

CURSUS ONDERZOEKTECHNIEK

1971 / 1973

Syllabus: *no 1*

Het compostonderzoek ten be-
hoeve van de champignonteelt

door drs. J.P.G. Gerrits

**BIBLIOTHEEK
DER
LANDBOUWHOGESCHOOL
WAGENINGEN**

265049

Verkoop en vermenigvuldiging
niet toegestaan

HET COMPOSTONDERZOEK TEN BEHOEVE VAN
DE CHAMPIGNONTEELT

drs J.P.G. Gerrits.

Proefstation voor de Champignoncultuur, Horst (L).

INHOUD:

Inleiding

De teelt

Champignoncompost

De beginperiode 1959 - 1963

Chemische analyse 1962 - heden

- Verbruik van water en droge stof door de champignon

- Water- en droge stofverlies tijdens het uitzweten

Paardemestcompost

- Anorganische toevoegingen

- Organische toevoegingen

- De rol van het water.



Inleiding

De champignoncultuur is in zijn huidige vorm een vrij jonge teelt. Eeuwenlang zijn er reeds op geheimzinnige wijze champignons geteeld in grotten, vooral in Frankrijk. Pas de laatste decennia is er een stormachtige ontwikkeling te bespeuren. Enkele cijfers illustreren dit voor Nederland. De totale produktie was in:

1940:	30.000 kg
1950:	300.000 kg
1960:	3.000.000 kg
1970:	30.000.000 kg

De waarde van het produkt was in 1970 ongeveer 100 miljoen gulden. Deze champignons werden geproduceerd door ongeveer 1100 bedrijven met een gemiddeld teeltoppervlak van 610 m². (dit komt overeen met 3,9 cellen van 156 m²) waarop ~~3~~⁴ keer per jaar wordt geteeld. De champignoncultuur in Nederland heeft een sterk coöperatief karakter. Bij de Coöperatieve Nederlandse Champignonkwekersvereniging (C.N.C.) zijn meer dan 90% van de bedrijven aangesloten. De C.N.C. exploiteert een drietal bedrijven. Het dekaardebedrijf, opgericht in 1961 produceerde in 1970 1500 m³ dekaarde per week. Het compostbedrijf, begonnen in 1964, bereidde 4000 ton compost per week. Het derde bedrijf, een soort loonbedrijf om de compost mechanisch in de cellen te brengen begon in 1967 en verwerkte in 1970 60% van de totale hoeveelheid geproduceerde compost. Deze coöperatieve opzet heeft, zoals later duidelijk zal worden, consequenties voor het onderzoek, in het bijzonder voor het compost- en dekaardeonderzoek.

De C.N.C. produceert 90% van de totale hoeveelheid compost die in de nederlandse champignonteelt wordt gebruikt. De rest wordt bereid door een particuliere firma. Er zijn geen champignonkwekers meer die zelf hun compost maken.

De teelt

Alvorens in te gaan op de betekenis van compost in de champignoncultuur zal ik eerst een overzicht geven van het verloop van een teelt om U met de belangrijkste termen vertrouwd te maken.

Champignons worden geteeld op compost, die vroeger op de bedrijven zelf klaargemaakt diende te worden, maar die nu kant en klaar wordt gekocht bij gespecialiseerde bedrijven. Op de kwekerij aangekomen wordt de compost in een cel gebracht. Hierin staan bedden in twee rijen van vijf lagen opgesteld. Per m² wordt 100 - 110 kg compost gebruikt. De compost wordt eerste gepasteuriseerd (24 uur 60°C) om ziektekiemen, zoals mijten, aaltjes en schimmelsporen te doden en daarna geconditioneerd (7 à 10 dagen bij 50-55°C) om de compost vrij te maken van ammoniak. Dit gehele proces heet uitzweten. Aan het einde van het uitzweten, wanneer de kweker heeft geconstateerd dat de compost "klaar" is, wordt deze snel afgekoeld tot 25°C. Bij deze temperatuur wordt de compost geënt met "broed", hetgeen een cultuur is van champignonmycelium op steriele graankorrels. Wanneer na twee weken de compost voldoende is doorgegroeid wordt deze afgedekt met een laagje van 3 à 4 cm dekaarde. Dekaarde is een mengsel van zwartveen (65%), turfmoalm (27%), en mergel (8%). Terwijl het mycelium naar boven groeit wordt de temperatuur langzaam teruggebracht naar 15 à 17°C, het mycelium gaat dan boven in de dekgrond knoppen vormen en drie weken na het afdekken kunnen de eerste champignons worden geoogst. De vruchtlichamen verschijnen niet regelmatig, maar in wekelijkse pieken die we vluchten noemen. Na 5 - 6 oogstweken wordt de cultuur beëindigd, de cel doodgestoomd (12 uur 70°C), de cellen leeggemaakt en meteen opnieuw gevuld. Een typisch vluchtverloop is bijvoorbeeld

matige opbrengst 3, 4, 2½, 1½, 1. Totaal 12 kg/m²

zeer goede opbrengst 4, 7½, 4, 2½, 2. Totaal 20 kg/m².

Een hele teelt duurt 12-13 weken. Iemand met 12 cellen begint en eindigt elke week een teelt en dit gaat continu het hele jaar door.

Champignoncompost

Ofschoon de champignoncultuur als een onderdeel van de tuinbouw wordt beschouwd, heeft de voeding van de champignon nauwelijks iets gemeen met die van groene planten. De organische stof waaruit de groene plant is opgebouwd wordt gevormd door de fotosynthese, terwijl stikstof en allerlei organische elementen uit de grond worden opgenomen. De champignon (*Agaricus bisporus*) en enkele andere gekweekte paddestoelen zijn heterotrofe organismen, dit wil zeggen ze kunnen zelf geen organische stof opbouwen uit anorganische door middel van fotosynthese, maar ze zijn zowel wat betreft hun energievoorziening als hun bouwstoffen geheel aangewezen op organische stoffen die reeds eerder door groene planten zijn gevormd en eventueel door dieren omgebouwd.

Daarom wordt de champignon niet in grond gekweekt, maar op een substraat, dat zeer rijk is aan organische stof: compost. Het belangrijkste basismateriaal voor de bereiding van compost is stro. Meestal wordt uitgegaan van strorijke paardemest, omdat het stro, dat zich hierin bevindt, reeds op een uitstekende manier door de paarden is voorbereid en van enige toevoegingen (gier + vijgen) is voorzien. Indien geen paardemest beschikbaar is moet men uitgaan van stro. Dit moet eerst worden voorbereid om tot een produkt te komen dat te vergelijken is met verse paardemest alvorens het met succes verder kan worden gecomposteerd. Zulk een compost (op strobasis) noemen we een synthetische compost. Het composteren gebeurt in hopen van $1\frac{1}{2}$ - 2 meter breed. Deze hopen worden geregeld omgezet om ze van water, lucht en toevoegingen te voorzien. In ongeveer 2 weken kan een redelijke compost worden gemaakt.

Omdat de champignon steeds op compost wordt geteeld is het compostonderzoek de basis voor het ontwikkelen van een geschikt substraat en voor het bestuderen van de voedingseisen van de champignon.

De beginperiode 1959 - 1963

Het Proefstation in Horst is in 1959 geopend. In de beginperiode waren er zoveel vragen omtrent de nog zeer jonge cultuur dat deze onmogelijk allemaal tegelijk aangepakt konden worden. De kennis omtrent de compost steunde op gegevens uit buitenlandse literatuur, op in de praktijk opgedane ervaring en op waarnemingen bij de bereiding van compost die gebruikt werd in diverse proeven met rassen en met dekgrond. In die tijd - eigenlijk slechts kort geleden - moest de hele teelt nog ontwikkeld worden.

Men begon met een intensief onderzoek over het composteringsproces op laboratoriumschaal. In potten van $3\frac{1}{2}$ liter werd compost bereid in broedstoven waarbij de temperatuur en de hele gaswisseling kon worden gecontroleerd. Dit onderzoek verschaftte veel inzicht in het hele gebeuren gedurende het composteren.

