

Duurzaam bodemleven

Literatuurstudie voor composteren bij bloembollenbedrijven

Auteur(s): Susan van 't Riet en Anne Marie van Dam

© 2003 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr.; €,...



Projectnummer: 330631

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Bloembollen

Adres : Prof. van Slogterenweg 2, 2161 DW Lisse

: Postbus 85, 2160 AB Lisse

Tel. : 0317 - 47 83 00

Fax : 0317 - 47 83 01

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1 INLEIDING	5
2 COMPOST SAMENSTELLING.....	7
2.1 Soort materiaal.....	7
2.2 C/N-Verhouding	7
2.3 Structuur.....	9
2.4 Zware metalen.....	9
2.5 Bemestende waarde	10
3 COMPOSTERINGSPROCES	13
3.1 Composteringsmethodes	13
3.2 Temperatuur	15
3.3 C/N verhoudingen.....	15
3.4 pH.....	16
3.5 Vocht.....	16
3.6 Doorluchting/CO ₂	16
3.7 Rijping	17
3.8 Ziektedoding	18
3.9 Financiële plaatje	21
4 BACTERIEPREPARATEN.....	23
5 ZIEKTEWERING.....	25
6 TOEDIENING.....	27
6.1 Organische stof.....	27
6.2 Stuifbestrijding	28
7 ANALYSE METHODES EN INTERPRETATIE	29
7.1 De Soil Foodweb Analyse	29
7.2 Chromatest.....	29
7.3 Biotoetsen	30
8 REGELGEVING.....	31
9 LITERATUUR.....	35
BIJLAGE 1 MICROFAUNA EN HUN FUNCTIES.....	37
BIJLAGE 2 PROBLEMEN BIJ HET COMPOSTEREN EN OPLOSSINGEN.....	38

1 Inleiding

Ieder bedrijf produceert afval. Bij bloembollenbedrijven is een groot deel van het afval plantaardig, zoals pelafval, maaisel, stro. Dit afval kan afgevoerd worden, wat een uitstroom van nutriënten en organische stof van het bedrijf tot gevolg heeft en aanzienlijke kosten met zich meebrengt. Het materiaal kan ook op het eigen bedrijf gecomposteerd worden. Sommige bedrijven met open teelt, met name in de bloembollensector, composteren het eigen organisch restmateriaal. Hierdoor worden kosten van afvoer van het materiaal bespaard en kan het materiaal, na compostering, bijdragen aan de organische bemesting van de grond. Uit milieuoogpunt is deze praktijk gunstig, doordat transport van organische rest- en meststoffen beperkt wordt.

Naar composteren in het algemeen wordt veel onderzoek gedaan, vooral in het buitenland, en er zijn een aantal tijdschriften die speciaal gewijd zijn aan compost. Een algemeen probleem van compostproeven is echter dat ze of in de kassen plaatsvinden of eenmalig in het veld. Vertaling naar lange termijn effecten en de praktijk zijn daarom vaak moeilijk. Duidelijk is wel dat compost niet de ultieme oplossing is voor bodemproblemen, maar eerder een onderdeel is van de oplossing. Binnen de gehele bedrijfsvoering heeft compost zeker zijn plaats, maar als de bedrijfsvoering in zijn geheel te wensen over laat zal compost weinig effect sorteren. Verder zal het voornamelijk op lange termijn effect zal hebben. Het één keer in één jaar aanbrengen zal dus weinig invloed hebben.

In dit rapport wordt dieper in gegaan op het proces van composteren en de betekenis voor de bloembollensector. In hoofdstuk 2 wordt daartoe aandacht besteed aan de materialen waaruit de composthoop opgebouwd is en welke materialen nodig zijn voor een goede opbouw. Waar mogelijk is dit toegespitst op bloembollenbedrijven. In hoofdstuk 3 worden een aantal methoden van composteren behandeld en de randvoorwaarden voor een goed composteringsproces, waarna in hoofdstuk 4 dieper in gegaan wordt op bacteriepreparaten. In hoofdstuk 5 wordt de ziektevering aangestipt, waarbij ook het belang van bodemleven aan bod komt en de relevante proefresultaten. Vervolgens wordt er in hoofdstuk 6 ingegaan op de toediening van compost waarbij het organische stofgehalte van de bodem ter sprake komt en stuifbestrijding. Hoofdstuk 7 gaat in op een aantal analysemethoden die bij de bepaling van bodem en compost gebruikt worden en ten slotte zal in hoofdstuk 8 ingegaan worden op de regelgeving rond compost.

2 Compost samenstelling

Een composthoop wordt opgebouwd uit organische materialen, dit kunnen plantenresten zijn, maar ook dierlijke mest. Voor het opbouwen van een goede hoop zijn een aantal aspecten van het uitgangsmateriaal van belang. Ten eerste het soort materiaal (dierlijk, plantaardig) ten tweede de C/N verhouding van het materiaal en ten derde ook de structuur van het materiaal, deze factoren tezamen zeggen iets over de afbreekbaarheid van het materiaal. Natuurlijk zijn vochtigheid en pH ook van belang, maar daar zal in hoofdstuk 3 dieper op worden in gegaan. Daar zware metalen een belangrijke rol spelen bij het bepalen van de maximale aanvoer van composten worden daar ook tabellen van gegeven.

2.1 Soort materiaal

Een composthoop kan puur uit plantaardig materiaal worden opgebouwd, maar vaak kan wat dierlijke mest het composteringsproces wat sneller op gang brengen. Vooral kippenmest met zijn relatief hoge mineralen gehalten en dus rijke voedingsbodem kan hiertoe bijdragen. Toevoeging van dierlijke mest zal tot een uiteindelijk rijkere (meer nutriënten) compost leiden. Het plantaardige materiaal kan bestaan uit gewasresten (maaisel, bloemkoppen, pelafval) en stro, maar ook uit houtsnippers, snoeiafval van gemeentes of nabij gelegen natuurgebieden of bladafval. Aan toevoeging van materiaal van buitenaf zijn echter beperkingen opgelegd, meer hierover in hoofdstuk 8.

Het soort materiaal zegt wat over de mate van afbreekbaarheid. Verse groene bladeren (maaisel), of koppen, bestaan uit makkelijker afbreekbaar materiaal (relatief meer suikers, die vrij makkelijk afbreekbaar zijn) dan verhoude en verdroogde producten (relatief meer cellulose dat moeilijker afbreekbaar is), zoals pelafval en verdroogde gewasresten. Stro breekt weer sneller af dan hout omdat de koolstof bij hout voor een deel vastgelegd is in moeilijk afbreekbare lignine. Over het algemeen geldt: hoe langer de koolstofketen van de moleculen waar een stof uit is opgebouwd, des te moeilijker afbreekbaar het product (suikers < cellulose < lignine).

Zand dat meekomt met de aangevoerde materialen is in principe alleen maar ballast voor de composthoop. Het heeft geen toegevoegde waarde en kan eerder het composteringsproces remmen, omdat het de temperatuur lager kan houden, afstand tussen nuttige elementen vergroot, geen vocht vasthoudt en geen enkele positieve bijdrage levert aan het organische stofgehalte van het eindproduct. Het meegevoerde zand dient dus tot een minimum beperkt te worden. Aanvoer van wat klei daarentegen kan een positief effect hebben al is toevoeging niet noodzakelijk. Door de toevoeging van klei zou een beter bindend klei/humus complex kunnen ontstaan.

Het toevoegen van potgrond uit de broeierij kan geen kwaad, maar aangezien er weinig nutriënten inzitten moet het niet als hoofdbestanddeel gebruikt worden. Over het algemeen draagt de potgrond ook niet bij aan de structuur van de hoop omdat het fijn materiaal is.

2.2 C/N-Verhouding

De C/N verhouding is van belang voor de snelheid van het composteringsproces. Micro-organismen gebruiken koolstofverbindingen als bron van energie en groei, terwijl stikstof van belang is voor de opbouw van eiwitten en voortplanting. Het moet dus in een goede verhouding aanwezig zijn om de micro-organismen van dienst te kunnen zijn. Een ideale C/N verhouding ligt tussen de 20 en 35 voor een composthoop. Tijdens het composteringsproces verdwijnt C door verademing van de micro-organismen. Bij een te hoge C/N verhouding (relatief teveel C en te weinig N), zal het tekort aan N opgeheven moeten worden. Dit kan door N-fixatie (vastlegging van stikstof uit de lucht) of de N moet net zo lang gerecycled worden tot er zoveel CO₂ (dat vervluchtigd) geproduceerd is dat de C/N verhouding van het overgebleven materiaal gezakt is. Omdat beide processen extra energie kosten zal er uiteindelijk meer organische stof verdwijnen. Bij een te lage C/N verhouding zal er veel verlies aan stikstof en andere nutriënten optreden omdat er meer

N vrijgemaakt wordt dan er gebonden kan worden door gebrek aan koolstof.
In de onderstaande tabel is een overzicht gegeven van C/N verhoudingen van verschillende uitgangsmaterialen.

Tabel 1: C-, N-gehalten en C/N verhoudingen van verschillende organische producten.

Product	Kg/ton product		C	N	C/N
	DS	OS			
Vaste mest					
rundvee grup	235	651	362	29	12
kip droge mest	515	726	403	47	
kip strooi	640	661	367	30	12
vleeskuiken	605	840	466	50	9
vleesvee stro	230	696	386	33	12
schapen	290	707	393	30	13
geiten	265	687	382	32	12
kalkoenen	565	821	456	44	10
paarden	310	806	448	16	28
nertsen	285	649	361	62	6
konijnen	451	814	452	30	15
Gier					
rundvee	25	400	222	160	1,4
vleesvarkens	20	250	139	200	0,7
zeugen	10	1000	556	200	2,8
Drijfmest					
rundvee	90	733	407	54	7,5
vleesvarkens	90	667	370	80	4,6
zeugen	55	618	343	76	4,5
vleeskalveren	20	750	417	150	2,8
kippen	145	641	356	70	5,1
Overig					
champost	335	606	337	17	19
GFT-compost	700	300	167	14	12
tarwestro	840	920	511	7	73
erwtstro	840	930	517	15	33
gerstestro	840	940	522	7	78
spruitenknoppen en stengels	180	890	494	30	16
grashooi, matig	83	885	492	19	26
roggestro	840	955	531	5	113
bonenstro	840	930	517	10	51
haverstro	840	930	517	6	86
graszaadstro	830	915	508	13	38
weidegras, 4000 kg N, 1 ^e snede	160	910	506	34	15

(Uit: Bokhorst et al. 2001)

Waarden voor afval van de verschillende bolgewassen zijn terug te vinden in tabel 5 (paragraaf 2.5)
Daar pelafval naar verwachting een hoge C/N verhouding heeft zal er stikstofrijk materiaal aan de composthoop moeten worden toegevoegd, om een goede C/N verhouding te krijgen. Maaisel en koppen hebben een C/N verhouding die vergelijkbaar is met weidegras.

2.3 Structuur

Stro, houtsnippers en snoeiafval zijn grove materialen die binnen een composthoop ruimte open laten voor doorluchting. Groenteafval, koppen en maaisel zijn materialen die als ze vochtig zijn, of door hun eigen gewicht samengedrukt worden, een dicht pak kunnen vormen waar lucht nauwelijks doorheen kan. In paragraaf 3.4 zal verder op de consequenties van luchtarme omstandigheden worden ingegaan. In ieder geval is het van belang bij het opbouwen van een hoop om zoveel mogelijk grove met fijne materialen te mengen om een zo goed mogelijke lucht en vochthuishouding te garanderen.

Er is een bollenkneuzer, of hakselaar ontwikkeld die de afval bloembollen stuk kan malen zodat ze makkelijker in een composthoop verwerkt kunnen worden. Deze hakselaar bestaat er in 2 uitvoeringen. Een grote hakselaar die 40-50 kisten per uur kan verwerken en een kleinere die 1-2 kisten per uur kan verwerken. Een kleine kost echter al €50.000 en het zal dus erg kostbaar zijn voor een individueel bedrijf om aan te schaffen. (www.hienen.nl)

Na het malen/kneuzen, moet het materiaal wel gelijk tot composthoop verwerkt worden anders wordt het een drab. In principe geldt dat hoe fijner het uitgangsmateriaal des te sneller en vollediger de vertering zal zijn, omdat de oppervlakte groter is, zolang er maar rekening gehouden wordt met een goede structuur opbouw. Als bloembollen ongekneusd op de hoop gaan bestaat de kans dat deze eruit rollen. Als deze bollen niet op een gegeven moment in het warme midden gedeelte van de hoop terecht komen kan dit in het geval van zieke bollen uiteindelijk leiden tot het overleven van de ziektekiemen in de compost. Bij gebruik van de compost kan de grond en het daarop geteelde gewas geïnfecteerd worden.

