
**Proefstation en Consulentenschap in Algemene Dienst
voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond**

Themadag “Organische stof in de akkerbouw”

themaboekje nr. 7
februari 1986

coördinatie: ir. H. H. H. Titulaer
redactie: ing. P. de Jonge



CONSULENTSCHAP Consulentenschap in Algemene Dienst voor de Akkerbouw en
de Groenteteelt in de Vollegrond, Postbus 369, 8200 AJ
Lelystad, tel. 03200-22714

Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de
Vollegrond, Edelhertweg 1, Postbus 430, 8200 AK Lelystad,
tel. 03200-22714



218 753

Inhoud

Voorwoord	5
Het effect van de toediening van organisch materiaal aan de grond	7
Dr. ir. B. H. Janssen en ir. H. van Reuler, LH, Wageningen	
1. Inleiding	7
2. Organisch materiaal als grondstof voor organische stof	8
3. Organisch materiaal als leverancier van voedingsstoffen	14
4. Organische-stofvoorziening en gewasopbrengsten	17
5. Conclusies	19
Groenbemesting in relatie tot groei, opbrengst en stikstofbenutting van akkerbouwge- wassen	20
L. ten Holte, CABO, Wageningen	
Inleiding	20
Teelt van groenbemestingsgewassen	20
Tarwe-opbrengst en stikstofbemesting	21
Klaverontwikkeling en stikstofbemesting	21
Invloed van groenbemestingsgewassen op de er na volgende hoofdvruchten	23
CABO 458	24
Conclusie	31
Resteffecten, specifieke effecten, structureffecten, nevenwerkingen, humus- en organi- sche-stofwerkingen van organische bemestingen	32
Ir. L. C. N. de la Lande Cremer, IB, Haren	
1. Inleiding	32
2. De bemestingswaarde van organische meststoffen	32
3. Factoren die een rol spelen bij het ontstaan van resteffecten	33
4. Aspecten van resteffecten op bouwland	35
5. Aspecten van resteffecten op grasland	41
6. Samenvatting en conclusies	42
Het effect van organische stof op de bodemstructuur	44
Ir. P. Boekel, IB, Haren	
1. Inleiding	44
2. Onderzoek naar de betekenis van organische stof voor de bodemstructuur	45
3. Gehalte aan organische stof en de verschillende structuuraspecten	46
4. Invloed van verschillende vormen van organische bemesting op de bodemstruc- tuur	51
5. Betekenis van de organische-stofvoorziening in het proces van structuurterug- gang en structuurherstel	52
De effecten van organische-mestdoseringen op de zware-metaalgehalten in de bouw- voor van akkerbouwgronden	54
Dr. ir. T. Breimer, CAD BWB-AT, Wageningen; dr. ir. K. W. Smilde, IB, Haren	
Inleiding	54
Uitgangspunten	54
Effecten van verschillende bemestingsscenario's met een jaarlijkse fosfaataanvoer van 65 kg P ₂ O ₅ per ha	56
Effecten van bemestingsscenario's met een hogere fosfaataanvoer	63
Kanttelingen	64

Samenvatting	64
Bijlage 1	65
Literatuur	66
De toepassing van organische bemesting in bedrijfsverband	68
Ir. H. H. H. Titulaer en ing. O. Hoekstra, PAGV, Lelystad	
Inleiding	68
Effectieve organische stof	69
Groenbemesting	72
Teelttechnische mogelijkheden voor toevoer van organische stof door groenbemes- tingsgewassen	73
Dierlijke mest	74
Conclusie	77
Literatuur	78
Enkele bedrijfseconomische aspecten van de organische-stofvoorziening	79
Ing. H. Preuter, PAGV, Lelystad	
Inleiding	79
Gebied, bouwplan en organische-stofvoorziening	79
Bedrijfsuitkomsten bij de bestaande situatie	80
Bouwplan en groenbemesting	80
Effect van meer groenbemesting	81
Effect van meststoffen van dierlijke oorsprong	81
Samenvatting	83
Bijlagen	83
Literatuur	86

Themadag organische stof d.d. 19 februari 1986

Voorwoord

Het belang van een goede organische-stofvoorziening van de grond wordt in de akker- en tuinbouw reeds lang onderkend. Echter door de intensivering, gepaard gaande met een hoog aandeel van rooivruchten in het bouwplan en een zwaardere mechanisatie van de oogst, zijn de mogelijkheden voor groenbemesting beperkter. Voor de meer kwetsbare grondsoorten blijft een ruime organische-stoftoevoer ter voorkoming van bodemdegradatie noodzakelijk. Niet alleen de hoeveelheid maar ook de aard van de organische stof bepaalt mede de effecten op de bodemstructuur en -vruchtbaarheid en op de gewasgroei. Een viertal inleidingen uit zowel het meer fundamentele als het toegepast onderzoek zullen de diverse aspecten behandelen. Daarbij komen na een algemeen inleidend verhaal "de effecten op bodemstructuur, de bemestingswaarde en het z.g. "resteffect" aan de orde.

Door een groter aanbod van dierlijke organische mest en van rioolslib is het ook noodzakelijk de neveneffecten van dergelijke produkten kritisch te bezien. In een tweetal inleidingen zullen de effecten van organische mest in bedrijfsverband op de kortere en langere termijn toegelicht worden. Hierbij zal ook ingegaan worden op de te verwachten normen voortkomend uit de Wet op de Bodembescherming. Voor de boer en tuinder is ook een kosten/baten afweging van belang. Daarop zal in de laatste inleiding worden ingegaan.