Deze methode had het voordeel dat er zeer nauwkeurige metingen konden worden verricht, maar er waren twee nadelen:

1. Het is zeer moeilijk om een compostering in een hoop na te bootsen en ook om uit de gegevens verkregen op laboratoriumschaal conclusies te trekken over wat in de praktijk in een composthoop gebeurt.
2. Het is onmogelijk om op de zeer kleine hoeveelheden compost champignons te telen zodat de invloed van allerlei factoren op de opbrengst onbekend blijft. Alleen de myceliumgroei kan worden beoordeeld, maar dit is een zeer dubieuze maat voor de uiteindelijke opbrengst, zoals uit verder onderzoek gebleken is.

Dit heeft ertoe geleid meer en meer op praktijkschaal te gaan werken (in hopen van ongeveer 1 ton). Dit kon door het voorbereidende werk doelgerichter gebeuren. In de composthopen met verschillende behandelingen worden nu zoveel mogelijk metingen verricht, waarbij dan tevens in de cellen op praktijkschaal wordt nagegaan wat de invloed van diverse grootheden is op de opbrengst.

Chemische analyse 1962 - heden

Dit onderzoek is oorspronkelijk opgezet om verschillen in chemische samenstelling van de compost in verband te brengen met de kwaliteit van compost, dus met de opbrengst. Het onderzoek heeft in hoofdzaak geleid tot belangrijke inzichten die in de oorspronkelijke opzet niet voorzien waren. In de beginjaren 1962-1966 werden de analyses verricht door dr F.M. Mulder van het I.B.V.L. in Wageningen, die veel ervaring had met het analyseren van stro. Het leek interessant zijn analyses eens uit te voeren in champignoncompost. De belangrijkste bepalingen waren:

- as (en dus organische stof)
- oplosbare en onoplosbare stikstof
- in ether oplosbare bestanddelen
- in heet water oplosbare bestanddelen
- lignine en N in lignine
- pentosanen
- alfa-cellulose

Terwille van deze analyses werden diverse (vooral synthetische) composten bereid. Het bleek echter niet mogelijk om aan de hand van deze analyses iets te zeggen over de kwaliteit van de compost. Achteraf kan geconstateerd worden dat de aangebrachte verschillen te klein waren om te komen tot aantoonbare verschillen in chemische samenstelling. Een dergelijke vrij negatieve conclusie is natuurlijk toch van erg veel belang, vooral omdat er op diverse plaatsen in de wereld een overdreven aandacht is voor bijvoorbeeld het N-gehalte. Intussen kon op het 6e Internationale Champignoncongres in 1965 in Nederland gehouden op grond van de ervaringen tijdens het composteren en met het analyseren opgedaan een belangrijke bijdrage worden geleverd over de processen die zich in de compost afspelen. Dit is schematisch weergegeven in figuur 1. Dit inzicht zou later van grote betekenis zijn bij het opstellen van een proefserie met betrekking tot organische toevoegingen.

De gehele analysemethodiek werd door het Proefstation in Horst overgenomen. Besloten werd met de analyse van diverse composten te stoppen, en over te gaan tot het volledig analyseren van één compost gedurende de gehele teelt, teneinde vast te stellen, wat de champignon uit de compost haalt en op welk tijdstip. Het is vrij moeilijk om veranderingen in de compostsamenstelling betrouwbaar vast te stellen. De voornaamste oorzaak hiervan is dat we speciaal geïnteresseerd zijn in de organische fractie die vrij klein is. Bij het vaststellen van veranderingen hierin moet begonnen worden met een vocht- en een asbepaling die beide nogal wat variatie vertonen (samenstelling compost globaal: 70% water, 10% as en 20% organische stof).

Doordat de analyses zeer veel tijd vergen kan men ook niet met veel herhalingen werken. Door het verbruik van organische stof gedurende compostering en teelt stijgt het asgehalte en door hiermee rekening te houden is de afname van de organische stof en de diverse onderdelen daarvan vast te stellen. De belangrijkste conclusies waren (figuur 2):

1. Het composteren en uitzweten. Gedurende deze periode is er een sterke afname van de hoeveelheid cellulose en pentosanen. De lignine neemt nauwelijks af maar deze lignine wordt wel sterk veranderd en omgevormd tot wat wel genoemd wordt: "het N-rijke lignine-humus complex". De totale hoeveelheid stikstof wordt wat lager door het verdwijnen van ammoniak. Het percentage onoplosbare stikstof neemt echter toe ten gevolge van het vastleggen van stikstof in eiwitten door micro-organismen en door het inbouwen van stikstof in het N-rijke lignine-humus complex.
2. De myceliumgroei (de vegetatieve fase). Van de cellulose en pentosanen wordt slechts weinig afgebroken, maar, merkwaardig genoeg, neemt gedurende deze periode het N-rijke lignine-humus complex af. De hoeveelheid in water oplosbare stoffen neemt ten gevolge van deze afbraak toe en, daarmee samenhangend, wordt de hoeveelheid oplosbare N ook weer groter.

3. De fructificatie (de generatieve fase). Het N-rijke lignine-humus complex wordt na de knopvorming vrijwel niet meer aangetast, maar om in zijn energiebehoefte te voorzien breekt de champignon nu weer de cellulose en de pentosanen af.

Het belangrijkste is wel dat uit dit onderzoek gebleken is dat de voedselopname van de champignon in de vegetatieve en de generatieve fase volkomen verschillende processen zijn. Hierdoor wordt de waarde van veel vroeger (buitenlands) onderzoek betreffende de voedingsbehoeften van de champignon, dat alleen is uitgevoerd met mycelium in reïncultuur, voor de praktijk hoogst twijfelachtig, omdat het niet zeker is dat bij een maximale groei van het mycelium ook veel vruchtlichamen zullen worden geproduceerd.

Verbruik van water en droge stof (DS) door de champignon

Het probleem. De champignon bestaat voor 90% uit water. Voor elke kg champignons die geproduceerd wordt is dus ongeveer een liter water nodig. Er bestond in het verleden echter absoluut geen duidelijk inzicht in de waterhuishouding. De dekgrond moet geregeld gespreeid worden en men dacht daarom dat de champignon langs deze weg van water werd voorzien. Men realiseerde zich toen wel dat er ook water verdampt en dat dit moet worden aangevuld. Het vraagstuk van de waterhuishouding werd in 1968 plotseling actueel toen de heer Arkenbout van het I.T.T. metingen verrichtte op een commercieel bedrijf aangaande de waterbalans in een champignoncel. In een bepaalde teelt werd 16,5 kg/m² aan champignons (voetje niet afgesneden) geoogst; hiervan is 90% water, d.i. 15 liter. Gedurende de gehele teelt was er 15 liter water/m² gegeven. Uit de metingen bleek echter dat er door verdamping ook ongeveer 15 liter water verdwenen was. Als we aannemen dat de champignons het gegeven water uit de dekaarde hebben gehaald, dan moet de rest van het water uit de compost zijn verdampt. Maar verdamping heeft in hoofdzaak plaats op de grens van dekgrond en lucht.

Daarom ligt het meer voor de hand de zaak om te draaien en te stellen dat 15 liter water gegeven werd om de verdamping uit de dekaarde aan te vullen. De champignon die eigenlijk in de compost "wortelt" zal zijn water (met daarin opgeloste voedingsstoffen) dan uit deze compost halen. Indien deze veronderstelling juist is dan moet er een verband bestaan tussen de hoeveelheid champignons die per m² worden geoogst en de hoeveelheid water (en DS) die per m² uit de compost verdwijnt.