2.4 Zware metalen

Zware metalen hebben op meerdere vlakken een nadelige invloed op de groei van gewassen en het bodemleven. De mate van schadelijkheid verschilt per element en hangt af van de bodem (klei-zand en pH). Aanvoer van deze zware metalen moet tot een minimum beperkt worden om schade te voorkomen. Rond Zinkfabrieken vindt men bijvoorbeeld vaak dikke, dorre strooisellagen als gevolg van een verminderd bodemleven. In Hoofdstuk 8 worden de wettelijke voorwaarden die aan diverse composten worden opgelegd met betrekking tot zware metalen weergegeven.

Hoeveel zware metalen aangevoerd worden met eigen compost hangt af van de ingrediënten waarmee de composthoop wordt opgebouwd. Tijdens het composteringsproces is het niet te verwachten dat zware metalen zullen uitspoelen dan wel vervluchtigen, omdat deze over het algemeen gemakkelijk aan het humuscomplex gebonden worden. Wat er in gaat komt er dus ook weer uit. In de onderstaande tabel staan gemiddelde gehalten van zware metalen in diverse meststoffen.

Tabel 2: Gemiddelde gehalten aan zware metalen van enkele soorten dierlijke mest en compost (g/ton vers)

Mestsoort	Cadmium	Lood	Zink	Koper
Drijfmest rundvee, gras	0,03	1,3	16,1	4,1
Drijfmest rundvee, mais	0,03	2,6	24,7	6,3
Drijfmest mestvarkens	0,03	2,0	75,2	42,3
Drijfmest kippen	0,11	< 4,1	64,0	18,0
Vaste mest leghennen	0,11	6,2	216,6	33,3
Vaste mest vleeskuikens	0,10	5,6	173,7	77,9
Vaste mest rundvee	0,06	0,7	25,0	7,0
Champost	0,08	1,4	38,6	8,7
GFT-compost	0,5	71	116,0	25,0
Groencompost	0,3	15	98,0	23,0

(Uit: Bokhorst et al, 2001)

Tabel 3: Aanvoer van cadmium, koper, lood en zink via toegestane doseringen (op basis van de nutriënten aanvoer) van dierlijke mestsoorten en compostsoorten. Aanvoer in grammen per ha per jaar op basis van reële gehalten in mestsoorten.

Mestsoort	Toegestane dosering in ton/ha	Aanvoer in gram/ha			
		Cadmium	Koper	Lood	Zink
Runderdrijfmest	39	1,1	116	43	194
Varkensdrijfmest	18	1,3	394	12	684
Kippendrijfmest	7	0,7	121	4	430
Vaste rundveemest	18	1,1	125	46	208
Droge kippenmest	2,5	0,9	141	7	506
Champignonmest	3	1,6	150	60	405
GFT-compost	6	4,8	180	522	690
Heidecompost	3	1,7	36	210	201
Compost van plantsoenafval	3	1,8	84	285	318
Aanvoer uit de lucht/jaar		3	98	390	56

(Uit: Kiwa, 1996)

NB. De dierlijke mestsoorten zijn uitgedrukt in tonnen “nat” product; compost en slibsoorten zijn uitgedrukt in tonnen droge stof.

Weergegeven zijn de toegestane hoeveelheden op bouwland.

Bij vergelijking van de tabellen moet rekening gehouden worden met het feit dat in tabel 2 alles is uitgedrukt in vers gewicht en in tabel 3 de composten uitgedrukt zijn in droge stof.

Het gehalte aan zware metalen in GFT-compost wordt vaak als een nadeel gezien voor het gebruik ervan. Toch zullen bij het gebruik van GFT-compost de streefwaarden voor zware metalen in de bodem de eerste 150-1000 jaar niet overschreden worden, afhankelijk van de grondsoort en de uitgangssituatie.

2.5 Bemestende waarde

De bemestende waarde van de compost hangt sterk af van de ingrediënten. Wordt bijvoorbeeld dierlijke mest in de vorm van kippenmest toegevoegd aan de composthoop dan levert dat relatief veel nutriënten, wordt daarentegen boomschors toegevoegd dan levert dat nauwelijks extra nutriënten op, maar wel weer relatief veel duurzame organische stof. In tabel 4 worden gemiddelde nutriënten waarden gegeven voor verschillende mestsoorten.

Tabel 4: Samenstelling van diverse meststoffen in kg per ton product

Omschrijving	Effectieve organische stof ¹	Ntot ²	Nmin ³	Norg ⁴	Fosfaat P ₂ O ₅	Kalium K ₂ O	Magnesium MgO	Natrium Na ₂ O	Volume gewicht in kg/m ³
Vaste mest									
rundvee grup	84	6,9	1,6	5,3	3,8	7,4	2,1	0,9	900
rundvee potstal	-	6,5	-	-	3,9	12,2	2,3	-	-
kip droge mest	188	24,1	2,4	21,7	18,8	12,7	4,9	1,5	605
kip strooisel	232	19,1	8,6	10,5	24,2	13,3	5,3	4,2	600
Vleeskuiken	280	30,5	5,5	25,0	17,0	22,5	6,5	3,0	604
vleeskuikens-oud	280	19,5	-	-	28,5	21,1	-	-	625
vleesvarkens stro	84	7,5	1,5	6,0	9,0	3,5	2,5	1,0	-
Schapen	103	8,6	2,0	6,6	4,2	16	2,8	2,3	-
Geiten	91	8,5	2,6	5,9	5,2	10,6	3,5	1,9	-
Kalkoenen	232	24,7	6,4	18,3	19,6	18,4	6,3	7,3	535
Paarden	126	5,0	-	-	3,0	5,6	1,8	-	700
Nertsen	93	17,7	10,1	7,6	27	3,9	2,2	5,1	-
Konijnen	183	10,9	2,0	8,9	9,9	11,5	6,0	1,7	-
Eenden	-	8,3	1,7	-	7,4	11,3	-	-	-
Compost									
Champost	89	5,8	0,3	5,5	3,6	8,7	2,4	0,9	550
GFT-compost	178	9,5	1,0	8,5	3,7	6,4	3,0	-	800
groencompost	-	3,8	-	-	2,1	5,0	2,8	-	-
Heidecompost	127	2,7	-	-	0,6	1,1	-	-	-
Boomschorscomp ost	262	1,3	-	-	0,2	0,3	-	-	-
Eigen compost van bollenafval ⁵	67	2,2	-	-	3,4	3,8	0,9	0,4	-
Gier									
Rundvee	5	4,0	3,8	0,2	0,2	8,0	0,2	1,0	1030
Vleesvarkens	2	6,5	6,1	0,4	0,9	4,5	0,2	1,0	1010
Zeugen	3	2,0	1,9	0,1	0,9	2,5	0,2	0,2	-
Drijfmest									
Rundvee	30	4,9	2,6	2,3	1,8	6,8	1,3	0,8	1005
Vleesvarkens	18	7,2	4,2	3,0	4,2	7,2	1,8	0,9	1040
Zeugen	11	4,2	2,5	1,7	3,0	4,2	1,1	0,6	-
Vleeskalveren	5	3,0	2,4	0,6	1,5	2,4	-	-	-
Kippen	37	10,2	5,8	4,4	7,8	6,4	2,2	0,9	1020

(Uit: Bokhorst et al, 2001)

¹ Effectieve organische stof is de organische stof die 1 jaar na toediening nog in de grond zit.

² Ntot is alle stikstof die meetbaar in het product aanwezig is.

³ Nmin is alle minerale stikstof die in het product aanwezig is

⁴ Norg is alle organisch gebonden stikstof die in het product aanwezig is.

⁵ Getallen gebaseerd op analyses van een composthoop van proefbedrijf De Noord opgezet met loof- en stroafval, pelafval en gras/klaver maaisel.

In de praktijk is men echter veelal afhankelijk van de materialen die op het bedrijf aanwezig zijn zoals koppen, pelafval, overschot van bollen en maaisel. Om een idee te krijgen wat van deze materialen de nutriëntengehalten van zijn, zijn deze in tabel 5 voor een aantal bolgewassen op een rijtje gezet. Alleen voor pelafval zijn er geen gegevens bekend, maar de verwachting is dat de nutriënten gehalte erg laag zullen liggen.

Tabel 5: Nutriëntengehalte in diverse gewasonderdelen van een aantal bloembollengewassen (kg/ton vers product)

gewas/plantdeel	droge stof	Koolstof	Stikstof (Ntot)	C/N	Fosfaat (P)	P ₂ O ₅ ¹	Kalium (K)	K ₂ O ¹	Magnesium (Mg)	MgO ¹
Tulp										
Bloem	107	43	2,5	17	0,4	0,9	2,3	2,7	0,2	0,3
loof	150	60	1,6	37	0,2	0,4	2,6	3,1	0,4	0,6
bol	344	138	3,7	37	0,4	1,0	3,0	3,6	0,2	0,4
Hyacint										
Bloem	89	36	2,4	15	0,5	1,1	2,4	2,9	0,2	0,4
loof	74	30	1,3	23	0,2	0,4	4,2	5,1	0,2	0,3
bol	290	116	3,3	35	0,6	1,3	2,8	3,4	0,2	0,3
Narcis groot										
Bloem	126	50	2,5	20	0,3	0,6	1,7	2,0	0,3	0,5
loof	142	57	1,6	36	0,3	0,6	3,8	4,6	0,2	0,2
bol	359	144	2,7	53	0,4	1,0	2,6	3,1	0,2	0,4
Lelie										
bloem										
loof	167	67	1,8	37	0,2	0,4	1,7	2,1	0,5	0,8
bol	302	121	2,8	43	0,5	1,1	4,5	5,4	0,2	0,4
Dahlia										
bloem/maaisel	112	45	2,9	16	0,4	1,0	4,2	5,0	0,4	0,6
loof	177	71	1,9	37	0,8	1,9	4,6	5,5	0,5	0,9
bol	196	78	0,8	97	0,4	0,9	2,9	3,5	0,3	0,5
Gladiool pit										
bloem	121	48	2,8	17	0,5	1,1	2,9	3,5	0,2	0,4
loof	239	96	2,4	40	0,4	0,9	5,1	6,1	0,2	0,4
bol	295	118	4,1	29	0,8	1,8	4,2	5,0	0,2	0,4

N.B. Deze getallen zijn gemiddelden van diverse proeven op zand bij optimale bemesting, en gemeten bij oogst van het betreffende plantdeel. Voor de bloem geldt als oogstdatum de datum waarop gekopt is (Landman, 1994) Als C-gehalte is 40% van de droge stof aangehouden.

¹ Ter vergelijking met tabel 4 zijn de P, K en Mg gehalten omgerekend naar P₂O₅, K₂O en MgO

3 Composteringsproces

Het composteringsproces is opgebouwd uit een aantal fasen. Afhankelijk van welke literatuur je er op na slaat zijn dat er 3, 4 of 5. De eerste fase wordt altijd gezien als de opwarmings- of thermofiele fase. In deze fase wordt de composthoop warmer door de activiteit van micro-organismen (in dit geval voornamelijk bacteriën) die het gemakkelijk verteerbare organisch materiaal afbreken. Dit deel kan goed gestuurd worden door vaker/minder vaak om te zetten. De tweede fase is de afkoelingsfase. Het meeste gemakkelijk verteerbare materiaal is verteerd en de activiteit en warmteproductie neemt af. Schimmels krijgen nu de overhand, om hun deel van het verteringsproces te doen. Moeilijker verteerbaar materiaal wordt nu afgebroken. De derde fase wordt door sommigen algemeen betiteld als de afrijpingsfase, maar door anderen nog onder verdeeld in stadia van indringing van bodemleven. Dit kan lopen van de verschijning van kleine diertjes via mestwormen tot grondwormen in diverse soorten. Uiteindelijk is er een rijk bodemleven dat steeds meer lijkt op dat van een echte bodem. In het rijpingsdeel gaat met name de afbraak van langere koolstofketens (zoals cellulose en lignine) door. Hierbij blijft de temperatuur langere tijd hoger dan de omgeving.

3.1 Composteringsmethodes

Op De Noord (proefboerderij PPO in St.-Maartensbrug) is er ervaring met 2 composteringsmethodes: wierzen maken en die regelmatig frezen met een compostfrees, of het materiaal composteren op een grote hoop en die omzetten met een kraan. Wierzen zijn langwerpige hopen die over het algemeen 1,5-2 meter hoog zijn en 2-4 meter breed aan de basis. Onder een grote hoop wordt een hoop van 3-4 meter hoog en 3-4 meter breed verstaan.



