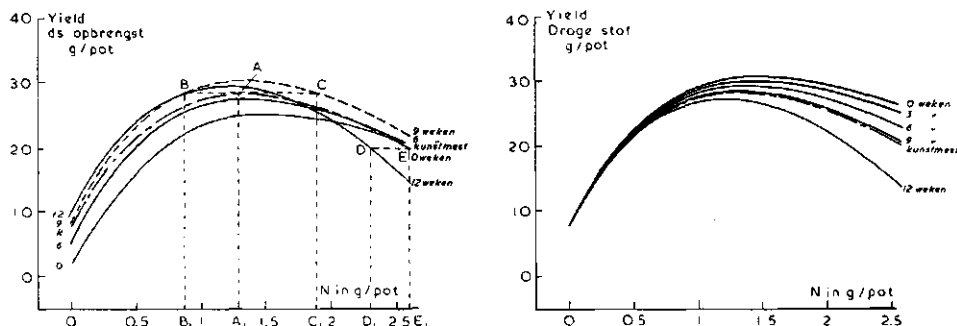


FIG. 7. (A) De opbrengsten in grammen droge stof van de potproeven met *Brassica napus*, bij verschillende giften minerale stikstof.  
 (B) Hier zijn de beginpunten der bovenstaande krommen alle gelegd op het beginpunt van de kromme van kunstmest zonder compost. De nadelige werking van te veel stikstof is het grootst bij de compost van 12 weken, omdat de hierin vrijgemaakte anorganische stikstof deze nadelige werking verergert. Bij de ongebroeiide compost is deze nadelige werking minder dan bij de kunstmest alleen, omdat bij de ontleding van het organisch materiaal de microörganismen anorganische stikstof aan het milieu onttrokken hebben.

FIG. 7. (A) Yield curves of the potexperiment with *Brassica napus* (dry weight versus anorganic nitrogen added per pot.)  
 When no nitrogen is added (0 N) the composts of 0 and 6 weeks reduce the yield, those of 9 and 12 weeks increase the same. That the curve of 12 weeks reaches the maximum first of all and drops off quickly is caused by the anorganic nitrogen present in this compost.  
 (B) The starting points of the different curves are laid upon the starting point of the anorganic nitrogen curve, (kunstmest). When more than 1,25 g N per pot is added, the yield is reduced due to too much nitrogen. This effect is aggravated by the anorganic nitrogen liberated in the compost during 12 weeks composting and reduced by the fixation of the inorganic nitrogen by the composts of 0,3 and 6 weeks composting time.

Uit figuur 7a zijn nog enkele karakteristieke feiten af te leiden: in de eerste plaats zien wij dat alle krommen, na een maximum gepasseerd te zijn, naar beneden afbuigen en dus lagere opbrengsten gaan geven. Dit is in overeenstemming met de opzet van de proef, waarbij de stikstofgiften zo berekend zijn, dat bij de hoogste gift te veel stikstof is toegediend. Dit werkt dus weer opbrengstverlagend en stelt ons in staat berekeningen uit te voeren, die bij een minder volledige kromme niet uit te voeren zijn. Opmerkelijk is dat de compost van 12 weken, na het optimum gepasseerd te zijn, de grootste opbrengstverlaging geeft. De oorzaak hiervan is, dat deze compost het verst gemineraliseerd is, de meeste anorganische stikstof bevat, zodat deze – opgeteld bij de reeds te grote kunstmestgift – een verdere verlaging van de opbrengst veroorzaakt.

Om de resultaten nog iets overzichtelijker te maken, zijn in figuur 7b de beginpunten van alle krommen op elkaar gelegd en wel op het beginpunt van de kunstmestkromme. In feite komt dit erop neer, dat men de opbrengstvermeerdering t.o.v. de kunstmest van de krommen van 12 en 9 weken heeft afgetrokken en de opbrengstverlaging van de

overige krommen erbij heeft opgeteld. Men constateert nu een zeer regelmatige opeenvolging der krommen; de opbrengstverlaging die het gevolg is van een (te hoge) kunstmestgift wordt verminderd door de aanwending van ongebroeide compost en versterkt door het gebruik van 12 weken gebroeide compost. In het eerste geval komt dit doordat deze compost stikstof vastlegt, aangezien stikstof aan het milieu wordt onttrokken voor de omzetting van de daarin aanwezige nog niet aangetaste organische stof, in het tweede geval is bij compostering uit het organische stikstofhoudende materiaal stikstof in anorganische vorm in vrijheid gezet en deze stikstof, opgeteld bij de reeds in overmaat aanwezige kunstmest-stikstof, verlaagt de opbrengst nog meer.