De opzet van de themadag is de nieuwere inzichten uit het onderzoek te presenteren en deze te toetsen aan de randvoorwaarden voor de bedrijfsvoering. Door de inleidingen als boekje te publiceren wordt beoogd, dat de informatie beschikbaar is voor gebruik door onderwijs, voorlichting en praktijk.

Aan de inleiders en de organisatoren van deze dag wordt dank gebracht voor hun bereidheid om mee te werken en voor de inspanningen bij de produktie van het themaboekje.

De Directeur,
dr. ir. J. H. J. Spiertz

Het effect van de toediening van organisch materiaal aan de grond

Dr. ir. B. H. Janssen en ir. H. van Reuler, vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, LH Wageningen

1. Inleiding

Over het algemeen worden met het gebruik van organisch materiaal twee hoofddoelen nagestreefd:

- levering van voedingsstoffen;
- verhoging van het gehalte aan organische stof in de grond.

De betekenis van organisch materiaal als leverancier van voedingsstoffen wordt bepaald door de gehalten aan voedingsstoffen in het organische materiaal en door de snelheid waarmee het organische materiaal wordt afgebroken en de voedingsstoffen eruit vrijkomen.

De verhoging van het gehalte aan organische stof hangt eveneens af van de aantastbaarheid van het organische materiaal. Hoe gemakkelijker en sneller organische materialen worden afgebroken, hoe minder er na een bepaalde tijd over is. M.a.w. de twee hoofddoelen die men met het toedienen van organisch materiaal (hiervoor zullen we kortheidshalve de term organische bemesting gebruiken) wil bereiken kunnen niet tegelijk bereikt worden.

Via de verhoging van het gehalte aan organische stof worden de volgende "neveneffecten" van organische bemesting verkregen:

- a. Verhoging van de kationen-omwisselcapaciteit. Hierdoor neemt de uitspoeling van kationen zoals kalium en magnesium af.
- b. Verbetering van de structuur. De afzonderlijke bodemaggregaten worden stabiel en de samenhang tussen de deeltjes onderling wordt hechter. Daardoor vermindert o.a. de erosiegevoeligheid en de kans op verslemping. Als gevolg van de toenemende aggregatie van de bodemdeeltjes verbetert eveneens de luchthuishouding, waardoor de planten gemakkelijker voedingsstoffen opnemen.
- c. Verhoging van het watervasthoudend vermogen van de grond. Behalve het rechtstreekse effect op de opbrengst via een verbeterde watervoorziening voor de plant is er ook een indirect effect. Er is dan een grotere hoeveelheid oplosmiddel voor voedingsstoffen en een grotere mobiliteit van deze stoffen en soms is er minder uitspoeling, daar de grond meer water kan bergen voordat het water naar de ondergrond zakt.
- d. Bevordering van de groeiomstandigheden voor de bodemfauna en -microflora. Als onder deze organismen vijanden van ziekteverwekkers voorkomen kan organische bemesting vermindering van ziekten en plagen tengevolge hebben. Daar staat tegenover dat soms met organisch materiaal juist ziekteverwekkers aangevoerd worden. Dit effect is een meer rechtstreeks gevolg van organisch materiaal, terwijl de onder a, b en c genoemde effecten voornamelijk tot stand komen nadat het organische materiaal in humus is omgezet.
- e. Opbouw van een buffer aan voedingsstoffen, m.n. N, P en S.

Behalve de genoemde hoofdeffecten wordt aan organische bemesting vaak nog een "resteffect" toegekend. Volgens sommige onderzoekers scheiden de organische materialen "fysiologisch actieve stoffen" af die groeibevorderend werken. Anderen schrijven het "resteffect" toe aan het feit dat de voedingsstoffen uit organisch materiaal geleidelijk vrijkomen, waardoor de plant ze beter kan benutten dan bij dezelfde gift ineens.

Een bijzondere toepassing van organisch materiaal is die ter bescherming van de bodem. Mulchen heeft vooral ten doel de bovengrond te beschermen tegen de zon. Daardoor droogt de grond minder uit en loopt de bodemtemperatuur minder sterk op, hetgeen weer gunstig is voor het bodemleven. Daarnaast beschermt een mulchlaag de grond tegen de destructieve werking van intensieve regenbuien. Ook door groenbemesters en andere bodembedekkers wordt de grond beschermd.

2. Organisch materiaal als grondstof voor organische stof

Het organisch materiaal dat na toediening wordt afgebroken kan niet meer bijdragen aan een verhoging van het organische-stofgehalte. Men spreekt in dit verband van de humificatie-coëfficiënt: het gedeelte van het aangevoerde organische materiaal dat na één jaar nog aanwezig is als organische stof in de grond. Deze term suggereert, dat de overblijvende organische stof "humus" is geworden. Vroeger werd dat ook gedacht of in ieder geval gemakshalve aangenomen. Tegenwoordig geeft men er echter de voorkeur aan om de term humus te reserveren voor die bestanddelen van de organische stof in de grond, die zover zijn omgezet dat de plantaardige en dierlijke resten waaruit ze zijn ontstaan, visueel noch chemisch herkend kunnen worden. Dit proces kan langer dan één jaar duren. Daarom is het correcter om over organische stof i.p.v. humus te praten. De hoeveelheid organische stof die één jaar na toedienen van het organische materiaal nog aanwezig is, wordt thans wel met de naam effectieve organische stof aangeduid (Consulentschap voor Bodemaangelegenheden, 1980).