De oplossing Doordat er gedurende vele jaren analyses - o.a. vocht en as - waren uitgevoerd in diverse stadia van de teelt kon van 37 teelten berekend worden hoeveel water en DS er verdwijnt per m² van het enten tot aan het einde van de teelt. Het veronderstelde verband bleek inderdaad te bestaan. Zowel de hoeveelheid water als de hoeveelheid droge stof was afhankelijk van de opbrengst. De opbrengsten variëerden sterk (van 6 tot 30 kg/m²) en dit is zeer belangrijk voor het vinden van een verband wanneer de cijfers een vrij grote spreiding vertonen.

De volgende relaties konden worden vastgesteld:

$$1 \text{ water/m}^2 = 0,93 \text{ (kg champ/m}^2\text{)} + 8,99 \text{ (r = 0,81)}$$

$$\text{kg DS/m}^2 = 0,22 \text{ (kg champ/m}^2\text{)} + 0,93 \text{ (r = 0,68)}$$

Uit de eerste vergelijking is af te leiden dat per kg champignons 930 ml water aan de compost wordt onttrokken, juist voldoende om deze van water te voorzien. Over mogelijke ingewikkelde wisselwerkingen tussen het water in de compost en de dekgrond, verschaft de formule geen nadere informatie. Fysiologisch gezien ligt het voor de hand te veronderstellen dat voedingsstoffen én water tesamen worden opgenomen vanaf dezelfde plaats, dus uit de compost.

Uit de tweede vergelijking blijkt dat per kg champignons 220 g droge stof (in hoofdzaak organisch) wordt gebruikt. Een kg champignons bevat ongeveer 900 gram water, 90 gram organische stof en 10 gram mineralen. Voor elke kg champignons (90 g organische stof) wordt dus 220^g organische stof uit de compost opgenomen, een rendement van 40%, omdat 130 g gebruikt wordt voor energievoorziening.

Hierbij komt warmte vrij. Aannemende dat koolhydraten verbranden komt dit neer op 3 kcal/m²/uur/kg geproduceerde champignons. Tevens kan hieruit de CO₂-produktie berekend worden op 1,2 g/m²/uur/kg champignons. Bij een vlucht van 5 kg/m² wordt dus 15 kcal/m²/uur geproduceerd en 6 gram CO₂, hetgeen in overeenstemming is met waarden die door klimatologische metingen zijn verkregen.

Later konden dergelijke verbanden met de opbrengst uit het voorhanden zijnde cijfermateriaal van 40 teelten ook nog worden berekend voor de volgende componenten: (in grammen per m² en de opbrengst x in kg/m²).

N = 5,5 x + 24 (r = 0,50)
lignine = 50 x + 1077 (r = 0,47)
cellulose = 95 x + 353 (r = 0,65)
pentosanen = 64 x + 275 (r = 0,67)

Hieruit blijkt dat per kg champignons 5,5 gram N wordt opgenomen hetgeen precies de hoeveelheid N in een kg is. Verder is de afname van cellulose en pentosanen sterker afhankelijk van de grootte van de opbrengst dan die van lignine, hetgeen in overeenstemming is met de afbraak gedurende respectievelijk de generatieve en vegetatieve fase.

Water- en drogestof verlies tijdens het uitzweten

Het probleem. Er is reeds lang discussie gaande over de vraag of door het gebruik van stoom de compost veel natter wordt. Tegelijkertijd vraagt men zich af of door een extra hoge temperatuur of veel ventilatie deze sterk opdroogt.

De oplossing. Ook voor dit probleem konden belangrijke inzichten worden verworven door gebruik te maken van het aanwezige cijfermateriaal.

De hoeveelheid water die gemiddeld uit 100 kg compost verdwijnt gedurende het uitzweten is 22½ liter en het DS-verlies is 5 kg. Ook hier is een rechtlijnig verband aanwezig, dus hoe meer DS er verdwijnt, des te meer water er verloren gaat en omgekeerd.

Wanneer de gemiddelde duur van het uitzweten wordt gesteld op 10 dagen (240 uur) en we nemen weer aan dat het DS-verlies uitsluitend het gevolg is van de verbranding van koolhydraten dan komen we tot een gemiddelde warmteproduktie van 78 kcal/m²/uur en een verdamping van ongeveer 100 gram water/m²/uur. Om deze hoeveelheid water te laten verdampen zijn ongeveer 60 kcal nodig welke aan de compost worden onttrokken. Dus $\frac{3}{4}$ van de warmte die ontstaat door de verbranding van de droge stof door micro-organismen wordt afgevoerd als verdampingswarmte, terwijl de rest o.a. zorgt voor het oplopen van de temperatuur van de compost.

De conclusie is dus dat het opdrogen van de compost tijdens het uitzweten grotendeels het gevolg is van de activiteit van de compost en dat uitwendige factoren zoals verhoging van temperatuur, veel ventilatie of het gebruik van stoom hierop slechts geringe invloed hebben.

De cijfers over warmteproduktie, CO₂-produktie en verdamping zijn erg nuttig gebleken voor een beter inzicht in het uitzweetproces. De grootteorde van de cijfers komt ook overeen met wat in klimatologische onderzoeken langs een andere weg wordt gevonden.

Paardemestcompost

In de champignoncultuur maakt men vrijwel uitsluitend gebruik van paardemest, vanwege het sterke broeivermogen van deze mest. Reeds lang heeft men zich gerealiseerd dat mest sterk varieert getuige uitdrukkingen als verse, oude, lichte, zware, arme, rijke, lange of korte mest. De ervaring heeft geleerd dat verse mest die direct vanuit de stal wordt gebruikt de beste resultaten oplevert. In de loop van de tijd leerde men dat het toevoegen van allerlei stoffen aan mest deze aanmerkelijk kan verbeteren, Zulke stoffen zijn gips, koolzure kalk, superfosfaat, ureum, zwavelzure ammoniak en organische stoffen als katoenzaadmeel, bostel, moutkiemen en bloedmeel.

Soms was het gebruik van deze stoffen gebaseerd op proeven. Vooral het werk van Riber Rasmussen in Denemarken trok sterk de aandacht niet in de laatste plaats vanwege het hoge opbrengstniveau (30-40 kg/m²) waarop hij werkte. In 1964 werd een assistente enkele maanden uitgezonden naar het Deense Proefstation om de proeven van nabij te kunnen volgen. Daarna werden in Horst aansluitend enkele proeven uitgevoerd die aanvankelijk hetzelfde resultaat hadden, maar reeds spoedig traden er moeilijkheden op. De oorzaak was de lange composteringstijd in Denemarken. Daardoor bestaat het gevaar dat de compost zijn structuur verliest hetgeen overcompostering wordt genoemd. Een aanwijzing hiervoor is een C:N verhouding van 13 of lager. In Denemarken heeft men in het algemeen lichtere mest, waardoor het gevaar voor overcompostering bij gebruik van eenzelfde schema kleiner is. Hieruit blijkt dat het gevaarlijk is buitenlandse methoden over te nemen zonder eventuele afwijkende omstandigheden te kennen. Slechts door proeven onder hier aanwezige omstandigheden kunnen mislukkingen worden voorkomen. Sprekend over een heterogeen en variabel materiaal als paardemest is het overigens wel moeilijk te bepalen wat die eigen omstandigheden zijn. In die tijd (1964) begon de C.N.C. met een centrale compostbereiding. Het was vrij moeilijk om te adviseren wat de beste composteringsmethode voor zulk een bedrijf zou zijn. Er werd gekozen voor een combinatie van een verkorte Deense methode en de vroegere Nederlandse methode. De toevoegingen waren per ton verse paardemest:

3½ kg ureum
25 kg moutkiemen
25 kg gips
25 kg koolzure kalk
7 kg superfosfaat

Anorganische toevoegingen

Al spoedig rees de vraag of deze toevoegingen wel allemaal nodig waren.