Bekijkt men nu de punten waar de maxima der krommen liggen, dan zien wij dat voor de compost van 12 weken het maximum het meest naar links ligt. Dit wil dus zeggen dat dit punt met minder kunstmeststikstof bereikt wordt dan in alle andere gevallen. Dit is echter ook te verwachten, omdat in deze compost reeds een zekere hoeveelheid anorganische stikstof was vrijgemaakt, die bij de reeds toegevoegde kunstmeststikstof moet worden opgeteld.

Uitgaande van de gemiddelde opbrengstkrommen krijgen wij het volgende beeld van de opbrengstvermeerdering of -vermindering door toevoeging van de diverse composten met verschillende stikstofgiften, uitgedrukt in procenten van de opbrengst bij eenzelfde kunstmestgift.

TABEL 5. Verband tussen de composteringsduur en de opbrengstvermeerdering bij verschillende stikstofgiften (in g per pot), uitgedrukt in procenten van de bijbehorende opbrengst met kunstmest alleen.

Broeiduur van de compost	0	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$
0 weken . . . . .	-62	-28	-15	-4	0
3 weken . . . . .	-61	-19	-13	-2	0
6 weken . . . . .	-27	-14	-6	-4	+2
9 weken . . . . .	+30	+7	+7	+11	+10
12 weken . . . . .	+34	+12	+9	+2	-19

TABLE 5. *The relation between composting time and yield decrease or increase at different anorganic nitrogen levels, expressed in % of the yield of the pots with  $NH_4NO_3$  alone (0 to  $2\frac{1}{2}$  g per pot).*

Ook uit deze tabel blijkt duidelijk, dat alleen de composten met een broeiduur van 9 en 12 weken opbrengstverhogend hebben gewerkt, terwijl de composten die korter gebroeid hebben, schadelijk hebben gewerkt.

De vraag is op welke wijze uit de verkregen gegevens een maatstaf voor de stikstofwerking van de verschillende composten te krijgen is.

Wij hebben reeds gezien, dat deze stikstofwerking afhankelijk is van de stikstofgift en het sterkst tot uiting komt in het eerste gedeelte der krommen van 0 tot ongeveer 0,5 g N per pot. In verband hiermede hebben wij ons voor de beantwoording van bovengenoemde vraag beperkt tot de proeven, waarbij 0,5 g N als kunstmest gegeven is. Dit is bovendien ingegeven door het feit, dat ook in de praktijk nimmer gewerkt wordt met zo hoge stikstofgiften dat men in het optimum zit, omdat de daarbij verkregen opbrengstverhogingen doorgaans niet meer lonend zijn.

In figuur 8 zijn op wat grotere schaal de opbrengsten aan droge stof en de totaal in

kunstmest en compost gegeven stikstof tegen elkaar afgezet. De afgezette waarden zijn uit de gemiddelde krommen afgelezen.

In de eerste plaats zijn de opbrengsten van de potten met stijgende kunstmesthoeveelheden zonder compost tot een kromme verenigd. Tevens zijn aangegeven de opbrengsten welke verkregen zijn in de reeks waarbij aan de grond, behalve 0,5 g kunstmest, ook nog composten van verschillende broeidiur waren toegevoegd ( $B_0$ ,  $B_1$  enz.). Deze composten bevatten aan totaal stikstof respectievelijk 1,16 g (0 w); 1,16 g (3 w); 1,18 g (6 w); 1,17 g (9 w) en 1,05 g (12 w). Hierbij moet dan nog 0,5 g N van de toegevoegde kunstmest worden opgeteld. Dit is dus in tegenstelling met wat bij figuur 5 geschied is. Daar werd horizontaal alleen de kunstmest per pot afgezet tegen de verkregen opbrengsten. Teneinde deze wisselende compoststikstof-hoeveelheden beter