Een ander begrip dat in dit kader wordt gehanteerd is de ophopingsfactor. Daaronder wordt verstaan de stijging van het gehalte aan organische stof in procenten absoluut na 10 jaarlijkse giften organisch materiaal ter grootte van 0,1% van het bouwvoorgewicht (0,1% komt overeen met ca. 3000 kg organisch materiaal per ha, ofwel ca. 21 ton verse stalmest).

In tabel 1 worden de humificatie-coëfficiënt en de ophopingsfactor voor enkele veelgebruikte typen van organisch materiaal gegeven. De snelheid waarmee de teruggevonden fractie vermindert, wordt met verloop van tijd kleiner. Op den duur wordt, onder Nederlandse omstandigheden, gemiddeld slechts 2% van de in de bodem aanwezige organische stof afgebroken. In Australië rekent men 4% en voor tropisch laagland 8% per jaar.

Tabel 1. Fractie van de organische stof, teruggevonden na verloop van tijd en ophopingsfactor (naar Bakker, 1973 en Kolenbrander, 1969, 1974).

	na 1 jaar ¹	2 jaren	3 jaren	ophopingsfactor
groene massa	0,20	0,16	0,14	0,08%
groenbemesters	0,25	—	—	0,12%
stro	0,30	0,20	0,17	0,15%
wortels van gewassen	0,35	—	—	0,18%
stalmest	0,50	0,39	0,32	0,30%
loofboomstrooisel	0,60	0,45	0,36	0,42%
naaldboomstrooisel	0,65	0,50	0,39	0,48%
zaagsel	0,75	0,64	0,55	0,61%
turfmalm	0,85	0,77	0,71	0,75%

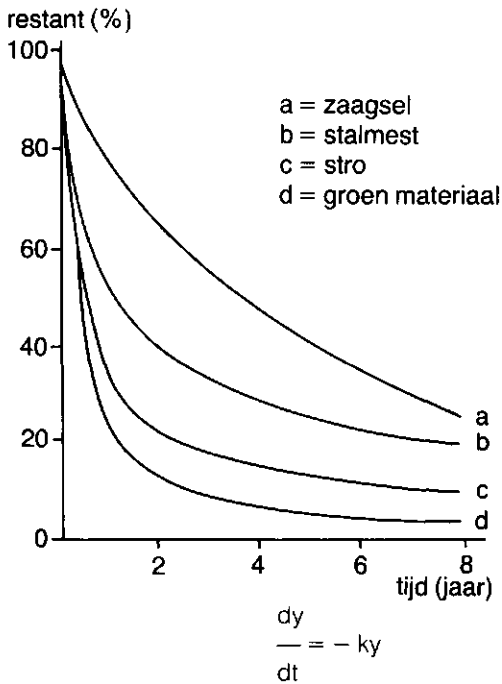
—: geen gegevens

¹ humificatie-coëfficiënt of fractie effectieve organische stof

Dat de afbraaksnelheid met verloop van tijd steeds minder wordt, is als volgt te verklaren. Het organische materiaal bestaat uit verschillende verbindingen: suikers, cellulose, lignine (= houtstof), e.a. Tijdens de omzettingsprocessen verdwijnen eerst de gemakkelijk afbreekbare verbindingen, zoals suikers, gevolgd door cellulose. Het restant wordt daardoor relatief steeds rijker aan lignine en daarmee steeds moeilijker afbreekbaar.

Groen materiaal bevat relatief veel gemakkelijk afbreekbare verbindingen en zaagsel bevat relatief veel lignine. Daardoor breekt groen materiaal sneller af dan zaagsel (fig. 1). Stro en stalmest nemen een tussenpositie in.

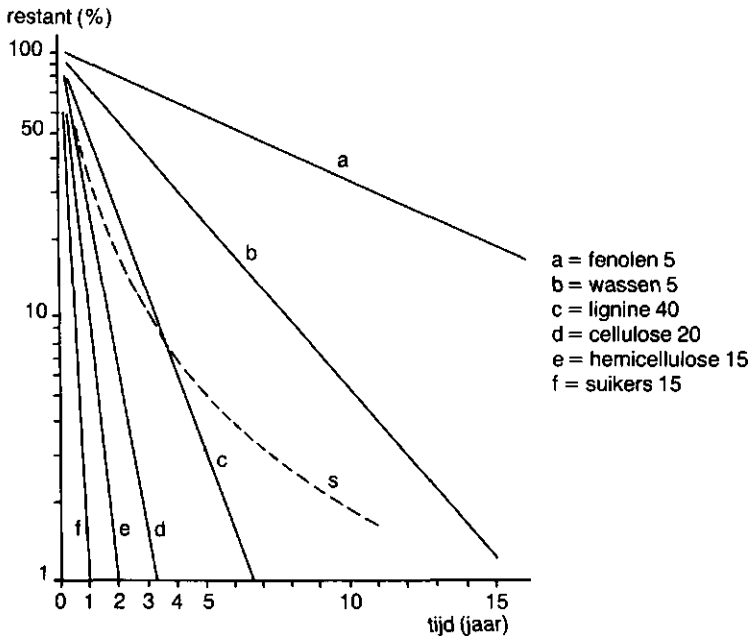
In figuur 1 wordt het verloop van de hoeveelheid overgebleven organisch materiaal als percentage van de eenmalig toegediende hoeveelheid grafisch weergegeven. Als de snelheid van afbraak van organisch materiaal constant zou zijn, zou gelden:



Figuur 1. Terugggevonden hoeveelheden organische stof als percentage van de toegediende hoeveelheid in landbouwgronden na een eenmalige toediening (naar Kolenbrander, 1969 en 1974).