Immers in het Deense recept werd zwavelzure ammoniak gebruikt. Waarschijnlijk zou de koolzure kalk bij gebruik van ureum wel geen zin meer hebben. Ook aan het nut van het toevoegen van fosfaat aan paardemest die reeds veel fosfor bevat, werd getwijfeld. Daarom zijn in 1966-1967 een achttal proeven uitgevoerd waarbij het weglaten van gips, koolzure kalk en superfosfaat werd bestudeerd, al dan niet in combinatie met een vergelijking van de werking van ureum en zwavelzure ammoniak.

De volgende conclusies konden worden getrokken:

1. Het weglaten van fosfor heeft geen nadelige invloed op de opbrengst. Later zou via de kuikenmest trouwens weer veel extra fosfor worden toegevoegd.
2. Het toevoegen van koolzure kalk is noodzakelijk wanneer gebruik wordt gemaakt van zwavelzure ammoniak. Doordat gips ontstaat heeft toevoegen van extra gips dan geen zin meer.
3. Bij gebruik van ureum kan koolzure kalk worden weggelaten. Gips (25 kg/ton) geeft opbrengstverhogingen tot 20% en moet dus worden toegevoegd. Of 25 kg gips steeds optimaal is, is tot dusver niet nagegaan.

Vanaf de oprichting van het compostbedrijf in 1964 werd het contact tussen dit bedrijf en het Proefstation verzorgd door een onderzoekassistent. Dit had tot gevolg dat de praktische problemen bij de compostbereiding op grote schaal onvoldoende overkwamen bij de leider van het compostonderzoek, die deze taak medio 1967 zelf overnam. Op grond van de resultaten van de "weglaatproeven" werd in 1968 besloten de koolzure kalk en de superfosfaat weg te laten.

Voordat dit echter het geval was werd eerst afgewacht wat bij de twaalf kwekers de resultaten zouden zijn van composten bereid zonder kalk en super. Men zou zoiets een praktijkproef kunnen noemen ofschoon het natuurlijk geen proef is in de eigenlijke zin van het woord.

Achteraf bleek dat de resultaten van de teelten dermate varieerden (o.a. door het optreden van virusziekte op enkele bedrijven) dat dit experiment in het geheel geen nieuwe gezichtspunten heeft opgeleverd. Bij de toepassing van latere proefresultaten is dergelijke praktijkervaring dan ook achterwege gebleven.

Over de invloed van andere anorganische elementen en sporenelementen is niet veel onderzoek verricht. Dit komt omdat een tekort aan zulke elementen in een substraat als compost zeer onwaarschijnlijk is. Een eventueel voorkomende overmaat is moeilijk weg te werken. Een eenvoudige berekening geeft hierover veel informatie.

Van één ton gepasteuriseerde compost kunnen ongeveer 300 kg champignons worden geoogst. De samenstelling van compost en champignons is globaal (in procenten):

	water	organische stof	anorganische stof
compost	70	20	10
champignons	90	9	1

Door de champignons worden aan een ton compost onttrokken: 3 kg^{an} organische stof (=3%), 270 liter water (bijna 40%) en 66 kg organische stof (=33%). Hieruit blijkt duidelijk dat water en organische stof eerder beperkende factoren zullen zijn dan de mineralen, waarvan de champignon zó weinig nodig heeft dat afgewerkte champignoncompost relatief rijker is aan mineralen dan een compost bij het enten.

Organische toevoegingen

In de loop van de jaren zijn er in de champignonteelt diverse organische stoffen aan de compost toegevoegd, waarvan de meeste gebruikt worden in de veevoedersector. Enkele voorbeelden zijn: ureum, moutkiemen, bostel, katoenzaadmeel, sojabonenmeel, lucernemeel, caseïne, bloedmeel en suikerbietenpulp. Veel proeven werden met dergelijke stoffen uitgevoerd, waarbij men tot uiteenlopende conclusies kwam.

De belangrijkste oorzaak hiervoor is dat vaak gewerkt wordt met te lage concentraties (kleine behandelingsverschillen), gepaard gaande met het niet toepassen van een wiskundige verwerking, waarbij dan op grond van toevallige niet significante verschillen in opbrengst, conclusies worden getrokken over de werking van zulke stoffen.

Een gemeenschappelijke factor in deze stoffen is dat ze allemaal meer of minder N bevatten. Men heeft nu vaak stoffen als ureum (45% N), bloedmeel (14% N) en moutkiemen (4% N) op gelijke N-basis vergeleken. Daar moutkiemen dan het beste resultaat geven trok men hieruit de conclusie dat N in moutkiemen in een speciale vorm aanwezig is, maar aan een mogelijke gunstige werking van de grote hoeveelheid koolhydraten werd niet gedacht. In het kader van de belangrijke rol die men N toedacht werden zelfs hele aminozuur-analyses in toevoegingen en compost uitgevoerd, waarbij echter nooit relaties met opbrengsten werden gevonden. Een belangrijk aspect van het composteren is daarbij dan ook over het hoofd gezien. Bij de compostering zijn allerlei micro-organismen betrokken die stoffen afbreken en andere opbouwen. De meeste bacteriën, actinomyceten en schimmels die in een compost voorkomen kunnen zich goed ontwikkelen wanneer er een koelstofbron (bijvoorbeeld glucose) en een stikstofbron van eenvoudige samenstelling (bijvoorbeeld ammoniumsulfaat) aanwezig is. Ze bouwen dan in hun protoplasma en celwanden allerlei aminozuren, eiwitten, koolhydraten, vitamines e.d. op. Het is dus waarschijnlijk niet nodig om zeer bepaalde stoffen aan compost toe te voegen. Ze zullen toch weer worden afgebroken waarbij voor de compost typische componenten worden gevormd. Het is alleen nodig om een hoeveelheid organische stof (koolstofketens) en N - in een of andere vorm - te geven en daarbij omstandigheden te scheppen waarbij de micro-organismen het beste gedijen. Deze zullen dan het hele scala van organische stoffen, typisch voor een levende cel, opbouwen.

Deze gedachte kreeg steeds meer gestalte tijdens enkele proeven waarvan ik er twee wil noemen.

- Door de snelle groei van het compostbedrijf konden niet meer voldoende moutkiemen worden geleverd. In een proef werden toen diverse mengsels van moutkiemen en katoenzaadmeel vergeleken (tezamen steeds 25 kg) en het bleek dat beide produkten elkaar volledig konden vervangen.
- In andere proeven was duidelijk geworden dat moutkiemen vervangen konden door een mengsel van ureum en suikerbietpulp (N-arm) indien men er voor zorgt dat dit mengsel hetzelfde N-gehalte heeft als de moutkiemen.

Op grond van deze resultaten en bovenstaande theoretische overwegingen heb ik wat klaarheid trachten te scheppen in de grote massa te gebruiken toevoegingen door deze te rangschikken naar hun aard en N-gehalte.

Er zijn vier groepen:

- A. Alleen N-bron (geen C): ureum, zwavelzure ammoniak, kalkstikstof, ammoniumfosfaat, ammoniumnitraat, nitroform.
- B. Veel eiwitten, weinig koolhydraten (10-14% N), bloedmeele, bloedalbumine, vismeel, caseïne, gistafval, verenmeel, hoef- en hoornmeel.
- C. Eiwitten en koolhydraten (4-6% N) moutkiemen, bostel, lucernemeel, klavermeel, katoenzaadschrootmeel, sojabonemeel, kippemest, kuikenmest.
- D. Weinig eiwitten, veel koolhydraten (1-1½% N) suikerbietpulp, aardappelpulp, appelpulp, melasse.

De praktijk had intussen belangstelling gekregen voor kippemest, die in het buitenland werd gebruikt en die veel goedkoper is dan moutkiemen of katoenzaadmeel. Om na te gaan of dit inderdaad een goed vervangingsprodukt zou zijn werden drie proeven opgezet. Hierbij werd alleen gebruik gemaakt van slachtkuikenmest, omdat deze voldoende en regelmatig te krijgen is en constanter is van samenstelling dan kippemest. Het doel van de proeven was tweeledig: een goedkoper produkt te vinden en de bovenvermelde hypothese te toetsen.