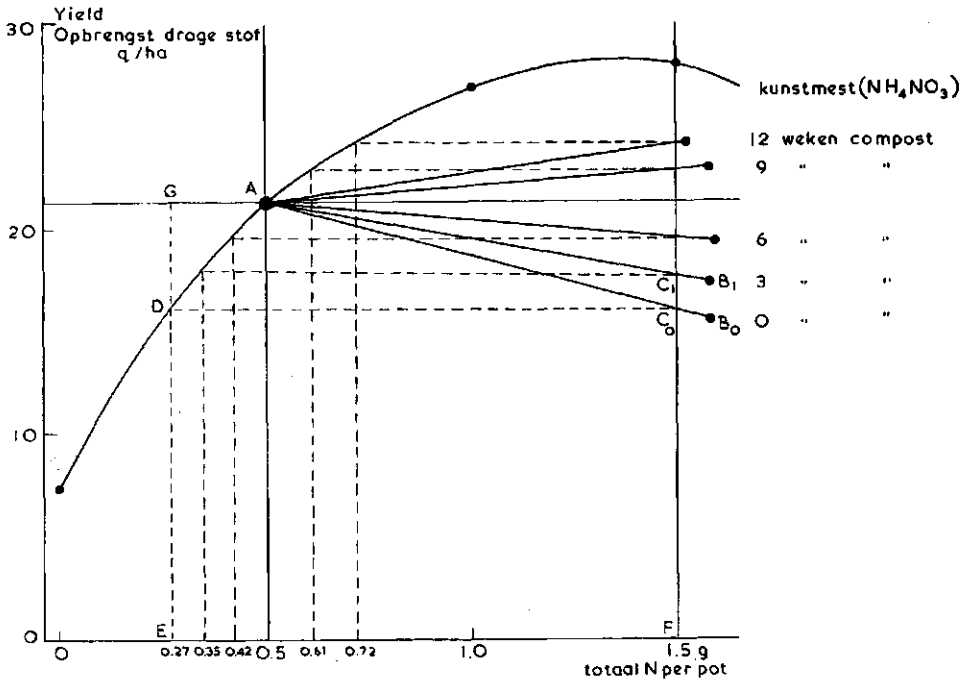


FIG. 8. Grafische berekening van de stikstofwerking der verschillende composten, bij een matige gift van 0,5 g N anorganische stikstof per pot (voor verklaring zie tekst).

FIG. 8. The object of this graphical construction is to calculate the nitrogen effect of the different composts. To this end a graph is drawn by plotting the yields of the pots with anorganic fertilizers only, against the total nitrogen per pot. The yields of the pots with the different composts and 0,5 g N as  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  are indicated by the points  $B_0$ ,  $B_1$  etc. Reduced to 1,5 g total nitrogen per pot (0,5 g N as  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  + 1 g N in the compost) the corresponding yields  $C_0F$ ,  $C_1F$  etc. are found. The same yield as f.i.  $C_0F$  is produced in the pot with anorganic N only, at D; the quantity of nitrogen necessary to this and is denoted by  $OE = 0,27$  g N. As to the mixture of soil and unfermented compost 0,5 g N had been added,  $0,5 - 0,27 = 0,23$  g N has been unavailable to the plant and has been confiscated by the microorganisms. In the case of the compost of 12-weeks the yield was higher than with anorganic nitrogen alone, the nitrogen effect amounting to  $0,72 - 0,5 = 0,22$  g N per pot, which has been liberated from the organic nitrogen compounds in the compost.

met elkaar te kunnen vergelijken zijn ze alle op eenzelfde stikstofbasis van 1 g N totaal terug gebracht.

Om dit tot stand te brengen is van de veronderstelling uitgegaan dat de opbrengstvermeerdering, welke door de compoststikstof verkregen is, rechtlijnig is verlopen (AB, AB<sub>1</sub> enz.). Dit is natuurlijk slechts bij benadering juist, doch aangezien wij in dit verband telkens slechts over 2 punten beschikken, is geen nauwkeuriger bepaling der lijnen mogelijk.

Wij kunnen nu nagaan hoe groot de opbrengst geweest zou zijn, indien alle composten 1 g N bevat zouden hebben (met de kunstmest in totaal 1,5 g N). Dit zijn de snijpunten C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub> enz. van de lijnen AB<sub>0</sub>, AB<sub>1</sub> enz. met de verticale lijn, die bij 1,5 g N is opgericht. De opbrengst van de potten met verse compost b.v. wordt nu voorgesteld door C<sub>0</sub>F.