(1)

waarin y = de hoeveelheid organisch materiaal, en
 k = de constante afbraaksnelheid.



Figuur 2. Voorstelling van de theoretische afbraak van afzonderlijke organische verbindingen in plantmateriaal, waarbij het restant logaritmisches tegen de tijd is uitgezet.

Lijn S is de sommatie van de afzonderlijke componenten. Met de getallen achter de namen van de verbindingen wordt het relatieve aandeel in % van de verbindingen in het uitgangsmateriaal aangegeven (naar Minderman, 1968).

Integreren van vergelijking 1, waarbij voor de integratieconstante $\ln y_0$ wordt ingevuld, levert $\ln y = -kt + \ln y_0$, m.a.w. als de logaritme van de hoeveelheid overgebleven materiaal wordt uitgezet tegen de tijd, moet een rechte lijn ontstaan. Dit is inderdaad juist voor zuivere componenten, maar niet voor organisch materiaal dat uit meerdere verbindingen bestaat. De rechte lijnen en sommatiekromme worden gedemonstreerd in figuur 2.

Als men het verloop van de hoeveelheid organisch materiaal na een eenmalige toediening kent, kan de opbouw van de organische stof berekend worden door de restanten van opeenvolgende toedieningen op te tellen.

Organische stof die gedurende de laatste jaren is opgebouwd, wordt soms "jonge organische stof" genoemd. Dit is een slecht gedefinieerde term, omdat niet duidelijk is wat onder "de laatste jaren" verstaan wordt. In feite wordt bedoeld: de organische stof opgebouwd vanaf het eerste jaar dat in de berekeningen betrokken wordt. Om van organische stof te kunnen spreken, moet het organisch materiaal minstens één jaar in de grond aanwezig zijn.

Een voorbeeld van een dergelijke sommatie wordt gegeven in tabel 2. De tabel geeft tevens cijfers voor de afbraak van organische stof. De jaarlijkse afbraak wordt berekend als het verschil tussen de aanvoer van "nieuwe" organische stof en de groei van de totale hoeveelheid organische stof. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de totale afbraak en de afbraak van "jonge" organische stof.

Tabel 2. Berekening van de opbouw van (jonge) organische stof, wanneer jaarlijks 100 eenheden stal-mest worden toegediend.

rangnummer mestgift	jaren na de eerste mestgift						
	1	2	3	4	5	6	7
1	60	44	35	30	26	24	22
2		60	44	35	30	26	24
3			60	44	35	30	26
4				60	44	35	30
5					60	44	35
6						60	44
7							60
totaal opbouw	60	104	139	169	195	219	241
jaarlijkse totale afbraak	40	56	65	70	74	76	78
jaarlijkse afbraak jonge organische stof	0	16	25	30	34	36	38

De jaarlijkse aanvoer van jonge organische stof bedraagt y_1 (= 60), de jaarlijkse groei bedraagt y_t . De afbraak van de jonge organische stof gedurende het t-de jaar is dus:

$$Dt = y_1 - y_t \quad (2)$$

Voorbeeld: afbraak van jonge organische stof in het vierde jaar is, $y_1 - y_4 = 60 - 30 = 30$.

De totale afbraak, inclusief de afbraak van het eerstejaars materiaal is: $X - y_4 = 100 - 30 = 70$, waarbij X = hoeveelheid jaarlijks aangevoerd vers organisch materiaal.

Naarmate meer organische stof is opgebouwd, wordt de afbraak per jaar groter. Theoretisch blijft de hoeveelheid jonge organische stof groeien, totdat de afbraak ervan gelijk is aan de jaarlijkse aanvoer van nieuwe jonge organische stof. Dan wordt het evenwicht bereikt en geldt: aanvoer is afvoer, oftewel:

$$hX = kY \quad (3)$$

waarin: hX = effectieve organische stof

Y = alle organische stof die langer dan één jaar in de grond aanwezig is; dus $Y = y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_\infty$

k = afbraakcoëfficiënt.

Op basis van gegevens over ondergeploegd stro, wortel- en stoppelresten, ondergeploegd loof en van de humificatiecoëfficiënten van deze materialen is te berekenen welk organische-stofgehalte bij continue teelt van verschillende gewassen bereikt zou worden (tabel 3).