Het omzetten van wierzen met een compostfrees op De Noord

Met compostfrees is het proces makkelijker te sturen, en kans op verdichte plekken (die niet goed verhit worden waardoor ziektekiemen kunnen overleven) in de compost is nihil. Door het regelmatig keren blijft de hoop luchtig, waardoor de zuurstofvoorziening goed is (zie ook paragraaf 3.6). Op Proefbedrijf De Noord wordt rond de 10 keer omgezet, anderen doen dit liever tot 15 keer, afhankelijk van de temperatuurontwikkeling. Al het materiaal komt op deze manier wel een keer in de (hete) kern van de hoop en de ziektedoding is goed. Deze methode geeft goede zekerheid dat de geproduceerde compost ziektevrij is. Nadeel is de ruimte die nodig is; een wiers is over het algemeen lang en smal en gebruikt daardoor meer grondoppervlak dan een grote hoop (maten zie hierboven). Het feit dat de buitenoppervlakte van de wiers groter is dan van een hoop betekent niet dat de wiers te snel kouder wordt omdat de warmte geproduceerd wordt door de activiteit van de micro-organismen en dus van binnen uit komt en een wiers groot genoeg is om die warmte vast te houden. Zolang de omstandigheden in de kern van de hoop dus optimaal zijn (zie de diverse paragrafen in dit hoofdstuk), zal door goed omzetten al het materiaal in de

warme kern terechtkomen.

Door een grotere hoop te maken (grotere frees of omzetten met kraan/shovel) is minder ruimte nodig. Als de composthoop alleen met een kraan wordt omgezet is de kans op een 'slechte' (niet warme) plek echter groter. Op zo'n plek kunnen ziektenverwekkers mogelijk overleven. Bij compostering op een hoop moet de temperatuurverdeling dus goed bewaakt worden, door vaker en op meer plekken te meten. Als er dieper in de hoop (minimaal 30cm diep) veel koude plekken (<55°C) voorkomen in de eerste 2 à 3 weken van het composteren, is het mogelijk dat ziektekiemen zullen overleven.

Tijdens het composteringsproces wordt de hoeveelheid materiaal minder, onder andere door verdamping (verademing) van kooldioxide en water. Er blijft ongeveer 70% van het uitgangsmateriaal, vers gewicht, over. De hoop kan echter door het inzakken van het materiaal wel tot de helft kleiner worden. (Wondergem et al, 2000)

Zoals eerder ook al ter sprake is gekomen kan je een composthoop afdekken. De redenen hiervoor zijn dat de buitenste laag van de composthoop warmer blijft en de doding van ziektekiemen dus vollediger is. Een andere reden is om de hoop te beschermen tegen neerslag en verdamping tegen te gaan. De reden dat de hoop beschermd moet worden tegen neerslag is omdat enerzijds de hoop te nat kan worden waardoor de zuurstofvoorziening in gevaar komt, en anderzijds omdat nutriënten makkelijker, met het water mee, kunnen uitspoelen.

Voor afdekken is er een mogelijkheid stro te gebruiken. Voordeel is dat het een warmte-isolatie geeft, waardoor de buitenkant van de compost zelf beter op temperatuur komt. Een nadeel is dat het bij veel neerslag niet genoeg beschutting biedt. Ook moeten er in het stro niet teveel onkruidzaden zitten omdat dat vervelende opslag kan geven.

Een gangbaardere methode van afdekken is het gebruik maken van afdekdoek. Dit kan antiworteldoek zijn of speciaal compostdoek (Toptex doek), dat lucht doorlaat en waar water afglijdt. Beide doeken zijn echter niet waterdicht. Als het plat ligt, laat het water door, maar omdat een hoop over het algemeen meer een puntvorm heeft glijdt het meeste water eraf. Het doek heeft naast een beschermingsfunctie tegen regen ook een isolatiefunctie. De temperatuur in de schil, de buitenste 30 cm, wordt hoger, waardoor een betere ziektedoding optreedt. Verder biedt het doek bescherming tegen aanwaaiende onkruidzaden. (Wondergem, 1994)

Ter voorkoming van uitspoeling is het tegenwoordig verplicht om de hoop tussen 1 november en 1 maart af te dekken met afdekdoek.

Op Proefbedrijf De Noord is ook geëxperimenteerd met een compostbak. Dit is een betonnen vloer die een lichte helling heeft en die aan drie kanten een lage muur heeft. Aan de vierde en laagste kant loopt vocht uit de hoop. Deze bak bleek echter niet te werken omdat de hoop te vochtig bleef. Water kon dus niet zo goed wegvloeien als op zand. Een bijkomend nadeel van een bak is dat het uitvloeiende vocht volgens de wetgeving moet worden opgevangen, wat om extra maatregelen vraagt.

De CMC-methode (Controlled Microbial Composting) legt de nadruk op veel luchttoevoer.

Werkwijze van de CMC-methode: Uitgangsmaterialen worden gesplitst in C-rijk en N-rijk en vervolgens gemengd om een ruime C/N verhouding (ca 30:1) te krijgen. Het mengsel wordt opgezet in hopen van maximaal 3 meter breed en 1,5 meter hoog (minimale afmetingen: 1,2 x 0,8), afgestemd op het formaat van de compostfrees. De nadruk ligt op het luchtig opzetten. Na het opzetten wordt eventueel 10 volumepercent kleihoudende grond en/of eventueel een starter (bacteriepreparaat) toegevoegd. Rijpe compost, van een eerdere hoop, kan ook als starter gebruikt worden. De hoop wordt afgedekt met een compostdoek. Omzetten gebeurt vaak: 1^e week iedere dag, 2^e week om de dag, 3^e week om de 3 dagen. Daarna om de week, totdat na 6 tot 10 weken de compost klaar is. Hierbij moet de vochtigheid tussen de 55 en 60% zijn, wat met de hand wordt beoordeeld. In de eerste 2 weken moet de temperatuur dagelijks gemeten worden, door een thermometer boven in de hoop te steken. Bij temperaturen boven de 65°C moet er onmiddellijk omgezet worden. Het CO₂ gehalte is een maat voor de activiteit van aërobe micro-organismen, omdat het ontstaat na inademing van zuurstof. Het CO₂ gehalte moet onder de 20% blijven omdat het anders verstikkend werkt voor de micro-organismen, door gebrek aan zuurstof. Hogere gehalten zijn een aanwijzing voor anaërobe (zuurstofarme) condities. Optimaal is een percentage van 13% tijdens de hittefase, aflopend naar 8-1% in de rijpingsfase. Ook hiervoor wordt als bijstuurmaatregel de hoop omgezet.

Het CO₂ gehalte wordt met een hiervoor ontwikkelde meter in de hoop gemeten. (Lübke, 1995; Bokhorst et al, 2001)

Volgens wetgeving die in ontwikkeling is moet er binnenkort hoogstwaarschijnlijk een absorptielaag onder te composthoop worden aangelegd (zie ook H 8). Deze kan bestaan uit tuinturf, wat vrij duur is, of uit stro dat gebruikt is als winterdek.

Bij PPO is er onderzoek gedaan naar de werking van stro en turf als adsorptielaag en daar kwam uit dat beide een vergelijkbare en voldoende absorberende werking hebben (tabel 6).

Bij het composteren van mest gaat al gauw 20-40% van de stikstof verloren, vooral als ammoniak (NH₃) en in mindere mate als N₂O die beide als gassen ontsnappen. In slechte omstandigheden (niet afdekken, de temperatuur te hoog laten worden en anaërobe omstandigheden) kan dit oplopen tot 60% (uitkomsten uit workshop composteren 26-9-2003).

De grootste problemen met ontsnappen van N in de vorm van NH₃ treden op in de thermofiele fase. Dit kan beperkt blijven door: genoeg koolstof, die bereikbaar is voor het compostleven; een niet te hoge temperatuur (<55°C); en een niet te hoge start pH waarde. Bij een hoge pH waarde verschuift het chemisch evenwicht naar NH₃.

Uitspoeling van nutriënten naar de bodem (N, P en K) kan beperkt blijven door het gebruik van een afdekdoek en een adsorptielaag onder de hoop. Zie tabel 6. (Wondergem, 2000)

Tabel 6: Uitspoeling van nutriënten met percolaatwater

Percolaatwater onder composthoop....	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P/ha)
zonder beschermende maatregelen	390	186
met afdekdoek	133	39
met adsorptielaag	<9,3	<19,5
met adsorptielaag en afdekdoek	<3,1	<4,1

3.2 Temperatuur

De intensieve omzetting van gemakkelijk afbreekbare koolhydraten in het begin van het proces is zowel het gevolg als de oorzaak van de warmte. De temperatuur kan hierbij richting 75°C gaan. Bij zo'n hoge temperatuur is het meeste microleven al gedood. Het kan voorkomen dat er dan een zodanig klimaat ontstaat, dat er chemische reacties plaatsvinden die zichzelf in stand houden en waarbij de temperatuur tot aan 100°C oploopt. Bij dergelijke temperaturen gaat het proces meer richting verbranden in plaats van composteren. Om te hoge temperaturen te voorkomen, wordt de hoop omgezet.

Voor een goede compostering moet er in ieder geval onder de 70°C gebleven worden, optimaal is tussen de 50 en 65 °C. Enkele uren van 70°C komt de ziektedoding ten goede, maar dit moet dan wel in de hele hoop voorkomen. Bij hogere temperaturen is er een hoger stikstofverlies, doordat het chemische evenwicht tussen NH₄ (oplossing in water) en NH₃ (gas) meer bij NH₃ komt te liggen. Bij een lagere temperatuur zal het composteringsproces langer duren (Bokhorst et al, 2001) (zie ook paragraaf over ziektedoding).

De temperatuur in de composthoop kan gemeten worden met een thermometer waarvan de kosten rond de € 200 liggen (Micro farming Products).

3.3 C/N verhoudingen

Een lage C/N waarde van het te composteren materiaal zal een verlies aan stikstof geven; stikstof dat niet gebonden kan worden verdwijnt in een gasvormige of wateroplosbare vorm. Een hoge C/N verhouding vertraagt het verteringsproces, omdat er bij de vertering dan een gebrek aan stikstof is. Bij hoge C/N

waarden vindt soms meetbaar vastlegging van stikstof (N_2) uit de lucht plaats: met de overvloedig aanwezige energie en een warme (30 a $40^\circ C$), vochtige omgeving kunnen sommige bacteriën N_2 omzetten in organisch materiaal (bij C/N van 40 een toename van N tot aan 15%). (Bokhorst et al, 2001)

Als optimaal wordt vaak een waarde voor de C/N verhouding van 20 à 35 aangegeven. In de loop van de compostering verdwijnt er meer C dan N. Voor rijpe compost van voornamelijk mest is de C/N verhouding $10-15$. GFT-compost van Conviro (voorheen VAM) heeft een C/N-verhouding van een kleine 20 .

Voor indicaties van de C/N verhoudingen van bloembollenafval zie paragraaf 2.5 tabel 5.

In de thermofiele fase komt veel C vrij door de vertering van cellulose; dit gebeurt door specifieke micro-organismen die een optimale temperatuur rond de $50^\circ C$ hebben. Boven de $55^\circ C$ wordt het vrijkomen van C uit cellulose aanmerkelijk minder; een van de redenen waarom er bij hoge temperaturen meer N verdwijnt, ook al is de C/N verhouding volgens de analyse ruim genoeg. Als de hoop te vochtig is, wordt de cellulose ook niet goed afgebroken en treed hetzelfde probleem op. Lignine wordt afgebroken bij lagere temperaturen, als er ook minder N vrijkomt. (Bokhorst et al, 2001)

3.4 pH

Het optimale traject voor de pH in de composthoop is $5,5 - 8$. De pH kan tijdens het composteringsproces veranderen als gevolg van het vrijkomen van organische zuren of het basische ammonia (NH_3). Uiteindelijk zal de compost hierdoor met een vrij neutrale pH (rond de 7) eindigen ongeacht de begin-pH. Een te hoge start pH ($8,5$ of hoger) zal echter een groter N-verlies geven. Door verschuiving van het chemische evenwicht verdwijnt er meer NH_3 als gas in de lucht. (Rynk et al, 1992; Bokhorst et al, 2001).