De volgende stap is dat wij willen weten met hoeveel kunstmeststikstof een gelijke opbrengst verkregen is; dit bereikt men door de punten C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub> enz. lijnen evenwijdig aan de X-as te trekken en de snijpunten met de kunstmestkromme te bepalen.

Het punt D van de kunstmestkromme heeft dus dezelfde opbrengst DE als de ongebroeide compost C<sub>0</sub>F (waarin 1 g N totaal en 0,5 g N als kunstmest). Voor deze opbrengst is 0,27 g N als kunstmest nodig geweest.

In de betreffende pot is echter 0,5 g kunstmest gegeven; men kan hieruit concluderen dat de in de ongebroeide compost aanwezige stikstof geen werking heeft uitgeoefend en dat bovendien van de aanwezige 0,5 g N  $0,5 - 0,27 = 0,23$  g N is vastgelegd en aan de planten onttrokken. Voor de composten van 3 en 6 weken is dit resp. 0,15 en 0,08 g N. De composten van 9 en 12 weken hebben een hogere opbrengst gegeven dan de 0,5 g kunstmest alleen; in deze gevallen is dus een deel van de in de compost zelf aanwezige stikstof ter beschikking van de plant gekomen (gemeneraliseerd) en wel 0,11 en 0,22 g N. Daar uitgegaan is van composten, welke 1 g N totaal per pot bevatten, is er dus per 100 kg compost stikstof 11 resp. 22 kg N vrijgekomen en is de stikstofwerking dus 11 resp. 22 % geweest.

Uit figuur 8 kunnen wij ook de op 1 g compoststikstof gereduceerde meer- of minderopbrengsten (bij een anorganische N-gift van 0,5 g) aflezen (voor de 0 weken gebroeide compost is dit DG) en in een nieuwe grafiek afzetten tegen de broeitijden van de composten. Dit ter bepaling van de minimum broeitijd, waarbij dus aanwending van compost geen N-binding meer veroorzaakt. Daarbij ontstaat de eenvoudige figuur 9; het punt waar de kromme de 0-as snijdt, geeft de minimum broeitijd aan, die in dit geval dus ca. 7½ week bedraagt.

Dit komt goed overeen met de conclusie, die wij op grond van de mineralisatieproeven getrokken hebben, waarbij langs geheel andere weg eveneens gevonden werd dat de minimum broeiduur 7½ week moet bedragen.

Wanneer men het hier verkregen inzicht in de praktijk wil toepassen, dan is daarbij te bedenken dat in deze proeven de compost vlak voor het zaaien gegeven is. Planten zowel als microben zullen zich van de beschikbare stikstof trachten meester te maken, een concurrentie waarbij de microben aanvankelijk in het voordeel zullen zijn, in het bijzonder wanneer de compost niet lang genoeg gebroeid heeft en nog veel stikstofarme organische stof bevat.

Naarmate de gemakkelijk aantastbare stikstofarme organische stof verder is omgezet, staat een groter deel van de assimileerbare stikstof ter beschikking van de plant.

Geheel anders is de situatie wanneer men de compost in het najaar toedient. Ge-

durende de regenperiode in de winter kan een niet onbelangrijk deel van de oplosbare bodemstikstof uitgespoeld worden en deze is dan voor de volgende oogst verloren.

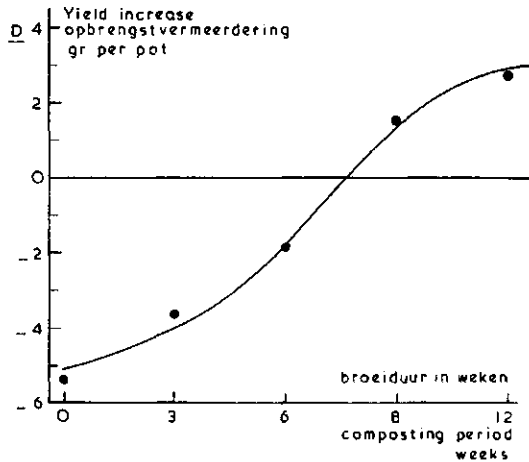
Brengt men nu verse of weinig gebroeide compost in de grond, dan zullen – zolang de temperatuur niet te laag wordt – de micro-organismen, die de gemakkelijk aantast-