Tabel 3. Evenwichtsgehalten organische stof onder continue teelt van verschillende gewassen.

gewas	onderdeel	humific. coëfficiënt	aanvoer org. mat. kg ha ⁻¹	effectieve org. stof kg ha ⁻¹	organische stof g kg ⁻¹	
					per onderdeel	totaal
wintertarwe	wortel	0,40	1600	640	10,7	
	kaf + stroresten	0,30	3600	1080	18,0	28,7
	stro	0,35	3300	1155	19,3	48,0
aardappel	wortel	0,40	500	200	3,3	
	bladresten	0,20	2700	540	9,0	
	oogstresten	0,20	800	160	2,7	15,0
suikerbiet	wortel	0,40	500	200	3,3	
	bladresten	0,20	700	140	2,3	
	oogstresten	0,20	300	60	1,0	6,7
	blad + kop	0,20	4500	900	15,0	21,6
erwt	ondergronds	0,40	400	160	2,7	
	bovengronds	0,30	100	30	0,5	3,2
	loof	0,20	1500	300	5,0	8,2
vlas	ondergronds	0,40	200	80	1,3	
	bovengronds	0,30	100	30	0,5	1,8

Veronderstellingen: – bouwvoorgewicht = $3 \cdot 10^6$ kg ha⁻¹, dus $1 \text{ g kg}^{-1} = 3 \cdot 10^3 \text{ kg ha}^{-1}$ org. stof
 – gemiddeld wordt 2% per jaar afgebroken
 – aanvoer organisch materiaal volgens Consulentenschap Bodemaangelegenheden Landbouw (1980).

Met de wortels van wintertarwe wordt 1600 kg ha^{-1} organisch materiaal aangevoerd met een humificatiecoëfficiënt van 0,4. Nu geldt: $0,4 \times 1600 = 0,02 \times Y$. Hieruit volgt: $Y = 32.000 \text{ kg}$ organische stof of wel $32.000 \cdot 10^3 : 3 \cdot 10^6 = 10,7 \text{ g kg}^{-1}$ organische stof (men realiseert zich $10 \text{ g kg}^{-1} = 1\%$ organische stof).

In tabel 4 wordt de aanvoer van effectieve organische stof in een gangbaar bouwplan met het daarbij behorende evenwichtsgehalte berekend. Gebruik van groenbemesters in combinatie met onderploegen van bietebled en stro resulteert in een organische-stofgehalte dat tweemaal zo hoog is als wanneer deze maatregelen niet genomen worden. Toch is ook dan het gehalte nog niet hoog. Meer effect is te verwachten van stalmest, omdat bij de gebruikelijke stalmestgiften de hoeveelheid effectieve organische stof ongeveer $3000\text{-}5000 \text{ kg ha}^{-1}$ bedraagt.

Tabel 4. Evenwichtsgehalten organische stof in een driejarige rotatie aardappelen, suikerbieten, wintertarwe, al dan niet met Italiaans raaigras als ondervrucht. Veronderstellingen en gegevens als voor tabel 3.

gewas	effectieve organische stof, kg ha ⁻¹	organische stof, g kg ⁻¹	
		per gewas	rotatie- gemiddelde
aardappelen	900	15,0	
suikerbieten	400	6,7	
wintertarwe	1720	28,7	16,8
ondervrucht Italiaans raaigras	1340	22,3	24,2
stro	1155	19,3	30,7
kop + blad suikerbieten	900	15,0	35,7

Tabel 5. Hoeveelheid organisch materiaal nodig om het gehalte aan organische stof in de bouwvoor (t.o.v. een controle) in een periode van 10 jaar met 1% (= 30.000 kg org. stof; 1680 kg N) te verhogen.

	groen- bemesters	wortel + stoppel	org. stof in stalmest	zaagsel	turf- molm
jaarlijkse gift, kg ha ⁻¹	28.000	19.000	10.000 ¹	6.500	5.000
ha ha ⁻¹	6	4	—	—	—
N-gehalte, g kg ⁻¹	25	10	35	5	10
aangevoerde N in 10 jaar, kg	7.000	1.900	3.500	325	500
vrijgekomen N tijdens de opbouw van de org. stof, kg	5.320	220	1.820	- 1.355	- 1.380

percentage van de opgebouwde organische stof dat overblijft als na 10 jaar met de aanvoer van organisch materiaal wordt gestopt.

over na	1 jaar	2 jaar	3 jaar	4 jaar	5 jaar	10 jaar
	76	65	57	52	49	38
	80	69	62	56	53	42
	86	77	70	65	61	50
	90	83	77	73	69	58
	93	88	83	80	77	66

¹ d.i. 72.000 kg stalmest

Tabel 5 laat zien wat men moet doen om in een periode van 10 jaar het gehalte aan organische stof met 1% te verhogen. Ruw gezegd komt het erop neer, dat gedurende die tijd ieder jaar de produktie van 4-6 ha op één ha geconcentreerd moet worden. Stopt men na die 10 jaren met deze grote aanvoer, dan daalt het gehalte aan organische stof weer snel, omdat de opgebouwde organische stof nog "jong" is en snel wordt afgebroken. Het advies "verhoog het gehalte aan organische stof" wordt dan ook gemakkelijker gegeven dan het kan worden opgevolgd.