3.5 Vocht

Het optimale vochtgehalte hangt af van de structuur en de hoeveelheid organische stof in de uitgangsmaterialen. Te weinig vocht ($<40\%$) geeft geen of zeer langzame omzetting (organismen kunnen niet leven); teveel vocht zorgt er voor dat de hoop onder zijn eigen gewicht inzakt en geeft daardoor (plaatselijke) anaërobe condities. Vaak worden waarden tussen de 40% en 70% watergehalte (meest typisch $50-60\%$) gegeven. Materialen als stro en hout kunnen bij een vochtgehalte van $75-90\%$ nog steeds goed doorlucht zijn, terwijl structuurarme materialen als keukenafval al boven de 50% dicht komen te zitten. (Rynk et al, 1992; Bokhorst et al, 2001)

Anaërobe condities kunnen leiden tot stikstofverlies door denitrificatie. Omdat de organismen niet genoeg zuurstof meer krijgen zal zuurstof uit andere verbindingen vrijgemaakt worden. Hierbij ontstaan gasvormige stikstofverbindingen, met name N_2 en in de N_xO_y -vorm, die zullen ontsnappen.

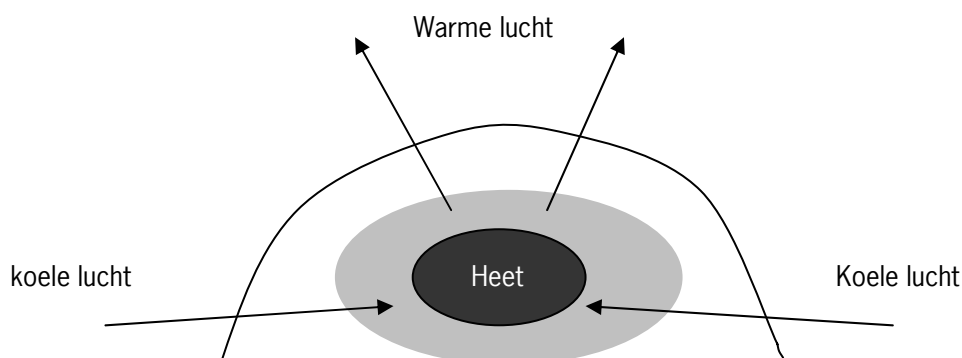
In de praktijk blijkt vaak dat de hoop te droog is. Een makkelijke manier om een idee te krijgen van het vochtgehalte van de hoop is wat compost in je hand stevig aan te knijpen: er moet dan nog net een druppeltje water uitkomen.

3.6 Doorluchting/ CO_2

Voor een composthoop is het van belang dat er een goede luchtcirculatie plaats vindt. Hierbij wordt CO_2 , dat door de micro-organismen geproduceerd wordt, afgevoerd en komt er verse lucht (met zuurstof) de hoop binnen. Deze doorluchting vindt plaats door het zogenaamde schoorsteeneffect. Warme lucht stijgt op en van onderaf stroomt koude lucht toe (zie figuur 1). Het is van belang de CO_2 concentratie in de hoop in de gaten te houden zoals ook beschreven in paragraaf 3.1 bij de CMC-methode. Micro-organismen hebben voldoende zuurstof nodig om actief te zijn en hoge CO_2 concentraties ($> 20\%$) werken verstikkend voor de micro-organismen. Een CO_2 concentratie van 13% is optimaal tijdens de hitte fase, aflopend tijdens de rijpingsfase. (Lübke, 1995; Bokhorst et al, 2001)

De CO_2 concentratie kan gemeten worden met een CO_2 meter, die rond de € 600 kost (Micro Farming

Products).



Figuur 1 Natuurlijke luchtstroom door een goed opgezette composthoop.

3.7 Rijping

Gedurende de rijpingsfase van het composteringsproces wordt een deel van de stikstof tijdelijk tot simpele verbindingen (vooral nitraat) omgebouwd. Bij onvoldoende afdekken en neerslag kan dat uit de hoop uitspoelen. In warme (>25 a 30°C), minder zuurstofrijke omstandigheden kan ook een denitrificatie naar NO, N₂O en N₂ plaatsvinden; deze stoffen kunnen als gas ontsnappen. Er zijn auteurs die daarom adviseren om de compost gedurende de rijpingsfase uit te rijden zodat het laatste deel van de rijping in de bodem plaats vindt. Dit kan echter weer schadelijke gevolgen hebben voor de ziekteontwikkeling. In de onrijpe compost zitten nog relatief veel voedingsstoffen en over het algemeen profiteren ziekteverwekkende bodemorganismen daar meer van dan andere organismen (zie ook figuur 5 in H5).

De totale rijpingstijd is van belang. Hierbij is er echter verschil in het effect van rijpingstijd en de ziekteverwekking op de verschillende ziekten. Hoe dit werkt is nog onduidelijk. In ieder geval kan gezegd worden dat het belangrijk is dat de compost rijp is bij toediening.

In het Kiwa-keur, wordt rijpheid bepaald door de stabiliteit van het product. Een stabiele compost voldoet dan aan de volgende voorwaarden:

- Het product verspreidt geen noemenswaardige stank meer, anders dan de geur die overeenkomt met het aroma van bosgrond;
- De temperatuur van compost bij de gebruiker blijft beperkt tot circa 50°C;
- Het zuurstofverbruik van het product is gering, zodat het bij toepassing niet kan leiden tot kiem- en of groeivertraging;
- Het plantaardig en/of dierlijk organisch materiaal is zodanig gefermenteerd dat een nuttig gebruik in de land-, tuin- en akkerbouw en de groenvoorziening mogelijk is;
- Levende schadelijke organismen of niet geïnactiveerde virussen zijn niet meer aanwezig;
- pH-water is groter dan of gelijk aan 6,5.

De gebruikelijke meetmethode voor stabiliteitsbepaling is de Duitse Rottegradmethode, die uitgaat van het zelfverwarmende principe. In onrijpe compost vindt nog veel activiteit van organismen plaats en die zorgen voor warmteproductie. In rijpe compost is de activiteit van micro-organismen veel lager en de temperatuur zal hier dus ook veel lager zijn. Bij het NMI (Nutriënt Management Instituut) is een methode in ontwikkeling die gebaseerd is op de CO₂ productie van micro-organismen. Deze methode moet te zijner tijd ook beschikbaar zijn voor individuele bedrijven, zodat je als teler niet meer naar het lab hoeft voor stabiliteitsmetingen.

Over het algemeen lijkt vooral het seizoen van aankoop van invloed op de rijpheid van de compost. In tijden van veel vraag zal er eerder kans zijn dat onrijpe compost wordt afgeleverd. In het algemeen geldt dat onrijpe compost droog is aan de buitenkant en weinig zuurstof bevat binnenin. De geur kan ook een

indicatie zijn, omdat zuurstofarm materiaal veel meer stinkt en rijp materiaal eerder naar bosgrond ruikt. Als de temperatuur van de compost bij aflevering boven de 45°C is, is het in ieder geval nog niet rijp. Ervaring en referentiekader hebben speelt hierbij een belangrijke rol. Bij regelgeving (H8) zal nog op het Kiwa-keurmerk worden teruggekomen.

3.8 Ziektedoding

Bij composteren worden in principe de meeste schadelijke ziekteverwekkers gedood. Van een paar virussen is echter nog niet duidelijk onder welke omstandigheden ze gedood, dan wel geïnactiveerd worden. Dit geldt voor TMV (tabaksmozaiekvirus) TRV (tabaksratelvirus) en TNV (tabaksnecrosisvirus), waarvan de laatste 2 onder andere veroorzakers zijn van augustaziekte in tulp daarover volgt hieronder meer.

Inactivering blijkt niet alleen afhankelijk te zijn van de temperatuur tijdens compostering, maar ook van andere factoren. Bij TMV heeft bijvoorbeeld een pH richting de 8 een positieve invloed op de doding en breekt sneller af in een bodem met grotere activiteit van het microleven.

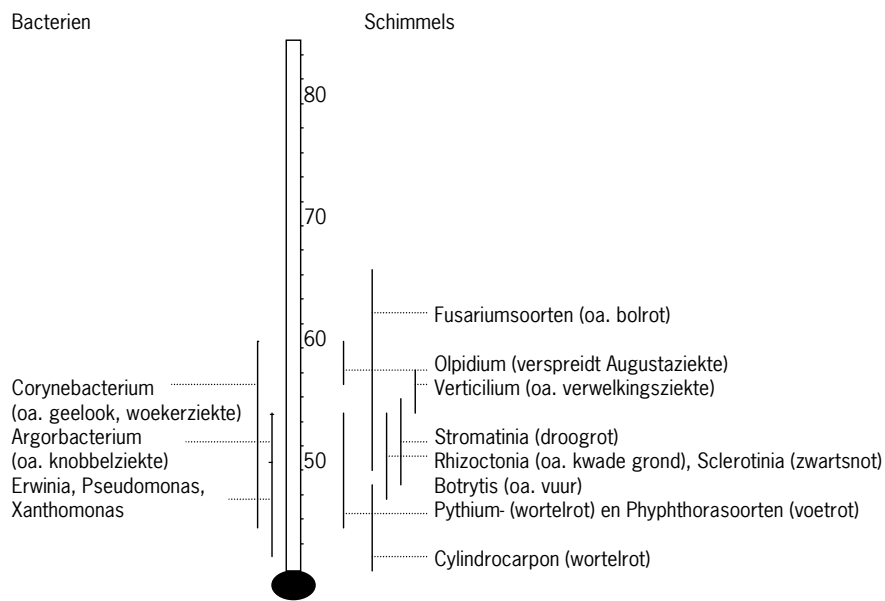
Inactivatie en vernietiging van ziekteverwekkers in het algemeen wordt veroorzaakt door:

- 1) Warmte tijdens de thermofiele fase van het composteringsproces
- 2) Giftigheid van afbraak(tussen) producten
- 3) Afbraak door enzymen
- 4) Tegenwerking, antagonisme, door micro-organismen.

De mechanismen werken vaak gelijktijdig en dus zal inactivatie vaak het gevolg zijn van een combinatie van bovenstaande factoren, temperatuur wordt echter wel gezien als de belangrijkste factor.

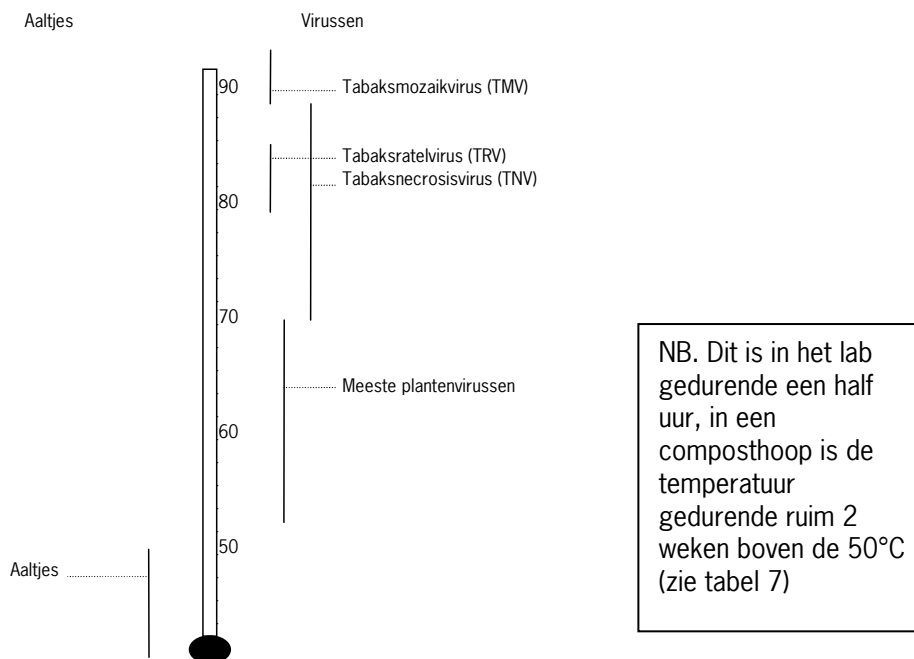
Bij droogte gaan de ziekteverwekkers eerder in rusttoestand en zullen dan minder gevoelig zijn voor warmte. De vochtigheid tijdens de thermofiele fase is dus van grote invloed op de vernietiging van ziekteverwekkers. Ook een hogere ammoniakconcentratie in de hoop lijkt een positieve werking te hebben op het doden van ziektekiemen. Echter hierbij zal het stikstofverlies ook hoger zijn. Bij een dicht opgezette hoop kunnen giftige tussenproducten ontstaan die hun werk kunnen doen, maar hierbij kunnen ook weer N-verliezen ontstaan. (Steinbuch, 1999) Meer onderzoek is vereist.