In een factoriële proefopzet werden drie mengsels vergeleken, die ~~veel~~ veel organische stof en N bevatten en dus dezelfde C:N-verhouding hadden (7-10 zoals in moutkiemen).

De mengsels waren:

- A. 16 kg moutkiemen + 10 kg katoenzaadmeel (de in de praktijk gebruikte hoeveelheden).
- B. 50 kg slachtkuikenmeel.
- C. 25 kg suikerbietenpulp (al dan niet met N aangevuld met ureum of Gekro). Gekro is een gedroogd produkt met 10% N afkomstig van destructiebedrijven en het bevat vleesmeel, bloedmeel, beendermeel en pensinhouden van runderen).

Het resultaat was in kg/m²

Proef		86	88	90	gemiddeld
Behandeling	niveau				
(1)	P ₀	8,9	10,0	10,7	9,9
a		12,0	10,9	13,0	
b		11,6	10,6	12,6	
c		<u>11,1</u>	<u>9,9</u>	<u>13,4</u>	
gem. a-b-c	P ₁	11,6	10,5	13,0	11,7
ab		14,7	12,4	11,0	
ac		13,3	12,7	12,3	
bc		<u>14,1</u>	<u>12,6</u>	<u>11,4</u>	
gem ab-ac-bc	P ₂	14,0	12,6	11,6	12,8
abc	P ₃	12,6	15,4	8,8	12,3

De normale verwerking als factoriële proef leverde geen goed beeld op van de diverse effecten. Eerst zijn daarom de verschillen getoetst binnen a-b-c en ab-ac-bc. Deze zijn niet van betekenis. De beproefde mengsels kunnen elkaar dus volledig vervangen. De aard van de organische stof is van weinig belang.

Tegelijkertijd werd duidelijk dat de niveau's P_0 , P_1 , P_2 en P_3 (respectievelijk 0, 21, 42 en 63 kg organische stof per ton) zeer betrouwbaar verschillen. De hoeveelheid organische stof is van doorslaggevende betekenis voor de opbrengst, ofschoon de optimale hoeveelheid voor diverse partijen paardemest anders ligt (figuur 3). Gemiddeld is de hoeveelheid die optimaal is groter (niveau $P_2 = 42$ kg organische stof per ton) dan tot dusver in de praktijk werd gebruikt (niveau $P_1 = 21$ kg organische stof per ton). In afwachting van verdere proefresultaten werd aan het compostbedrijf geadviseerd alvast op kuikenmest over te gaan en hiervan 75 kg per ton te gebruiken. Dit is 50% meer dan vroeger gegeven werd met moutkiemen en katoenzaadmeel.

Uit het voorafgaande volgt dat de diverse niveau's ook alléén met kuikenmest aangebracht kunnen worden door 0, 50, 100 en 150 kg per ton te gebruiken. Het zou door de grote variabiliteit van paardemest echter vele proeven vergen om nauwkeurig na te gaan wat de gemiddelde optimale hoeveelheid kuikenmest is. De centrale compostbereiding was hier echter een groot voordeel. In plaats van optima te bepalen in vele afzonderlijke partijen mest deden we dit in een mengsel van de diverse partijen die gedurende één dag worden aangevoerd. Een optimum, gevonden in zulk een mengsel zal veel dichtër bij de realiteit liggen dan een optimum bepaald in een willekeurige partij mest. Monsters van de diverse partijen werden op het Proefstation zorgvuldig gemengd en daarna verdeeld in hopen van één ton, waaraan diverse hoeveelheden kuikenmest werden toegevoegd. Deze werkwijze beviel uitstekend. Het resultaat van de proeven 93 en 94 is vermeld in de volgende tabel en in figuur 4, waarin de resultaten worden vergeleken met het tot dusver verkregen gemiddelde.

kg kuikenmest/ton (droge org. stof)	86, 88, 90 (gem.)	93	94	Gem.
0	9,9	12,4	12,7	11,7
21	11,7	14,1	15,1	13,6
42	12,8	15,4	16,9	15,0
63	12,3	14,6	16,6	14,5

De resultaten van de proeven zijn zeer goed in overeenstemming met het gemiddelde van de vorige proeven: 40-50 kg organische stof per ton is optimaal. Tevens kon nog worden vastgesteld dat houtkrullen in de kuikenmest weliswaar niet schadelijk zijn, maar niet moeten worden meegerekend als werkzame organische stof. Op grond hiervan werd besloten (begin 1969) deze optimale hoeveelheid organische stof, overeenkomend met 100-125 kg kuikenmest per ton in de praktijk te adviseren. Dit geeft volgens de proeven een opbrengstverhoging van ongeveer 10% ten opzichte van de vroegere hoeveelheid moutkiemen en katoenzaadmeel. Directer merkbaar was de invloed op de prijs van de compost. Deze daalde met f.10,- per ton. Dit bleek achteraf niet alleen een gevolg van het feit dat kuikenmest goedkoper is, maar ook omdat er door de grotere dosering ook meer compost kon worden gemaakt uit een ton paardemest. De prijs van de paardemest per ton compost daalt hierdoor. Dit laatste zou bij een niet gecentraliseerde werkwijze nooit aan het licht komen. Uiteraard moet men voorzichtig zijn met het geven van adviezen wanneer de resultaten van proeven direct in 90% van de praktijk worden toegepast. Het is daarom van belang voldoende proeven te doen en daarbij de praktijk te kennen.

Op grond van de besproken proeven over anorganische en organische toevoegingen wordt nu (vanaf 1969) het volgende toegevoegd per ton paardemest:

- 100 kg kuikenmest
- 25 kg gips
- 2½ kg ureum

De hoeveelheid ureum is verlaagd van $3\frac{1}{2}$ naar $2\frac{1}{2}$ kg/ton. Dit is niet gebeurd op grond van proeven, maar doordat man in de loop van de tijd is overgegaan tot het beregenen van de verse mest met lekwater(gier) uit andere composthopen, waardoor een deel van de stikstof recirculeert. Berekening leerde dat dit ongeveer overeenkomt met 1 kg ureum per ton.

De rol van het water

Uit de tot dusver besproken resultaten werd een redelijk inzicht verkregen in de werking van toegevoegde anorganische en organische stoffen op de opbrengst. Nog steeds was vrijwel niets bekend over de invloed van de behandeling van compost, dus de invloed van factoren als composteringsschema, manier van aandrukken, breedte van de hopen en het vochtgehalte. Daar uit inleidende proeven bleek dat de invloed van de hoeveelheid water het grootste^{is} werd in 1969 en 1970 deze factor uitvoerig afzonderlijk onderzocht. Partijen paardemest kunnen sterk verschillen zoals uit het voorgaande onderzoek reeds duidelijk is gebleken. De optimale hoeveelheid organische stof die aan een bepaalde mest moet worden toegevoegd is moeilijk te voorspellen. Een van de belangrijkste factoren die verantwoordelijk is voor deze variatie is het vochtgehalte van de verse mest. Een ton paardemest met een vochtgehalte van 50% bevat immers tweemaal zoveel droge stof als een ton van 75%. Met verschillen in vochtgehalte wordt bij het toevoegen in het algemeen weinig rekening gehouden, alleen de hoeveelheid water wordt in de praktijk aangepast om tot een bepaald vochtgehalte te komen bij het vullen. Het optimale vochtgehalte was tot voor kort nooit exact vastgesteld en men wist ook niet hoe sterk de opbrengst daalde t.g.v. te droge of te natte compost. Alleen voor de myceliumgroei had men in het buitenland het juiste vochtgehalte vastgesteld.

Om een inzicht te krijgen in de functie van het water tijdens het composteren en voor het vaststellen van het optimale vochtgehalte werd een serie proeven opgezet waarbij de hoeveelheid water en het tijdstip van watergeven werden gevarieerd. In de proeven werd na de eerste gunstige ervaringen uitsluitend gebruik gemaakt van mengsels paardemest, afkomstig van het compostbedrijf van de C.N.C.