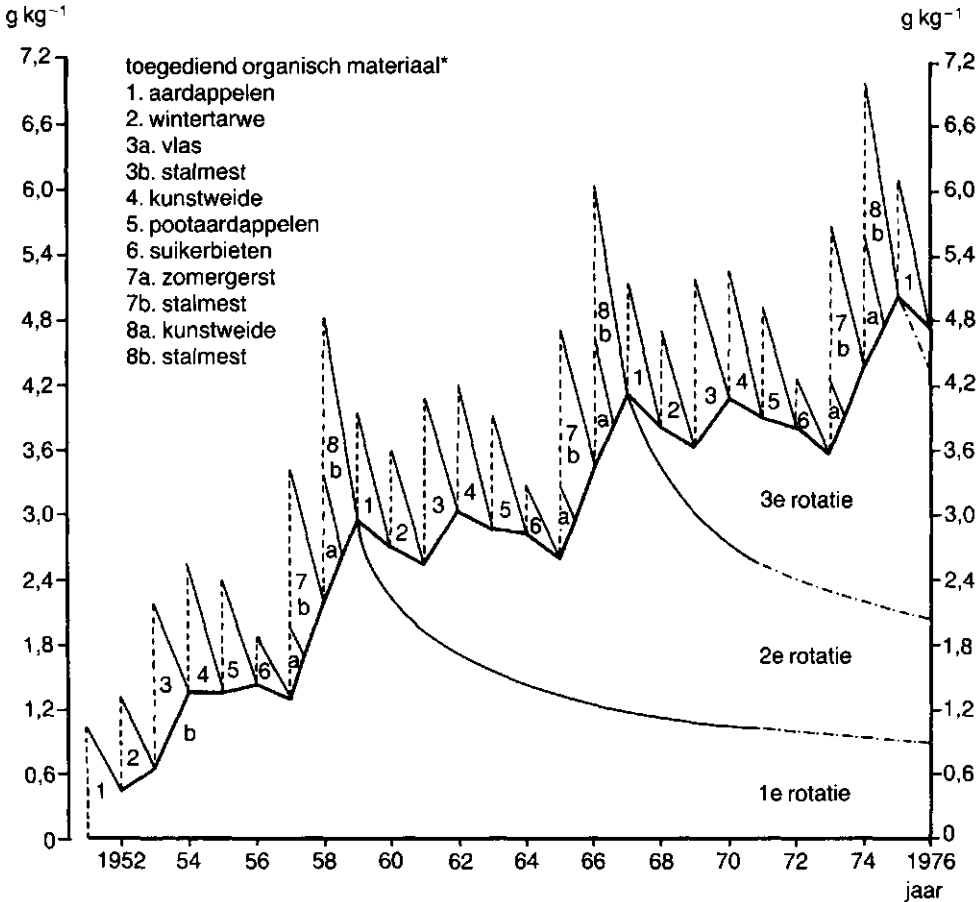
In de praktijk heeft men zelden te maken met jaarlijks dezelfde toediening van organisch materiaal. De berekeningen kunnen echter even goed worden uitgevoerd als jaarlijks verschillende materialen in verschillende hoeveelheden worden toegediend.

Als voorbeeld kan hiervoor dienen het object Wisselweide (WW) van de Drie Organische-Stofbedrijven te Nagele. In tabel 6 wordt de berekening van de opbouw van jonge organische stof voor de eerste vijf jaar voor WW gegeven.

Tabel 6. Berekening van de opbouw van jonge organische stof (> één jaar) op Wisselweide gedurende de jaren 1951-1956 op het perceel met consumptie-aardappelen als eerste gewas.

jaar	aanvoer organisch materiaal			over in				
	ondergeploegde resten van	hoeveelheid kg ha ⁻¹	humificatie- coëfficiënt	1952	1953	1954	1955	1956
1951	cons. aard.	3500	0,4	1400	869	643	520	444
1952	wintertarwe	3000	0,4		1200	745	551	446
1953	vlas	300	0,4			120	75	55
	stalmest	4900	0,6			2940	2141	1718
1954	kunstweide	4000	0,3				1200	681
1955	pootaard.	3500	0,4					1400
totaal				1400	2069	4448	4487	4744
jaarlijkse afbraak (excl. 1e jaar)					531	681	1161	1143

In figuur 3 wordt de opbouw voor de periode 1951-1976 gegeven. De figuur laat zien dat de opbouw met horten en stoten verliep: een sterke toename van de hoeveelheid organische stof na de toediening van stalmest (jaren 3 en vooral 7 en 8) en een afname wanneer alle suikerbietresten (jaar 6) als nieuw organisch materiaal werd toegevoegd. In de tweede en derde cyclus waren de gewasresten van aardappelen (1 en 5) en wintertarwe evenmin voldoende om de afbraak van de reeds aanwezige organische stof te compenseren.

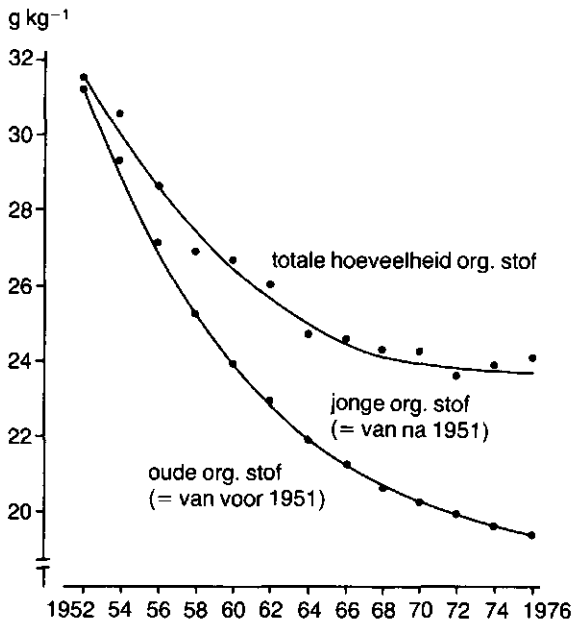


Figuur 3. De opbouw van jonge organische stof op Wisselweide, in de bouwvoor 0-25 cm met een volumieke massa van $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$ ($= 1,35 \text{ g cm}^{-3}$), waarbij 1 g kg^{-1} grond gelijk is aan $3,3 \text{ ton ha}^{-1}$ (naar Janssen, 1984).