Ziekten en onkruiden, zoals Fusarium, droogrot in gladiol, knollen en wortels van knolcypreus en kiekwortels blijken tijdens compostering dood te gaan. Echter bij verblijf alleen in de rand van de composthoop is de bestrijding niet volledig. Goed keren is dus van groot belang, zodat al het materiaal wel eens in de hete kern van de hoop terecht komt. (Snoek et al, 2002)



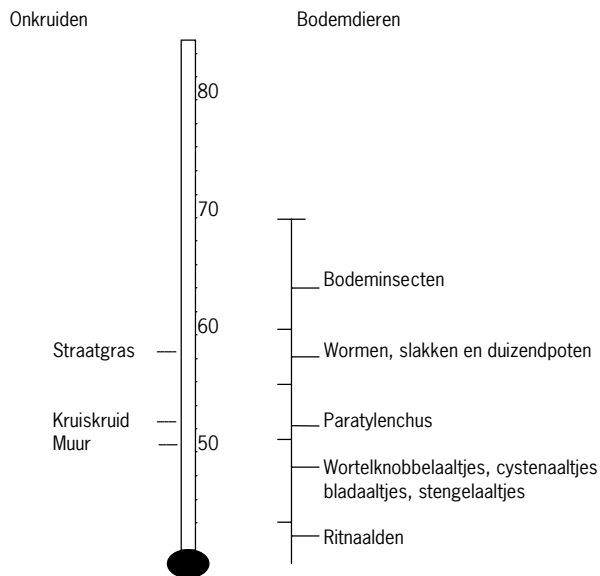
Erwinia: oa. witsnot, stinkend zachtrot, en verwelkingsziekte
 Pseudomonas: oa. schurft
 Xanthomonas: oa. geelziekte, vetvlekkenziekte

Figuur 2 Doding van bacteriën en schimmels bij blootstelling van een half uur aan de bewuste temperatuur.



NB. Dit is in het lab gedurende een half uur, in een composthoop is de temperatuur gedurende ruim 2 weken boven de 50°C (zie tabel 7)

Figuur 3 Doding van aaltjes en virussen bij blootstelling van een half uur aan de bewuste temperatuur.



Figuur 4 Doding van onkruiden en bodemdieren bij blootstelling van een half uur aan de bewuste temperatuur.

Onderzoek van PPO naar de doding van het tabaksnecrosevirus (TNV) in een composthoop laat zien dat 2 weken een temperatuur van boven de 50°C aanhouden voldoende is om het virus te doden. Zie tabel 7. De proeven zijn uitgevoerd in bewaarcellen om de temperatuur goed te kunnen controleren. Volgens de onderzoekers zal het TRV hetzelfde reageren als TNV en zal dus bij composteren bij voldoende hoge temperaturen ook gedood worden. Daarbij wordt het TRV virus overgedragen door aaltjes die hoge temperaturen niet overleven. Lettende op het eerdere verhaal over hoe aaltjes een virus kunnen oppikken (niet uit de grond, maar alleen uit levend materiaal) is besmetting met het TRV virus door goed geproduceerde compost uitgesloten.

De meeste virussen hebben een vector nodig in de vorm van een aaltje of een schimmel om in de plant terecht te komen. Het is mogelijk dat virushoudende compost wordt toegediend aan een bodem die besmet is met virus-overbrengende aaltjes. De aaltjessoorten die virussen aan planten kunnen overdragen zijn doorgaans parasitair, die voeden zich met levende plantenwortels en niet met micro-organismen of andere elementen uit de compost. Deze aaltjes doorboren de celwand van de wortelcellen met een 'stylet', waarna ze zich te goed kunnen doen aan het celvocht. Als het aaltjes zich verplaatst wordt de stylet ingetrokken en die komt daarbij niet in aanraking met composthoudende grond. Het is daarom onwaarschijnlijk dat op deze manier, via besmetting door compost en grond, een plant besmet wordt. Virussen die door schimmels worden overgedragen (waaronder TNV) kunnen wel op deze manier een plant besmetten, daar schimmels de vrije virussen wel uit de compost/grond kunnen oppikken.

In figuren 2-4 zijn dodingstemperaturen voor de verschillende organismen aangegeven. Het zijn temperaturen waarbij doding plaats vindt als de organismen er een half uur aan worden bloot gesteld. In de praktijk liggen de temperaturen van de hoop lager, maar houden langer aan.

Tabel 7: Percentage Augustaziek (veroorzaakt door TNV) in tulpen cultivar 'Angelique' na planten op besmette grond of pelafval dat eerst een temperatuurbehandeling heeft ondergaan, of op onbehandelde grond of pelafval.

Besmet materiaal	onbehandeld	behandeld gedurende .. weken bij 40°C				
		10	8	5	4	2
potgrond uit broei	85	0	x	15	x	x
zandgrond uit broei	75	0	x	x	40	30
pelafval van zieke partij	75	0	0	0	0	20
zandgrond met pelvuil	40	0	0	5	x	10
		Behandeld gedurende .. weken bij 50°C				
		10	8	5	4	2
potgrond uit broei	85	x	x	x	x	x
zandgrond uit broei	75	0	0	0	x	0
pelafval van zieke partij	75	0	0	0	0	0
zandgrond met pelvuil	40	0	x	0	0	0

x = behandeling is niet uitgevoerd
(Uit: Asjes et al, 2001)

Welke composteringmethode ook gebruikt wordt, het is belangrijk dat al het materiaal onder invloed van de hoge temperatuur heeft gestaan. Een zieke bol die uit de hoop rolt en na de thermofiele fase weer in de hoop terecht komt kan voor een compost met ziektekiemen zorgen. Dit moet ten alle tijden voorkomen worden. Zoals al eerder gezegd kan veel zand in de hoop de temperatuurstijging remmen en dit moet dus zoveel mogelijk voorkomen worden.

Grof materiaal dat in de compost heel blijft maar wel aan de hoge temperaturen blootgesteld is geweest zal ook ziekte vrij zijn. Ook in het veld zal het niet een bron van ziekte worden omdat het inmiddels dood materiaal is en veel ziekten en plagen geen dood materiaal infecteren.

3.9 Financiële plaatje

Voor het onderzoek op De Noord zijn de kosten vergeleken tussen het opzetten van wierzen en een grote hoop, zoals beschreven in paragraaf 3.1. Het verschil in kosten tussen deze twee komt vooral voort uit de kosten van het omzetten. Hierbij zijn de kosten voor wierzen wat hoger omdat er vaker wordt omgezet dan bij een grote hoop, maar zoals eerder aangegeven is de zekerheid van een ziektevrrije compost voor wierzen hoger.

De kosten per ton compost bij wierzen komt op ongeveer € 20, bij 8 keer omzetten. Voor een grote hoop komen de kosten op ongeveer € 15, bij 4 keer omzetten. Hierin zitten kosten voor hakselen, grond, afdekdoek en uitrijden verwerkt, maar niet de kosten van eigen arbeid. Wordt dit vergeleken met de kosten voor afvoer van materiaal, wat rond de € 35 per ton ligt, dan komt composteren een stuk goedkoper uit, temeer daar er na afvoer van gewasresten ook meer organisch materiaal moet worden aangekocht om het organisch stof percentage op peil te houden.

Eventuele extra kosten voor het zelf composteren zijn de aanschaf van een thermometer (€ 200) en, naar keuze, een CO₂ meter (€ 600). Dit is echter een eenmalige aanschaf van rond de € 800.

4 Bacteriepreparaten

Er zijn 2 soorten preparaten: de preparaten om het composteringsproces op gang te helpen en de bacteriepreparaten om na de thermofiele fase het bodemleven op gang te helpen.

Voor beide soorten preparaten is de werking niet wetenschappelijk aangetoond onder de teeltcondities van de bollenteelt. Dit wil echter niet zeggen dat het niet een positief effect kan hebben. In theorie zouden de preparaten best kunnen helpen, maar het effect in de praktijk is moeilijk aantoonbaar. Er vindt nu bijvoorbeeld een promotieonderzoek naar bacteriepreparaten plaats in Wageningen, maar dat is op veengrond in kassen, en daardoor niet veel kunnen zeggen over bloembollengronden in het open veld.

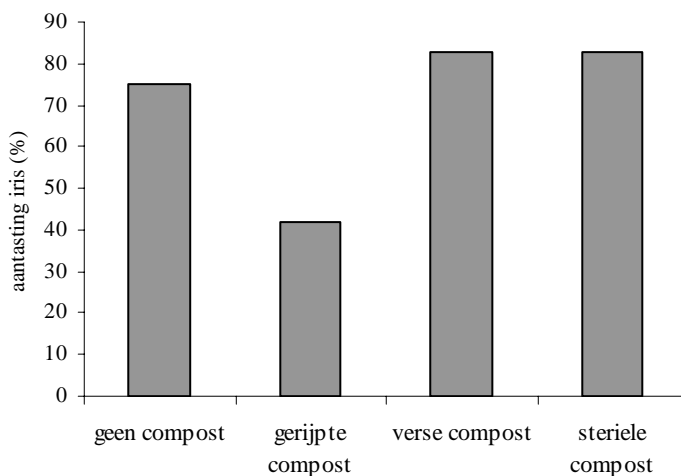
Vooraf rond de preparaten die bedoeld zijn om het composteringsproces op gang te helpen heerst nog veel onduidelijkheid. Dit heeft vooral te maken met het feit dat ook het uitgangsmateriaal van de composthoop invloed heeft op het composteringsproces. De theorie is dat er korrels aan de compost worden gevoegd waarop een groot aantal micro-organismen en schimmels in rust zijn aangebracht. Deze organismen zouden tot actie komen zodra de omstandigheden voor het des betreffende organisme gunstig zijn, ook nog na de thermofiele fase. In principe kan echter ook wat compost van een vorige hoop worden toegediend.

De preparaten die toegediend worden na de thermofiele fase kunnen in theorie een duidelijk positief effect hebben. Deze preparaten kunnen versneld het bodemleven in de composthoop op gang brengen. Hier geldt echter ook weer dat het in de praktijk nog niet eenduidig bewezen is dat het helpt. Bodemleven dat je in de composthoop op gang brengt wordt vervolgens in een vreemde (en in de duinzandgebieden) arme grond ingebracht. De vraag is hoe dit ingebrachte bodemleven zich handhaaft in de nieuwe omstandigheden en of het heel kleine percentage aan compost ten opzichte van de grond wel een effect zou kunnen hebben. De ziektevering is hierbij dus ook nog niet in de praktijk bewezen en ziektevering zal voor elke ziekte en gewas weer andere specifieke omstandigheden vragen, die nauwelijks bekend zijn.

Zolang wetenschappelijk nog niets is aangetoond moet er af gegaan worden op ervaringen uit de praktijk. Daar deze ervaringen echter niet eenduidig zijn, kan er alleen aangeraden worden voorzichtigheid te betrachten.

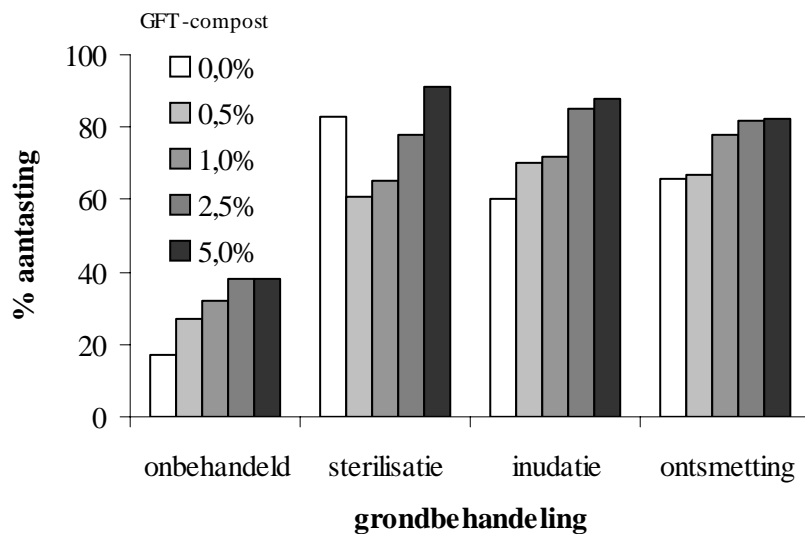
5 Ziektewering

Volgens Hoytink (onderzoeker aan de Ohio State University) zal ziektevering alleen optreden op gronden met een organisch stof gehalte hoger dan 4%. Deze rijkere gronden hebben meer te bieden aan het bodemleven en er zal dus meer kans zijn op een divers bodemleven wat weer uitnodigt tot meer concurrentie. Toch blijkt er uit onderzoek van Van Os (1999) dat er ook op armere gronden ziektevering kan plaatsvinden. Toediening van gerijpte GFT-compost na grondbehandeling resulteerde in minder aantasting van *Pythium* in Iris in een kasproef (zie figuur 5).