FIG 9

De meer- of mindere opbrengsten uitgezet tegen de broeitijden van de composten

FIG. 9

In this graph the increase or decrease in yield due to the application of the different composts is plotted against the composting time; the point where the curve intersects the horizontal line indicates the minimum composting time necessary to avoid a decrease in yield.



bare organische stof van de compost tot ontleding brengen, daarbij stikstof aan de grond onttrekken en in hun microbenlichamen vastleggen. Hierdoor wordt de stikstof voor uitspoeling behoed. Wanneer in het voorjaar de temperatuur stijgt, dan ontleden de lichamen der microben weer en de opgezamelde eiwitstikstof komt geleidelijk als ammoniak weer vrij.

Het is op grond van deze overwegingen dat door ir. KORTLEVEN enige vergelijkende proeven over de aanwending van ongebroeide en gebroeide compost in het voorjaar en najaar zijn verricht. Hierbij is komen vast te staan dat inderdaad bij najaarsaanwending *ongebroei*de compost hogere opbrengsten geeft dan goed verteerde compost.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Een uitvoerige publikatie zal hierover binnenkort van de hand van ir. KORTLEVEN verschijnen.

## SAMENVATTING

Het doel van dit onderzoek was in de eerste plaats na te gaan hoe lang compost, gemaakt van geraspt stadsvuil (Schiedam), vergist moet worden om geen schadelijke werking meer uit te oefenen door microbiologische vastlegging van de stikstof uit de grond. Het doel was tevens een indruk te krijgen van de waarde van de gedurende verschillende tijdsduur vergiste composten als stikstofmeststof. Daartoe werden chemische, bacteriologische en potproeven aangezet. Als proefplant werd *Brassica napus* gebruikt (snijmoes), waarvan de kleine zaadjes slechts weinig stikstof bevatten, terwijl de plant flinke opbrengsten geeft.

In de eerste plaats werd een methode ontwikkeld, waarbij men in staat is zeer homogene composthopen op te zetten die een voldoende nauwkeurige bemonstering toelaten, hetgeen voor een betrouwbare analyse een eerste vereiste is.

Bij de organische-stofbepaling in de compost kan men niet volstaan met verassing, aangezien dan ook de steenkool, antraciet enz. medegeteld wordt als organische stof. De methodiek berust erop dat men gebruik maakt van de resistentie van deze huisbrandkool tegen diverse chemicaliën.

Aan de indirecte bepaling van cellulose en humeuze stoffen (lignine e.d.) – door het verschil in gewicht van het monster te bepalen voor en na de oplossing van deze substanties in de geschikte oplosmiddelen – bleken tamelijk grote fouten te kleven. Beter was het in de extracten de in oplossing gegane stoffen langs oxydimetrische weg te bepalen. De aldus verkregen resultaten gaven ook een betere overeenstemming met het verloop der bacteriologische proeven.

De bepaling van het door de microörganismen ontwikkelde koolzuur gaf een duidelijk inzicht in de mate waarin de compost verteerd was. De CO<sub>2</sub>-produktiekrommen volgen elkaar regelmatig op; toevoeging van extra stikstof verhoogde de CO<sub>2</sub>-productie van de onvergiste compost met 12%, terwijl dit bij 12 weken vergiste compost slechts weinig effect had.

De mineralisatie van organische stikstofverbindingen en het gehalte aan oplosbare anorganische stikstof werd in een aparte proef vervolgd. Na een korte periode van 1 hoogstens 2 weken, waarin in alle gevallen enige stikstofvastlegging optrad, zien wij dat overal de hoeveelheid stikstof, die door vastlegging aan het milieu wordt onttrokken, overtroffen wordt door de hoeveelheid stikstof die uit de organische N-verbindingen gemineraliseerd wordt. Daarbij bleek echter, dat in de grond-compostmengsels met de composten die 0, 3 en 6 weken gebroeid hadden het gehalte aan anorganische stikstof gedurende de duur van de proef steeds beneden dat van de onbemeste grond bleef, terwijl dit bij de composten van 9 en 12 weken steeds boven het oorspronkelijke stikstofgehalte lag. Opmerkelijk is dat de toevoeging van anorganische stikstof ook in de grond zonder compost de mineralisatie van de organische stikstofverbindingen versneld heeft.