Het volgende kon worden vastgesteld.

De hoeveelheid water is van doorslaggevende betekenis voor het koolzuurgehalte in een composthoop en dus voor het zuurstofgehalte. Daar de werking van micro-organismen sterk afhangt van dit zuurstofgehalte is het belangrijk te weten dat dit zuurstofgehalte gestuurd kan worden met behulp van de hoeveelheid water in de composthoop.

De hoeveelheid water die moet worden gegeven is van grote invloed op de hoeveelheid compost die gemaakt kan worden uit een ton paardemest. Dit varieert van 700 - 1500 kg afhankelijk van het vochtgehalte van de verse mest en van de compost die verkregen wordt. De hoeveelheid water die hierbij moet worden gegeven varieert van 0-1200 kg per ton, een variatie die veel groter is dan men zich ooit heeft gerealiseerd. In de acht proeven is ^{er}veel duidelijk rechtlijnig verband tussen de hoeveelheid water die gegeven is en het vochtgehalte bij het enten. Voor de opbrengst is het vochtgehalte bij het enten belangrijker dan de manier waarop dit tot stand komt (om een bepaald vochtgehalte te bereiken kan men in het begin veel of aan het eind minder water geven). Het is moeilijk van tevoren te voorspellen hoeveel water men moet geven om het gewenste vochtgehalte te bereiken. In figur 5 zijn de opbrengsten in kg/m² uitgezet tegen het vochtgehalte van de compost bij het enten. Wanneer de verschillende vochtpercentages in een proef een klein traject beslaan wordt het verband goed weergegeven door een rechte lijn met een positieve (in het droge gebied) of een negatieve (in het natte gebied) regressie-coëfficiënt; over een groter gebied door een kromme lijn (parebool). Dit laatste was slechts in twee proeven het geval.

Deze proeven waarin grotere verschillen zijn aangebracht leveren meer informatie op. Het juiste optimum is moeilijk nauwkeurig aan te geven. Gemiddeld is 65-66% bij het enten optimaal, hetgeen overeenkomt met 71% bij het vullen. Het vochtgehalte is redelijk op peil wanneer het ligt tussen 63 en 68% bij het enten, hetgeen overeenkomt met 69 - 73% bij het vullen.

Het verband tussen het vochtgehalte van de compost bij het vullen (X) en bij het enten (Y) is rechtlijnig en wordt weergegeven met de formule: $Y = 1,35 X - 30,1$. Uit deze formule blijkt dat gedurende het uitzweten een droge compost relatief sterker opdroogt dan een natte. Deze waarden gelden uiteraard voor nederlandse omstandigheden.

Vaak wordt in de literatuur de opbrengst niet alleen uitgedrukt in kg/m² of kg/ton compost, maar als grammen champignons per kg droge stof bij het vullen of bij het enten. Uit de proeven blijkt nu dat dit laatste geen betere maat is ter vergelijking van opbrengsten, omdat bij een te hoog of te laag vochtgehalte niet alleen de opbrengst per m² daalt, maar ook de opbrengst per kg droge stof.

Verslaggeving

Van elke proef wordt een intern verslag opgesteld. Wanneer een onderwerp na een aantal proeven voldoende is afgerond worden de gegevens gepubliceerd.

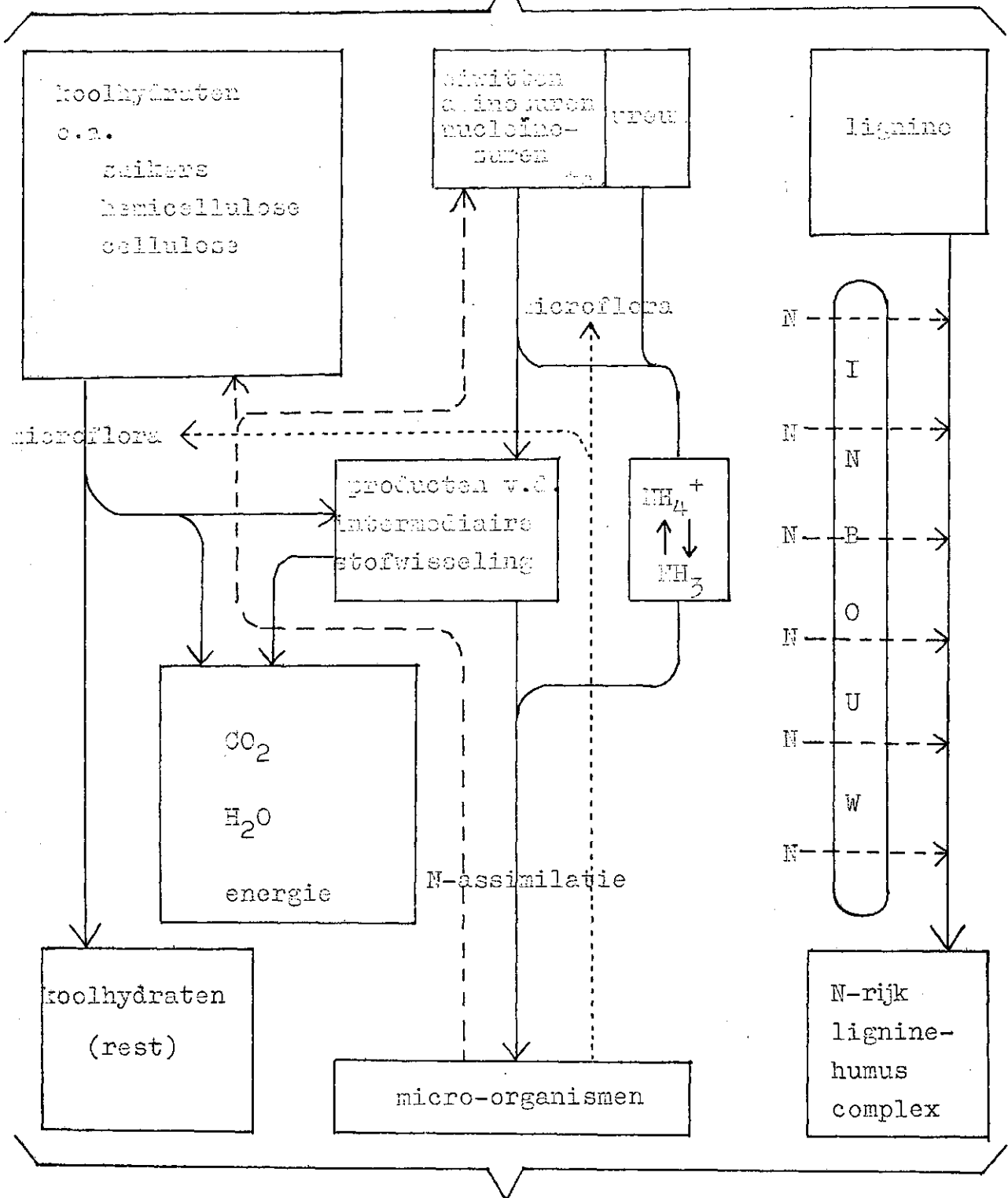
Door het sterk specialistisch karakter van het onderzoek in de champignonteelt heeft het in het algemeen weinig zin te publiceren in landbouwkundige of tuinbouwkundige periodieken, omdat deze vaak niet gelezen worden door mensen uit de champignonwereld. Meestal geven we de voorkeur aan het tijdschrift "De Champignoncultuur" dat door het Proefstation zelf wordt uitgegeven en dat zowel in binnen- als buitenland wordt gelezen. Een andere mogelijkheid waarvan door ons vaak gebruik wordt gemaakt is het geven van voordrachten op de driejaarlijkse internationale champignoncongressen, waarvan de verhandelingen verschijnen onder de naam "Mushroom Science".

Het hier besproken onderzoek is gerefereerd in: het Landbouwkundig Tijdschrift 82 (1970) pg 406-412 waar verwezen wordt naar diverse oorspronkelijke publicaties.