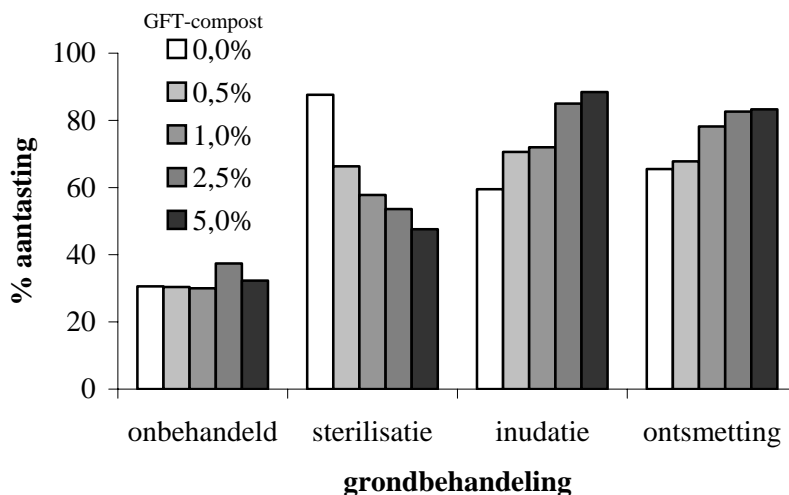


Figuur 5 Effect van gerijpte, verse en gesteriliseerde GFT-compost op de ziektevering tegen *Pythium* in gesteriliseerde grond bij iris.

De compost had echter geen effect op de aantasting in hyacint in veldproef. Bij onderzoek naar verschillende doseringen van GFT-compost bleek GFT-compost de aantasting in krokus in kas te stimuleren (zie figuur 6), terwijl er bij Iris een afname met toenemende dosering te vinden was (zie figuur 7). Het effect blijkt dus gewas specifiek te zijn. Toediening van oude stalmeest voorafgaand aan grondontsmetting stimuleerde de *Pythium*-aantasting in alle 3 de gewassen (kas- en veldproeven). Hierbij leek *Pythium* te profiteren van de voedingsstoffen uit de stalmeest en het ontbreken van concurrenten. Uit het onderzoek bleek verder dat de ziektevering in de grond niet alleen bestaat uit remming van de schimmelgroei, dat door een hoge activiteit van het bodemleven wordt veroorzaakt, maar dat er zich op het worteloppervlak waarschijnlijk nog andere processen afspelen die de mate van aantasting beïnvloeden en die onafhankelijk zijn van de biomassa en activiteit van het bodemleven. Voorts bleek niet zozeer de hoeveelheid bodemleven van belang, maar de activiteit ervan daar er een negatieve correlatie was tussen *Pythium*groei en CO₂ productie. (Os et al, 1999)



Figuur 6 Effect van GFT-compost in diverse doseringen op de ziektevering tegen Pythium in onbehandelde, geïnundeerde, ontsmette en gesteriliseerde grond in krokus “Gold Bunch” (bij 9°C).



Figuur 7 Effect van GFT-compost in diverse doseringen op de ziektevering tegen Pythium in onbehandelde, geïnundeerde, ontsmette en gesteriliseerde grond in iris “White van Vliet” (bij 18°C).

Ondanks al het onderzoek dat al heeft plaatsgevonden naar bodemprocessen blijft de bodem nog grotendeels een zwarte box. Zo is er bijvoorbeeld over de afzonderlijke bodemdieren al heel wat bekend maar over de interacties tussen de bodemdieren heel weinig. Over het algemeen is er wel aangetoond dat hoe diverser het bodemleven is, des te beter is de ziektevering. Door grondontsmettingen wordt het bodemleven ook ontworcht en is ook duidelijk aangetoond dat pythium daar uiteindelijk alleen maar profijt van heeft.

De rol van compost is, zoals uit figuren 6 en 7 blijkt, ook nog niet eenduidig, omdat verschillende gewassen verschillend reageren. In ieder geval blijkt uit figuur 5 duidelijk dat rijpe compost beter is dan verse (onrijpe) compost.

6 Toediening

Hoe de compost moet worden toegediend, hangt voor het grootste deel af van het beoogde effect van de compost. Indien compost als functie heeft de organische stof in de grond op peil te houden of de structuur van de grond te verbeteren dan kan de compost het best in de grond gewerkt worden. Daarentegen als het als stuifbestrijding wordt toegediend, moet het bovenop de grond komen te liggen (hierover in H8 meer). Als het gaat om de bemesting van de gewassen moet de compost in de wortelzone terechtkomen omdat het dan voor opname beschikbaar is. (De bemestende waarde van de compost wordt ook besproken in H2) Ten slotte is er het ziekteverende aspect. Hier geldt voor elke ziekte en gewas een ander werkingsmechanisme. Nadeel is dat het onderzoek naar ziektevering van compost voor het overgrote deel worden uitgevoerd in kassen en niet in het veld. Daar de omstandigheden in kassen heel erg verschillen van de veldsituatie is het nauwelijks mogelijk resultaten door te trekken naar de bloembollenteelt. Wel kan er algemeen gekeken worden naar waar de ziekteontwikkeling plaats vindt. Zo kan algemeen gezegd worden dat tegen pythium de compost het beste in de wortelzone ingewerkt kan worden, en voor Rhizoctonia weer beter rond de bol (mondelinge mededeling G. van Os). Meer over ziektevering in H 5.

Tijdens het toedienen is het nutriëntenverlies, met name stikstof in de vorm van ammoniak, bij gecomposteerde mest veel lager dan bij niet gecomposteerde mest, omdat de nutriënten die nog over zijn gebonden zitten in de organische stof.

6.1 Organische stof

Organische stof kan opgedeeld worden in 3 leeftijdsklassen (Van der Werff, 1994), met elk vrij specifieke eigenschappen. In jonge organische stof zijn de elementen nog duidelijk herkenbaar. Deze organische stof zorgt voornamelijk voor het vocht vasthoudend vermogen van de grond en de directe levering van voedingsstoffen. De afbraaksnelheid bedraagt 50-80% per jaar. Na enkele maanden tot een jaar is dynamische organische stof gevormd. Deze organische stof levert over het algemeen het leeuwendeel van de voedingsstoffen en wel zeer gelijkmatig. In circa 10 jaar tijd verliest het met een gemiddelde afbraaksnelheid van ongeveer 8% per jaar alle oorspronkelijke kenmerken. De zo ontstane stabiele humus draagt zorg voor de onderlinge binding van de bodemdeeltjes en voor de kationenbinding (zoals ammonium). De afbraaksnelheid van stabiele humus bedraagt 2-5% per jaar.

Over het algemeen wordt echter gewerkt met de term effectieve organische stof. Dit is de organische stof die na 1 jaar nog aanwezig is in de bodem, en wat gezien het bovenstaande verhaal neerkomt op de dynamische organische stof en de stabiele humus. Tabel 7 geeft een indicatie van de hoeveelheid effectieve organische stof moet worden aangebracht op het land om het organisch stof gehalte in de bouwvoor op peil te houden.

Gemiddeld ligt de jaarlijkse afbraak van effectieve organische stof rond de 2%. Op pas omgezette gronden ligt dit percentage echter eerder rond de 4-6%. Door diep te ploegen (dieper dan 30 cm) wordt de organische stof over een grotere laag verspreid en dan zal de aanvoer dus ook hoger moeten zijn. De streefwaarde voor het organisch stofgehalte in bollengronden is 1,5% en bij een afbraak percentage van 4% zal er dus 2780 kg effectief organisch materiaal per jaar moeten worden toegediend om het organisch stofgehalte op peil te houden. (Molenaar et al, 1991) Dit zou bij het gebruik van GFT-compost (tabel 4) neerkomen op ruim 15 ton/ha per jaar. Dit is een erg hoge toevoer, en binnen Minas niet haalbaar, en geeft al aan dat het verstandig is om organisch materiaal dat al op het bedrijf aanwezig is vooral niet af te voeren (stro, gewasresten ed.). Om het organisch stofgehalte te verhogen is aanzienlijk meer organische stof-toevoer nodig.

Tabel 7: Berekening van de jaarlijkse behoefte aan effectieve organische stof bij een bouwvoordikte van 30 cm.

organische stofgehalte bouwvoor (%)	dichtheid (kg/m ³)	Bouwvoorgewicht van 1 ha (in miljoen kg)	jaarlijkse behoefte (in kg/ha) bij een afbraak van	
			2%	4%
0,5	1615	4,85	485	970
1,0	1580	4,74	950	1900
1,5	1548	4,64	1390	2780
2,0	1515	4,55	1820	3640
2,5	1483	4,45	2225	4450
3,0	1450	4,35	2600	5200
4,0	1390	4,17	3340	6680

(Uit: Molenaar et al, 1991)

Op internet is sinds september 2003 het organisch stof model beschikbaar, waarin een bedrijf zijn eigen organische stofbalans kan doorrekenen. (<http://psgapp.wur.nl/organischestof>)

6.2 Stuifbestrijding

Bij het gebruik van GFT-compos als stuifbestrijder, wordt de compost met water gemengd (verhouding 1:1,5) in een drijfmesttank en verspoten. (Erp et al, 1997) Continue mixen is hierbij belangrijk, omdat de compost snel uitzakt. De compost moet ook erg fijn zijn omdat anders geen laagje maar windgevoelige kluitjes op het land liggen. Bij het uitrijden van compost heeft winderig weer een nadelige invloed op de verdeling ervan. Ook harde wind na toepassing van compost op een vlak terrein kan leiden tot het wegwaaien van compost. (Dignum en Lommerse, 1993) De samenstelling en de rijpheid van het product zijn ook erg bepalend voor de stuifwerende werking. De compost dient een hoog organisch stofgehalte te hebben. Wat de rijpheid betreft mag de compost niet te rijp zijn anders gaat de bindende werking verloren. De korst die gevormd wordt is echter matig tot slecht bestand tegen (veel) regen. Onder ideale omstandigheden (nauwelijks neerslag) houdt GFT-compost het land 5 tot 6 weken stuifvrij. Met 6 ton droge stof per ha, oftewel 9 ton product (maximaal toegestane hoeveelheid), wordt het land grotendeels maar niet volledig bedekt. (Landman et al, 1992; Schouten et al, 1992; Van den Berg, 1993)

Het droog opbrengen van GFT met een mestverspreider waarna er water overheen gespoten werd, werkte niet. De compost nam het water niet op en kon het stuiven niet voorkomen. Het gebruik van champost is niet getest omdat het door zijn hoge zuurbindende waarde, niet geschikt is voor bollengronden met een hoge pH. (Stiekema, 1994)

Uit onderzoek lijken composten voor de winter/voorjaar periode dus geen goed alternatief voor stuifbestrijding. Over het algemeen komt cellulose en stro er voor de bollen als beste alternatief uit voor rundveedrijfmest. Een suggestie die nog wordt gegeven is de anti-stuifwerking van anaëroob vergiste GFT-compost te onderzoeken. Een voordeel hiervan zou zijn dat het al in slurry-vorm aanwezig is. (VVAV, 1993) Voor zover bekend is hier nog geen onderzoek naar gedaan. Compost als stuifbestrijding bij snelgroeiende gewassen die binnen 14 dagen stuifvrij staan (zoals groenbemesters na de oogst van voorjaarsbloeiers) kan wel. (Schouten et al, 1992)

7 Analyse methodes en interpretatie

Voor het bepalen van de gezondheid van compost en de bodem zijn verschillende analysemethoden. Er bestaat helaas geen simpele test om te kijken of het compostering proces wel goed is verlopen. Hieronder staan verschillen methodes beschreven.

7.1 De Soil Foodweb Analyse

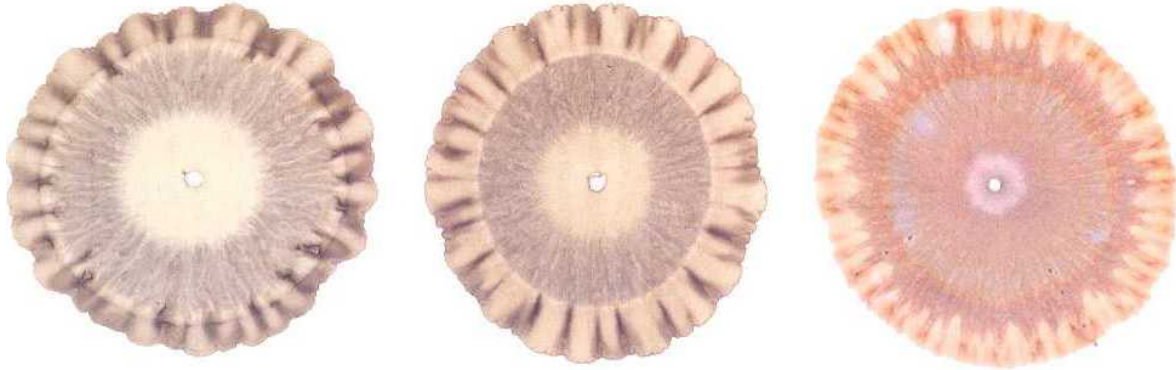
In deze methode wordt gekeken naar het aantal van verschillende groepen bacteriën en schimmels dat in de bodem zit en het actieve gedeelte hiervan. Deze methode wordt onder andere gebruikt door Compara onder auspiciën van het Soil Foodweb Incorporated. Sinds kort is er ook een lab in Hilversum (Soil Foodweb Europe b.v.) dat metingen uitvoert (www.soilfoodweb.com). De theorie achter deze methode is dat het bodemleven op de plaats van herkomst van het gewas (dus waar het vroeger van oorsprong voor kwam) een indicatie is van wat het gewas nodig heeft in de ideale situatie. Bodemonsters die ter analyse worden ingestuurd worden dus vergeleken met gegevens uit een databank waarin analyses van oorspronkelijke gronden staan. De databank is geheim en kan daarom voor dit rapport niet beoordeeld worden.