Uit deze mineralisatieproeven kon worden geconcludeerd dat deze compost minstens 7 weken moet worden gebroeid, om te bereiken dat geen stikstof uit de grond meer wordt vastgelegd.

In de potproeven werden met de verschillende composten tevens stijgende stikstofhoeveelheden gegeven teneinde een indruk te kunnen krijgen van de stikstofwerking

van de compost en met het doel de verkregen resultaten grafisch te kunnen verwerken. Alleen de composten, die 9 en 12 weken gebroeid hadden, verhoogden de opbrengst van *Brassica napus*, terwijl de composten van 0, 3 en 6 weken de opbrengst verlaagden.

Het nuttig effect van de stikstof in de compost van 9 weken bedroeg 11% van de totaal-N, oorspronkelijk aanwezig in de onverteerde compost, en 22% voor de compost die 12 weken gebroeid had.

Door de opbrengstvermeerdering (vermindering) tegen de composteringsduur uit te zetten, kon de minimum composteringsduur op  $7\frac{1}{2}$  week worden bepaald; compost die langer gebroeid heeft zal geen stikstof meer aan de grond onttrekken.

Dit resultaat is in goede overeenstemming met de uitkomsten der mineralisatieproeven, waarbij 7 weken was gevonden.

## SUMMARY

### COMPOSTING TIME IN RELATION TO NITROGEN ACTIVITY OF GROUND TOWN REFUSE COMPOST (SCHIEDAM)

The main object of these investigations was the determination of the minimum time of composting of ground town refuse to avoid harmful effects due to fixation of an-organic nitrogen by soil microorganisms and to get an insight in the value of compost nitrogen as a fertilizer.

To this end chemical, bacteriological and pot-culture experiments were made. The plant used for the pot experiment was *Brassica napus*, which gives high yields and as the seed is very small does not introduce any appreciable amount of nitrogen into the pots.

A method is described to make homogenous compost heaps, from which at regular intervals samples were taken, to follow the course of the decomposition.

It is emphasized that the organic matter content cannot be determined simply by ashing, as in that case the carbon present as coal, anthracite etc. would be included as organic material. The coal content of the compost has to be determined separately making use of its insolubility and resistancy towards chemical agents; cellulose and humic substances (lignin etc.) were determined indirectly by dissolving these substances in suitable media and finally subtracting the weight of the residue from that of the original weight. This method proved however to be rather inaccurate; the oxidimetric determination of the hydrolysite of cellulose and hemicellulose and of the alkaline solution of the humic substances gave a better insight in the quantities of these materials in the compost.

In order to determine the  $\text{CO}_2$  produced during the decomposition of the composts, sandy soil-compost mixtures were aerated with  $\text{CO}_2$  free air, the  $\text{CO}_2$  absorbed in 1 n NaOH and titrated every two days. The  $\text{CO}_2$  curves of the composts followed each other at regular intervals showing inverse correlation between the  $\text{CO}_2$  produced and the composting time. Adding nitrogen increased the  $\text{CO}_2$  production of the original town refuse by some 12%, whereas in the case of the compost, which had been composted for 12 weeks the addition of nitrogen had hardly any effect.

Regular determinations of the inorganic nitrogen present in the soil-compost mixtures showed that after a short period of 1 to 2 weeks, during which small amounts of anorganic nitrogen were assimilated, ammonification of the organic nitrogen compounds surpassed assimilation.

From these experiments it could be concluded that a composting time of at least 7 weeks is necessary to avoid fixation of anorganic nitrogen from the soil.

In the pot-experiment 5 kg of a sandy soil were mixed with 300 g compost and increasing amounts of inorganic nitrogen were added, in order to be able to calculate the activity of the nitrogen present in the different composts.

It is evident that only the composts, which have been composted for 9 and 12 weeks increased the yield of *Brassica napus*, whereas those which have been composted 0, 3 and 6 weeks reduced the yield.

The final activity of the nitrogen in the composts amounted to 11% of the total nitrogen present in the original unfermented compost in the case of the compost of 9 weeks and to 22% for that of 12 weeks.

Plotting the increase and decrease of the yield, caused by the application of the different composts in the potexperiment, against the composting time, it could be concluded that a minimum composting time of 7.5 weeks is necessary to avoid a decrease in yield due to fixation of anorganic nitrogen by microorganisms.

This result is in fair agreement with the outcome of the mineralization experiment.