De proeven over water in de compost zijn terug te vinden in "De Champignoncultuur" 15 (1971) pg 303-316.

Horst, februari 1972

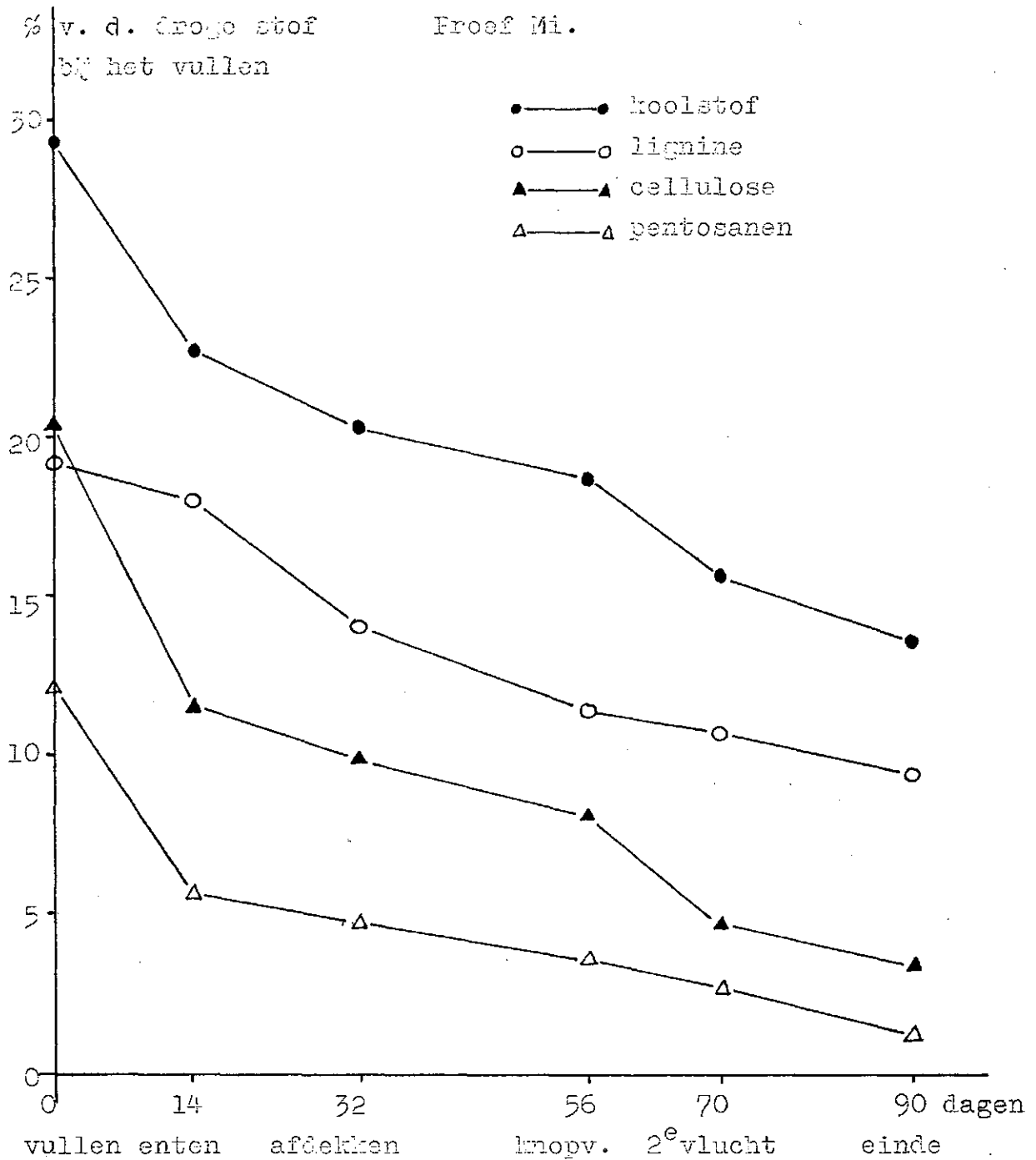
STRO + TOEVOEGINGEN (MINERALEN + N_{org} of N_{anorg})



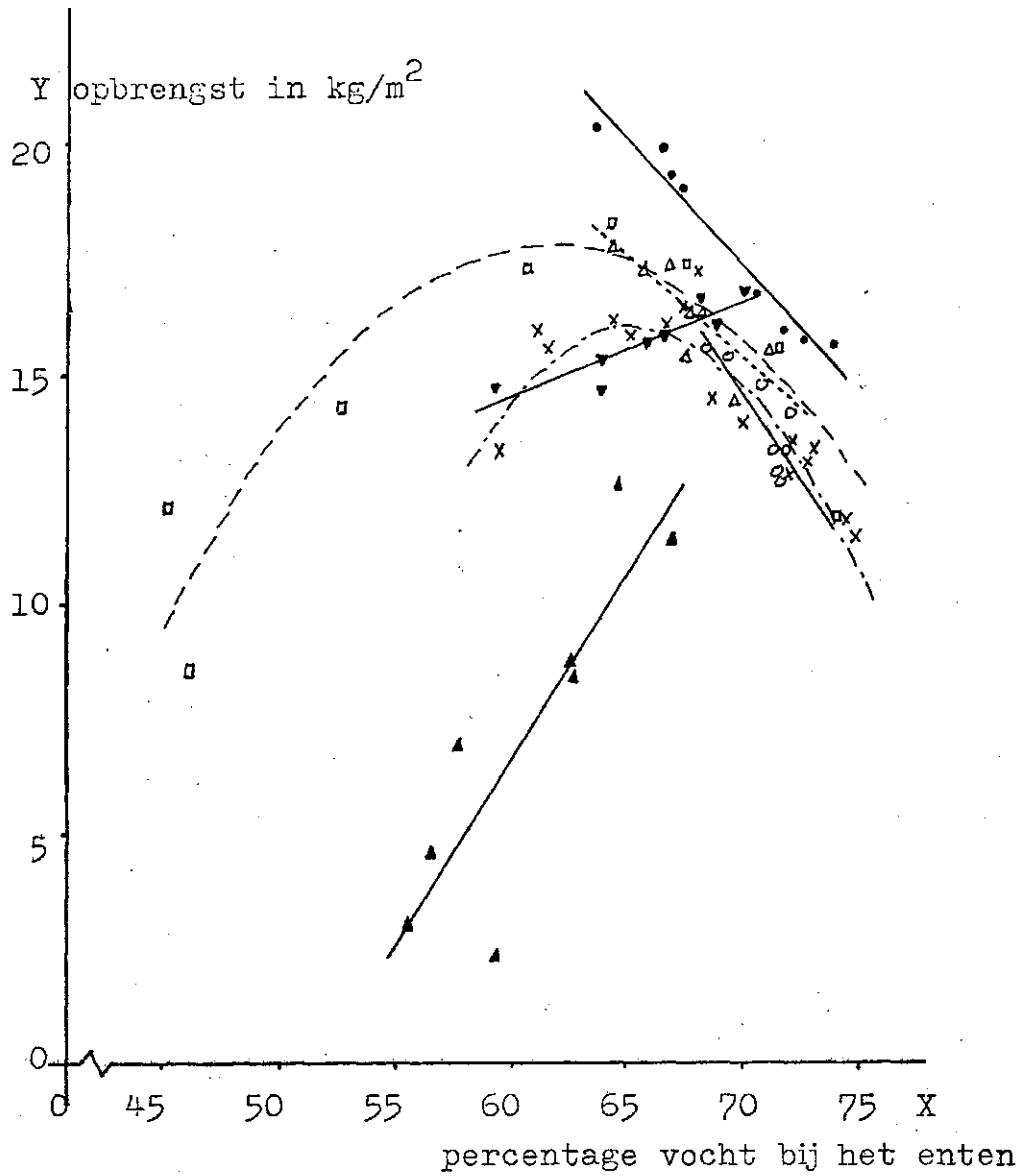
COMPOST VOOR DE CHAMPIGNON

-microflora die afbreekt
- microflora die afgebroken wordt

Figuur 1. COMPOSTERINGSSCHEMA.