7.2 Chromatest

Een andere methode is de chromatest. Hierbij wordt een filtraatdruk gemaakt van de bodem of compost: Een chromatest is een chromatogram, gemaakt van een extract van een grond, een meststof of een ander biologisch materiaal. Een chromatogram wordt gemaakt door papier vocht te laten opzuigen met daarin opgeloste stoffen. Afhankelijk van de eigenschappen van het papier en de opgeloste stoffen bewegen de stoffen zich met verschillende snelheden over het papier, waardoor de stoffen dus van elkaar gescheiden worden. Bij de chromatest wordt een rond chromatogram gemaakt, waarbij de vloeistof vanuit het midden van het papier naar de rand opgezogen wordt. De grond wordt geëxtraheerd met een alkalische oplossing. Vervolgens wordt een chromatogram gemaakt op met zilvernitraat voorbehandeld papier. Nadat de vloeistof opgezogen is wordt het chromatogram in diffuus daglicht gelegd om de kleuring door de stoffen en het zilvernitraat te ontwikkelen. Het resultaat is een ronde afbeelding met verschillende zones (ringen) met verschillende kleuring. Er kunnen ook straalvormige structuren ontstaan.

De afdruk kan iets zeggen over de rijpheid van compost en ook verschillende composten kunnen met elkaar worden vergeleken. De eigenschappen van verkregen beelden zijn op basis van vakmanschap te verbinden met bepaalde eigenschappen van de grond, met name op het gebied van de bodemgezondheid. Deze eigenschappen zijn niet te verbinden aan resultaten van bijvoorbeeld chemische analyses of metingen die met andere methoden verkregen zijn. Dit maakt controle van de waarde van de methode voor karakterisering van bodem of meststoffen bijzonder lastig. De studies die hier naar gedaan zijn wijzen er op dat alleen sterke veranderingen in de grond, bijvoorbeeld door bekalking, het beeld van de test veranderen. Een eenmalige organische bemesting is hiervoor niet voldoende. Sommige laboratoria hebben jarenlange ervaring met het lezen van de afdrukken en het vergelijken van die afdrukken met andere informatie die over de compost bekend is.

De chroma kan verdeeld worden in 4 zones: 1) de centrale zone; 2) de midden zone; 3) de buiten zone; en 4) de buitenrand. Binnen deze zones spelen zowel het patroon dat gevormd wordt als de kleuren een rol bij de beoordeling. (Ruijgrok, 1997)



Links: Chroma van verse kippenmest

Midden: Chroma van gecomposteerde kippenmest

Rechts: Chroma van een gecomposteerd mengsel van groenafval en stalmest. Chroma's met een dergelijke ontwikkeling in de verschillende zones zijn typisch voor wat langer gecomposteerde mineraalrijke compost. (Uit Bokhorst et al, 2001)

7.3 Biotoetsen

Onder biotoetsen wordt verstaan het op een biologische manier testen, dus niet met behulp van chemicaliën en dergelijken. Compost kan op deze manier gecontroleerd worden op het voorkomen van ziektes, onkruidzaden, maar ook kan de kieming van zaden, of de gewasgroei getest worden als maat voor goede compost. In de beoordelingsrichtlijn van Kiwa (1996) worden een aantal methoden beschreven.

Voor de kiemingstest worden meestal een bekende hoeveelheid zaden in een combinatie van potgrond en compost tot kieming gebracht. Het percentage dat kiemt is dan een maat voor de geschiktheid van de compost. Op dezelfde manier wordt de groeitest uitgevoerd. Hierbij is echter een nadeel dat de test dus een heel groeiseizoen duurt. Voor de onkruidkiemtoets moet de potgrond waarmee gemengd wordt absoluut vrij van onkruidzaden zijn. Verder werkt de toets hetzelfde als de kiemingstest.

Voor het voorkomen van ziektekiemen in compost worden meestal een paar referentie organismen genomen. Het is erg duur om compost voor alle mogelijke ziektekiemen te laten testen. Binnen het Kiwa keur wordt meestal getest voor het Rhizomanie virus en de schimmel *Plasmodiophora brassicae* (knolvoetschimmel). Ook hier worden planten op een combinatie van potgrond en compost geteeld en vervolgens wordt er gekeken of de bepaalde ziekte zich voordoet. Het is ook hier belangrijk om er voor te zorgen dat de gebruikte potgrond en de planten ziektevrij zijn voor gebruik.

8 Regelgeving

In het algemeen valt compost onder de Meststoffenwet. Verder zijn er diverse besluiten die voor composteren op eigen bedrijf van belang zijn, zoals het “Besluit stortplaatsen en stortverboden afvalstoffen” en het “Besluit kwaliteit en gebruik van overige organische meststoffen”. Deze wetten en besluiten zijn allemaal terug te vinden op de website <http://wetten.sdu.nl>.

Via het LNV-mestloket zijn ook diverse brochures aan te vragen over het gebruik van compost en over het afleveringsbewijs van compost (tel: 0800-22 333 22).

De samenstelling van aangekochte compost moet voldoen aan de eisen van het “Besluit kwaliteit en gebruik van overige organische meststoffen”, m.b.t. de gehalten aan zware metalen. Hierbij wordt onderscheidt gemaakt tussen compost, zeer schone compost en zwarte grond (zie tabel 8).

Tabel 8. Milieueisen voor compost, zeer schone compost en zwarte grond

Kwaliteitsparameter	Maximale gehalten in mg/kg droge stof		
	compost	zeer schone compost	Zwarte grond
Cadmium (Cd)	1	0,7	$0,4 + 0,007(L+3H)^*$
Chroom (Cr)	50	50	$50 + 2L$
Koper (Cu)	60	25	$15 + 0,6(L+H)$
Kwik (Hg)	0,3	0,2	$0,2 + 0,0017(2L+H)$
Nikkel (Ni)	20	10	$10 + L$
Lood (Pb)	100	65	$50 + L+H$
Zink (Zn)	200	75	$50 + 1,5(2L+H)$
Arseen (As)	15	5	$15 + 0,4(L+H)$
Organische stof	20 % van de droge stof		

*L= % lutum

H= % organische stof. Als dit percentage hoger is dan 15, wordt het voor de berekening op 15 gesteld.

Binnen het “Besluit stortplaatsen en stortverboden afvalstoffen” wordt aangegeven dat een bedrijf niet zomaar afvalstoffen mag aanvoeren naar het bedrijf om te verwerken. Onder afvalstoffen vallen onder andere groente-, fruit-, en tuinafval, houtafval, plantaardig afval afkomstig van land- of tuinbouw en plantsoen- of groenafval. Voor aanvoer van een van deze producten naar het bedrijf om de eigen composthoop aan te vullen is dus een vergunning nodig. Het bedrijf wordt dan volgens de wet namelijk gezien als afvalverwerkend bedrijf.

Daarnaast is er voor de grote compostproducenten een certificeringssysteem opgezet, het Kiwa-keur. Om voor dit keurmerk in aanmerking te komen moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan, zie box 1.

Box 1. Eisen aan compost vanuit het Kiwa-keurmerk

- Milieuhygiënische eisen aan compost (zie tabel 8)
 - Stabiliteitseisen
- De temperatuur van de compost moet kleiner of gelijk zijn aan 50°C en de pH-water moet groter of gelijk zijn aan 6,5.
- Plantverdraagzaamheid eisen
- De opbrengst uit de compost moet minimaal 90% van de opbrengst van het referentiemengsel bedragen. Tevens moet de opbrengst vrij zijn van visueel herkenbare schade.
- Onkruidkiemtoets
- Het aantal kiemplanten in de compost moet kleiner of gelijk zijn aan 2 kiemplanten (zaden en wortelonkruiden) per liter.
- Plantpathogenen eisen
- De compost moet vrij zijn van plantparasitaire aaltjes; Rhizomanie virus en Plasmodiophora brassicae (knolvoetschimmel).
- Visueel herkenbare verontreinigingen
- Het gewichtsandaal plastic, metaal en rubber groter dan 2 mm in de compost moet kleiner of gelijk zijn aan 0,2 gewichtsprocenten.
- Het gewichtsandaal glas groter dan 2 mm in de compost moet kleiner of gelijk zijn aan 0,2 gewichtsprocenten.
- Het gewichtsandaal steen groter dan 5 mm in de compost moet kleiner of gelijk zijn aan 2 gewichtsprocenten.
- De compost moet vrij zijn van glas groter dan 16 mm.
- Zoutgehalte
- Het specifieke geleidingsvermogen van de compost moet kleiner of gelijk zijn aan 5,5 mS/cm bij 25°C. Het specifiek geleidingsvermogen moet op de afleverbon vermeld worden.
- Het chloridengehalte van de compost moet kleiner of gelijk zijn aan 5000 mg/kg droge stof. Het chloridengehalte moet of de afleverbon vermeld worden.
- Nutriënten
- Voor de nutriënten stikstof, fosfaat, kalium, magnesium en calcium moeten de gehalten uitgedrukt in respectievelijk N-totaal, P₂O₅, K₂O, MgO en CaO op de afleverbon vermeld worden.
- Volumegewicht
- Het volumegewicht moet op de afleverbon vermeld worden.
- Watergehalte
- Bij een organisch stofgehalte dat groter of gelijk is aan 40 gewichtsprocent van de droge stof moet het watergehalte kleiner of gelijk zijn aan het organische stofgehalte van de compost vermeerderd met 6 gewichtsprocent.
- Bij een organisch stofgehalte dat kleiner is dan 40 gewichtsprocent van de droge stof moet het watergehalte kleiner of gelijk zijn aan het organische stofgehalte van de compost vermeerderd met 10 gewichtsprocent.
- Het watergehalte moet op de afleverbon vermeld worden.

Voor het composteren op eigen bedrijf is ook de Wet op verontreiniging oppervlakte water van belang. In box 2 staan de eisen waaraan volgens deze wet een composthoop moet voldoen. Deze eisen gelden voor composthopen groter dan 10 m² grondoppervlak, of meerdere kleinere composteringshopen op een bedrijf, waarvan het gezamenlijk grondoppervlak meer is dan 10 m². Voor kleinere composteringshopen geldt alleen de vereiste afstand tot waterlopen, zoals die is vastgelegd in het Lozingenbesluit.

Box 2 Eisen aan een composthoop vanuit de Wet verontreiniging oppervlakte water

- Afstand tot woningen

Een composteringshoop mag niet dichterbij een woning liggen dan 50 m en niet dichterbij de bebouwde kom dan 100 m. Dit is ter voorkoming van stankoverlast.

- Afstand tot waterlopen

Een composteringshoop moet minstens 5 m verwijderd liggen van de insteek van de dichtstbijzijnde waterloop, om het gevaar van uitspoeling en afstroming van nutriënten rijk water van de hoop naar het oppervlaktewater te beperken.

- Samenstelling en omvang van de composteringshoop

Een composteringshoop mag worden samengesteld uit:

- Niet-dierlijk organisch restmateriaal van eigen bedrijf, opgeslagen op een hoop, vers of meer of minder verteerd
- Hulpstoffen ter verbetering van het composteringproces of de te produceren compost (waaronder mogelijk dierlijke mest), tot 50 volumeprocent van de composteringshoop.

Het drogestofgehalte van het de composteringshoop moet minstens 30% bedragen. (Dit is in het algemeen wel het geval bij compostering van gewasresten van een afgestorven gewas, gebruikt stro, pelresten. Wanneer compost alleen uit verse gewasresten bestaat (b.v. lelieresten uit de broeierij) zal het droge stofgehalte waarschijnlijk lager dan 30% uitvallen. Er moet dan droger materiaal toegevoegd worden om het drogestofgehalte te verhogen.)