* Tenzij anders vermeld, wordt bedoeld wortel- en stoppelresten van de genoemde gewassen.

Terwijl de jonge organische stof wordt opgebouwd, gaat de afbraak van de reeds in de grond aanwezige organische stof natuurlijk gewoon door. Zo bleek dat de totale hoeveelheid organische stof in de grond van Wisselweide in de periode 1952-1976 toch afnam.

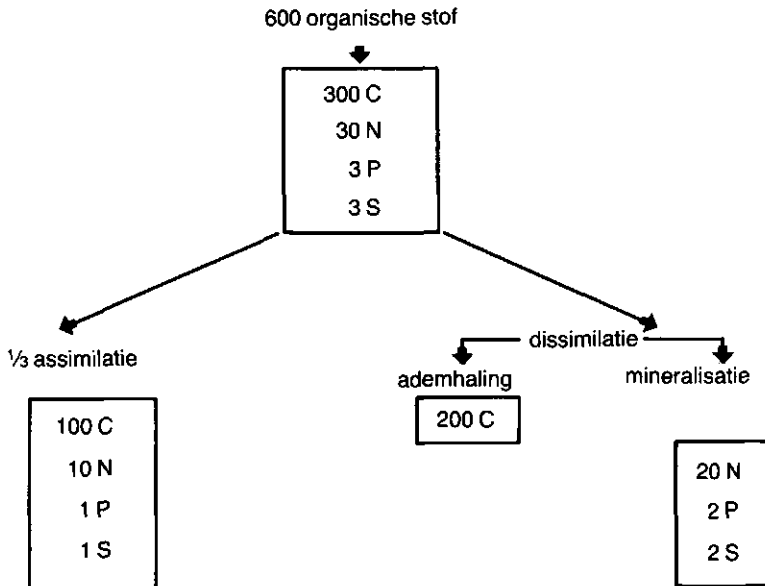
In figuur 4 wordt het verloop van de organische stof gevormd voor 1951 en gevormd na 1951 getoond.



Figuur 4. Verloop van de organische stof van voor 1951, organische stof gevormd sinds 1951 en het totale organische-stofgehalte in de bouwvoor (0-25 cm) van het object Wisselweide (volumieke massa, $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$).

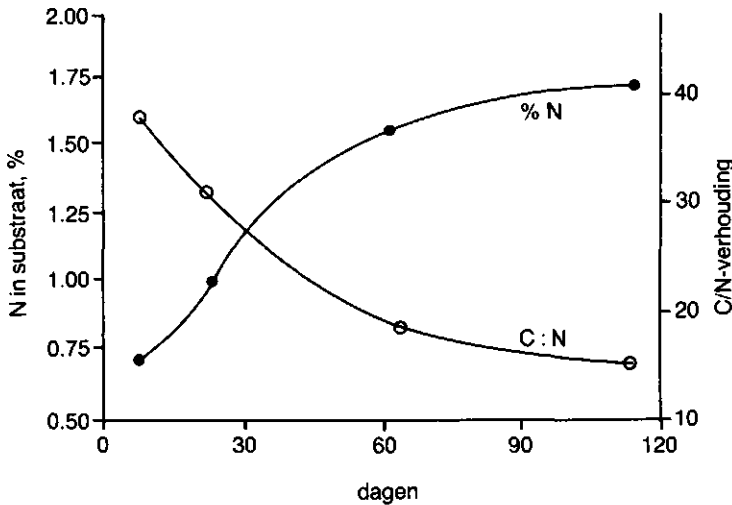
3. Organisch materiaal als leverancier van voedingsstoffen

In organisch materiaal zijn de voedingsstoffen voor een belangrijk deel aanwezig als onderdeel van organische verbindingen. In die vorm zijn ze voor planten niet opneembaar. Het organisch materiaal moet eerst gemineraliseerd worden. Mineralisatie is het omzetten van organische verbindingen in anorganische (= minerale) verbindingen. De eindproducten bij volledige mineralisatie zijn CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , H_2PO_4^- , S^{2-} , en SO_4^{2-} . De omzetting van organisch materiaal geschiedt door micro-organismen (bacteriën, schimmels, actinomyceten).



Figuur 5. Schematische voorstelling van het lot van C, N, P en S bij de afbraak van 600 gewichtseenheden organische stof.

Gemiddeld gebruiken schimmels tweederde van de organische stof om de energie voor hun levensfunctie te verkrijgen en eenderde deel bouwen ze – na meer of minder vergaande omzettingen – in hun eigen cellen in. Anders uitgedrukt: de organische stof wordt door schimmels voor tweederde dissimilair en voor eenderde assimilair gebruikt. Schematisch is dit proces weergegeven in figuur 5. Van iedere 300 gram C verdwijnt 200 gram als CO₂ en wordt 100 gram ingebouwd in de cellen. In deze cellen is de (massa)verhouding C:N:P:S gemiddeld ongeveer 100:10:1:1. Per 100 gram geassimileerde C is dus 10 gram N, 1 gram P en 1 gram S nodig. Rekenkundig is er dan juist genoeg stikstof om aan de assimilatiebehoefte te voldoen als het C/N-quotiënt $300/10 = 30$ bedraagt. Als het C/N-quotiënt lager is, blijft er anorganische stikstof over: netto-stikstofmineralisatie. Als het C/N-quotiënt groter is dan 30, dan is er te weinig stikstof in de mest zelf aanwezig om de afbraak ervan vlot te laten verlopen. De micro-organismen moeten dan of stikstof uit een externe bron betrekken (netto-immobilisatie) of beginnen met de afbraak van de componenten die het rijkst zijn aan stikstof. Dat kunnen cellen van reeds aanwezige micro-organismen zijn. In zulke gevallen daalt tijdens de afbraak van organisch materiaal het C/N-quotiënt, m.a.w. stijgt het stikstofgehalte ("indikken van stikstof"), zoals getoond wordt in figuur 6.