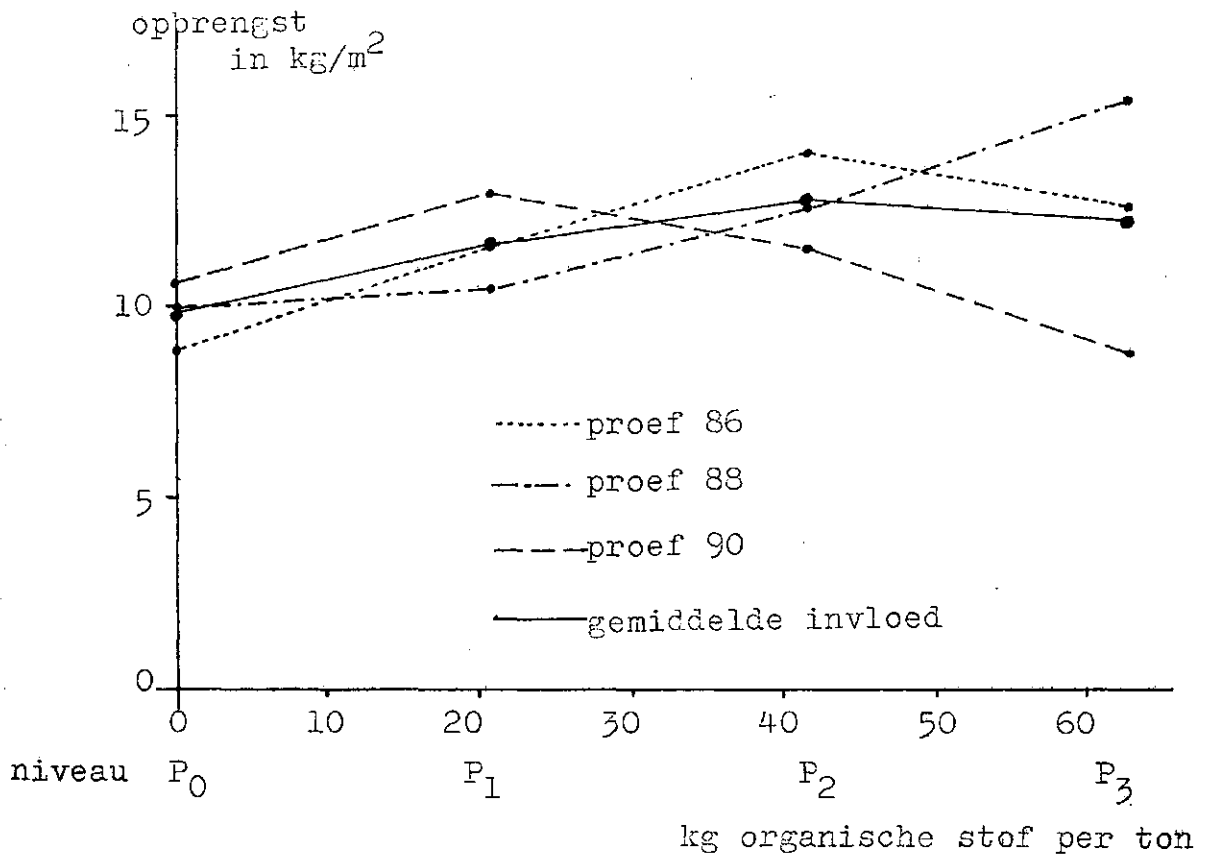


Figuur 2. Verandering in de hoeveelheid lignine, cellulose, pentosanen en koolstof gedurende het uitzweten, de myceliumgroei en de oogst in proef Mi.

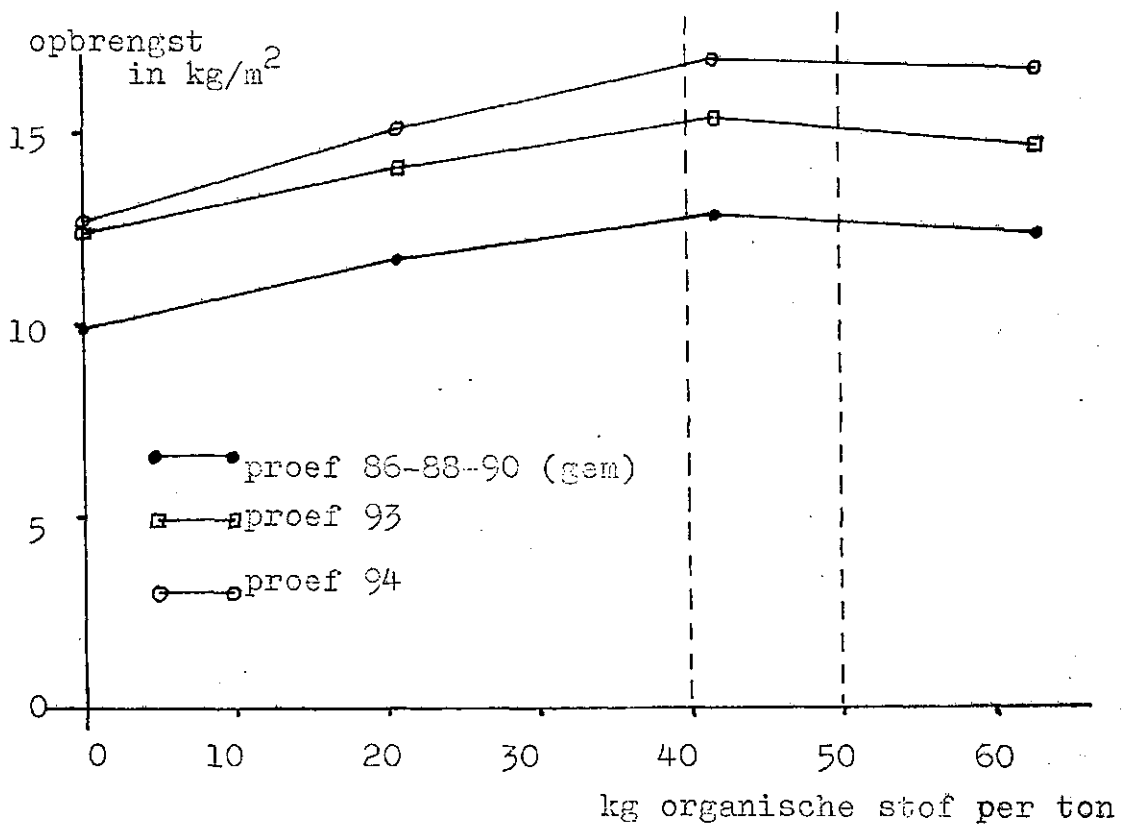


●—●	Proef 96:	$Y = -0,57 X + 57,2$	$(r = -0,98)$
x-----x	" 102:	$Y = -0,058 X^2 + 7,52 X - 229,9$	
Δ-----Δ	" 106:	$Y = -0,45 X + 46,7$	$(r = -0,81)$
o-----o	" 110:	$Y = -0,75 X + 57,0$	$(r = -0,83)$
□-----□	" 114:	$Y = -0,030 X^2 + 3,70 X - 96,3$	
▲-----▲	" 116:	$Y = 0,80 X - 41,5$	$(r = 0,87)$
▼-----▼	" 118:	$Y = 0,21 X + 1,8$	$(r = 0,90)$

Figuur 5. Het verband tussen het vochtgehalte van de compost bij het enten en de opbrengst in kg/m^2 .



Figuur 3. Invloed van diverse hoeveelheden organische stof in de compost op de opbrengst.



Figuur 4. Het verband tussen de hoeveelheid organische stof (kuikemest) in de compost en de opbrengst.