- Voorkomen van uitspoeling uit de composteringshoop

Uitspoeling uit de composteringshoop moet beperkt worden door deze af te dekken met vezeldoek of antiworteldoek in de periode van 1 november tot 1 maart en in regenrijke perioden.

9 Literatuur

- Asjes, C.J.; Blom-Barnhoorn, G.J.; Wondergem, M.J.; Derks, A.F.L.M. (2001) Pelafval composteren loont. Bloembollencultuur 13 – 21 juni. p 36.
- Berg, J. van den (1993) De Grondslag. Consulentenschap voor de landbouw in Zuid-Holland; stageopdracht.
- Bokhorst, J.; Berg, C. ter (red.) (2001) Handboek Mest & Compost. Louis Bolk Instituut, Driebergen. (bij LBI te bestellen: Hoofdstraat 24; 3972 LA Driebergen; info@louisbolk.nl).
- Dignum; Lommerse (1993) Het gebruik van GFT-compost in de bloembollenteelt. Centraal afvalverwerkingsbedrijf Westfriesland. Den Bosch.
- Erp, P.J. van; Evers, M.A.A.; Reijneveld, J.A. (1997) Gebruikswaarde en perspectieven voor de afzet van GFT-compost. Vereniging van Afvalverwerkers, Utrecht.
- KIWA (1996) Beoordelingsrichtlijnen, voor het Kiwa-productcertificaat voor Compost uit groente-, fruit-, en tuinafval. Kiwa, Rijswijk BRL-K256/02.
- Landman, A.; Schippers, J.A.; Koster, A. Th. J. (1992) LBO zoekt alternatieven voor stuifbestrijding. Uit Bloembollencultuur 103 (1992) 7: 30-31.
- Landman, A. (1994) Opname en afvoer van nutriënten door bolgewassen. Rapport bloembollenonderzoek nr. 94, Laboratorium voor bloembollenonderzoek, Lisse.
- Lübke, U. (1995) Microorganisms for Controlled Composting of Organic Materials. Lecture held on the “4th International Conference on Kyusei Nature Farming” in Paris.
- Molenaar, N.J.; Berkum, J. van (1991) Zal GFT-compost dierlijke mest vervangen? Uit Vakwerk 65 (1991) 36; p6-7.
- Os, G. van; Wijnker, J.P.M. (1999) Pythium-rot, beheersing door bouwplan en bodemleven. Laboratorium voor bloembollenonderzoek (342).
- Ruijgrok, H.M. (1997) In search for alternative methods to measure the soil receptivity (SR) for Rhizoctonia-disease in Iris. Thesis report, Wageningen Agricultural University (Ecological Agriculture).
- Rynk, R.; Kamp, M. van de; Willson, G.B.; Singley, M.E.; Richard, T.L.; Kolega, J.J. (1992) On-Farm Composting Handbook. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service. NY, USA.
- Schouten, E. Th. J.; Wondergem, M.J.; Stokkers, R. (1992) GFT-compost nog geen optimale stuifbestrijder. Uit: Bloembollencultuur 103 (1992) 19: 30-31.
- Snoek, A.J.; Wondergem, M.J.; Jansma, J.E.; Zuilichem, J.A.A. van (2002) Biologische bloembollenteelt. Ervaringen Proefbedrijven ‘De Noord’ en ‘De Zuid’ 1994-2001. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving BV. sector Bloembollen, Rapport nr PPO 701.
- Stiekema, O.T.J. (red) (1994) Alternatieve stuifbestrijding in de praktijk. Stuurgroep demonstratieproject “Alternatieve stuifbestrijding in de praktijk” Consulentenschap Zuid-Holland.
- Steinbuch, L; Bokhorst, J. (1999) Ziekteverendheid. Werkdocument van Mest als Kans, Louis Bolk Instituut, Driebergen.

WAV: Vereniging van Afvalverwerkers (1993) GFT-compost als anti-stuifmiddel. Publicatienr. WAV93023C.R.

Werff, P.A. van der (1994) Een duurzame bodemvruchtbaarheid. PHLO-cursus Biologische landbouw", 22 en 23 maart 1994.

Wongergem, M. (1994) Vezeldoek goed hulpmiddel bij het composteren. Uit: Vakwerk 94 (1994) 39; p. 36-37.

Wongergem, M. (2000). Vorming van percolaatwater en uitspoeling van nutriënten bij composthopen van bloembollenafval. Rapport Bloembollenonderzoek nr. 118, Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse.

Wongergem, M.J.; Schreuder, R.; Snoek, B.; Jansma, J.E. (2000) Loonwerk bepaalt kosten composteren. Uit: Vakwerk 74 (2000) 31;

Bijlage 1 Microfauna en hun functies

Microflora	Levensvoorwaarden	Voedselbron	Rol in ecosysteem
Schimmels, mycorrhiza	Breed temperatuurstraject	Organische stof en mineralen Uit plantenwortel	Humusvorming, stabilisatie aggregaten, productie antibiotica, beschikbaar maken fosfaat Humusvorming
Actinomiceten	Voldoende aeratie en Vochtigheid, pH 6 tot 7	Organische stof	Humusvorming
<i>Autotrofe bacteriën</i> Azobacter, rhizobium, nicobacter	Voldoende aeratie, oplosbaar Ca geen extreme temperaturen, pH 6 tot 8	Mineralen uit de grond	Vastleggen nitraat, oxidatie sulfaat, soms ziekteverwekker
<i>Heterotrofe bacteriën</i>	Voldoende aeratie, oplosbaar Ca geen extreme temperaturen, pH 6 tot 8	Organische stof	Afbreken organische stof
<i>Algen</i> Groen, blauwgroen		Fotosynthese	Opbouwen organische stof, vastleggen Nitraat
<i>Microfauna</i> Nematoden		Organische stof, microben Wortelresten	reguleren microben, soms ziekteverwekker
Protozoën		Organische stof, microben Wortelresten	reguleren microben, soms ziekteverwekker
<i>Insecten</i> Mijten, springstaarten, spinnen Kevers, duizendpoten, miljoenpoten, Mieren		Microflora, microfauna, andere insecten, plant- en wortelresten, nematoden, organische stof, Zwakke planten	Aeratie, grond mengen
Regenwormen		Ruw organisch materiaal	Aeratie, grond mengen, mineraalrijke uitwerpselen
<i>Kleine zoogdieren</i> Mollen, muizen		Regenwormen, insecten	Fijnmaken en mengen van grond
<i>Plantenwortels</i>		Fotosynthese, mineralen uit de grond	Onttrekken van water en mineralen uit de grond, afgifte van wortel-exudaten

Bijlage 2 Problemen bij het composteren en oplossingen

(Uit: Rynk et al, 1992)

Probleem	Mogelijke oorzaak	Andere aanwijzingen	Oplossing
Hoop wordt niet heet	Materiaal is te droog Materiaal is te nat Niet genoeg stikstof, of langzaam afbreekbare, stabiele materialen Slechte structuur Koud weer en een kleine hoop pH erg laag	Je kunt geen water uit het materiaal knijpen Materiaal voelt, of ziet er, drapperig uit. Het vochtgehalte ligt boven de 60% C/N verhouding is groter dan 50; groot aandeel houtig materiaal Hoop zakt snel in, weinig grove materialen Hoogte hoop minder dan 1 meter pH is minder dan 5,5; vuilnisgeurtje	Voeg water of natte materialen toe Voeg droge materialen toe en mix. Voeg materialen met een hoog stikstof gehalte toe; verander het compost-recept Voeg grove materialen toe Vergroot de hoop; voeg makkelijk verteerbare materialen toe Voeg kalk of hout-as toe en meng.
Temperatuur zakt consequent binnen een paar dagen	Laag zuurstofgehalte; behoefte aan zuurstof Laag vocht gehalte	Temperatuur neemt eerder geleidelijk dan sterk af Je kunt geen water uit het materiaal knijpen	Zet de hoop om of belucht de hoop Voeg water toe
Ongelijke temperaturen of variërende geuren in de hoop	Slecht gemengde materialen Ongelijke lucht toevoer, of luchtcirculatie Materialen zijn in verschillende stadia van afbraak	Zichtbare verschillen in de vochtgehalten en materialen in de hoop Zichtbare verschillen in de vochtgehalten en materialen in de hoop Temperatuur varieert in de hoop	Zet de hoop om of meng de materialen Meng de hoop opnieuw, of pas de luchttoevoer aan (alleen in geval van kunstmatige beluchting) Zo laten
Geleidelijke temperatuursdaling; hoop wordt niet meer warm na omzetten	Composteringsproces bijna klaar Laag vochtgehalte	De benodigde composteringstijd is bijna bereikt; er is voldoende vocht; C/N is minder dan 20 Je kunt geen water uit het materiaal knijpen	Zo laten Voeg water toe en meng
Hoop is te warm (meer dan 65°C)	Onvoldoende beluchting voor warmte afvoer Gemiddeld tot laag vochtgehalte; te weinig verdampingsafkoeling Hoop is te groot	Hoop is vochtig Hoop voelt vochtig maar niet extreem droog of nat Hoogte is meer dan 3 meter	Zet de hoop om; of verhoog luchttoevoer Voeg water toe; ga door met omzetten en beluchting om de temperatuur te reguleren Verklein de hoop

Extreem hoge temperaturen (>76°C) in de hoop: in composteer of rijpingsstadium	Spontane verbranding	Laag vochtgehalte; in de hoop ruikt het aangebrand	Verklein de hoop; houdt een goed vochtgehalte aan; voeg water toe aan aangebrande of smeulende delen; breek de hoop af en meng het met andere hopen.
Ammoniak geur	Hoog stikstof gehalte Hoge pH Langzaam beschikbare koolstofbronnen	C/N gehalte lager dan 20 PH hoger dan 8 Grote houtachtige materialen; C/N gehalte van meer dan 30	Voeg materialen rijk aan koolstof toe Verlaag de pH met zure materialen en vermijd materialen met een hoge pH Gebruik andere koolstofrijke materialen of verhoog het koolstof gehalte
Rotte eieren geur of rottingsgeur komt constant uit de hoop	Anaerobische condities Materiaal te nat Slechte structuur Hoop te compact Onvoldoende beluchting Anaerobische condities Hoop te groot Ongelijke luchttoevoer	Lage temperaturen Hoge temperaturen	Voeg droog materiaal toe Voeg grove materialen toe Meng de hoop opnieuw en voeg indien nodig grove materialen toe Zet de hoop om Verklein de hoop Meng de hoop opnieuw, verander recept
Geuren ontstaan pas na omzetten	Geurig uitgangsmateriaal Onvoldoende beluchting; anaerobische condities in de hoop	Hoge temperaturen Dalende temperaturen	Frequent omzetten; vergroot porositeit Verkort de tijd tussen omzettingen; vergroot porositeit
Omgevingsgerelateerde geuren	Rauwe materialen Nutriëntrijke plasjes door slechte drainage Sloot of plas die erg veel nutriënten bevat	Geur is karakteristiek voor het rauwe materiaal Stilstaande plassen Zware algen en onkruid groei, gas bubbels op het wateroppervlak	Verwerk de materialen gelijk Zorg voor wegstroom Verwijder zomogelijk algen en onkruid en voer het materiaal af, zorg voor doorstroming
Problemen met vliegen	Vliegen planten zich voor in de hoop Vliegen planten zich voort in het uitgangsmateriaal	Verse dierlijke mest of etensafval aan buitenkant van de hoop; veel vliegen rond de hoop Natte uitgangsmaterialen worden meer dan 4 dagen opgeslagen voor verwerking	Zet de hoop elke 4 tot 7 dagen om; bedek de hopen en afdek doek Verwerk uitgangsmateriaal onmiddellijk

<p>Compost bevat brokken en andere grote dingen; textuur is niet gelijkmatig</p>	<p>Slechte menging van de materialen of onvoldoende omzetting Slechte luchttoevoer</p> <p>Uitgangsmateriaal bevat grote dingen en niet afbreekbare of langzaam afbreekbare materialen</p> <p>Composteringsproces is nog niet afgelopen</p>	<p>Originele materialen zijn nog herkenbaar in de compost</p> <p>Natte kluiten compost</p> <p>Grote, vaak houtige, materialen in de compost</p> <p>Tijdens het composteringsproces produceert de hoop warmte en geur</p>	<p>Verbeter de eerste menging van materialen</p> <p>Versnipper de compost en verbeter de doorluchting Vermaal de materialen en zoek de begin materialen goed uit</p> <p>Verleng de composteringstijd of verbeter de condities van de hoop (vocht, temperatuur etc.)</p>
--	--	--	---