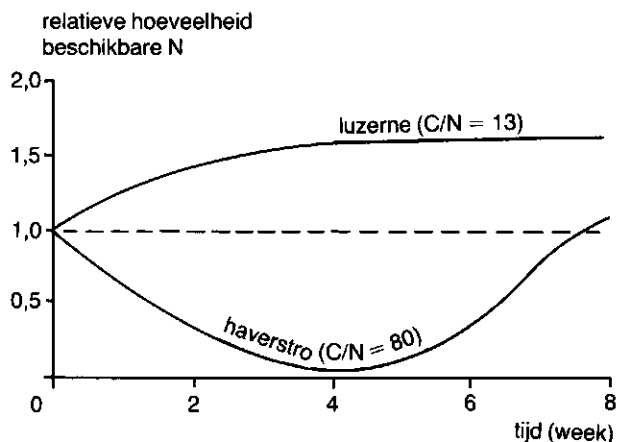


Figuur 6. Veranderingen in het N-gehalte en in de C/N-verhouding tijdens de microbiologische afbraak van gerstestro (naar Van den Hende et al., geciteerd in Alexander, 1977).

De immobilisatie van anorganische stikstof door micro-organismen gaat ten koste van de hoeveelheid voor de plant beschikbare stikstof (figuur 7) en daardoor van de stikstofopname door de plant. De opbrengst van het gewas is dan lager dan wanneer geen organisch materiaal zou zijn toegediend.

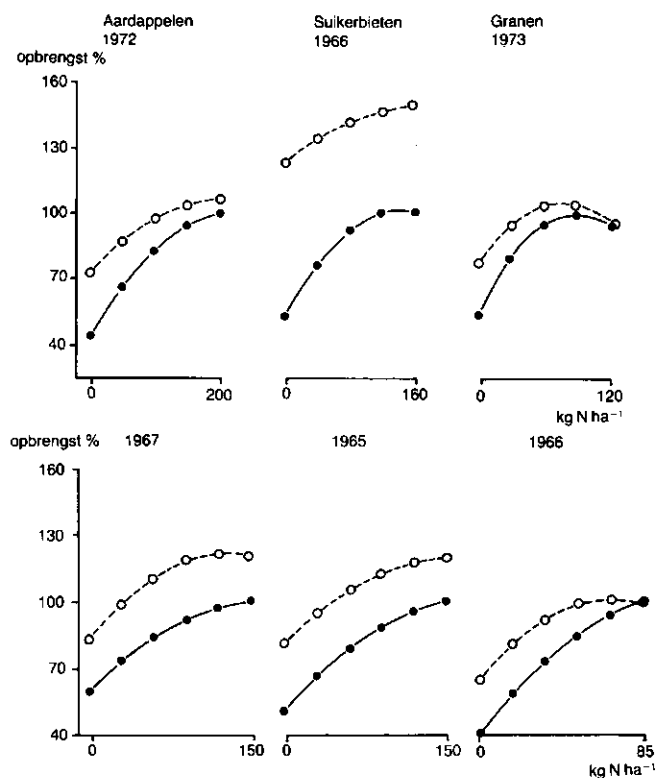
Immobilisatie van stikstof kan echter ook gunstig zijn. Na onderploegen van stro (C/N ca. 80) in de herfst wordt stikstof geïmmobiliseerd, zodat hij niet kan uitspoelen gedurende de winter. Als in de daaropvolgende jaren de micro-organismen, waarin de stikstof was ingebouwd, worden afgebroken, komt de stikstof geleidelijk ter beschikking van de dan groeiende gewassen.

In de inleiding is aangegeven dat de leverantie van voedingsstoffen uit organisch materiaal bepaald wordt door de gehalten aan voedingsstoffen en door de aantastbaarheid van het organisch materiaal voor micro-organismen. Min of meer "toevallig" geldt, dat organisch materiaal met een laag C/N-quotiënt sneller mineraliseert dan organisch materiaal met een hoog C/N-quotiënt. In het geval van een hoog C/N-quotiënt zal meestal de geringe beschikbaar-



Figuur 7. De invloed van het C/N-quotiënt van ondergeploegd organisch materiaal op de beschikbare hoeveelheid N in de loop van de tijd (naar Donahue et al., 1983).

heid van stikstof de beperkende factor voor de afbraaksnelheid zijn. Voegt men stikstof toe, dan wordt de afbraak versneld. Bij materiaal als stro is die versnelling van de afbraak veel duidelijker te merken dan voor bijvoorbeeld houtsnippers. Dat komt omdat stro relatief veel, in principe tamelijk gemakkelijk afbreekbare, cellulose bevat en relatief weinig moeilijk afbreekbare lignine, terwijl hout juist rijk is aan lignine.



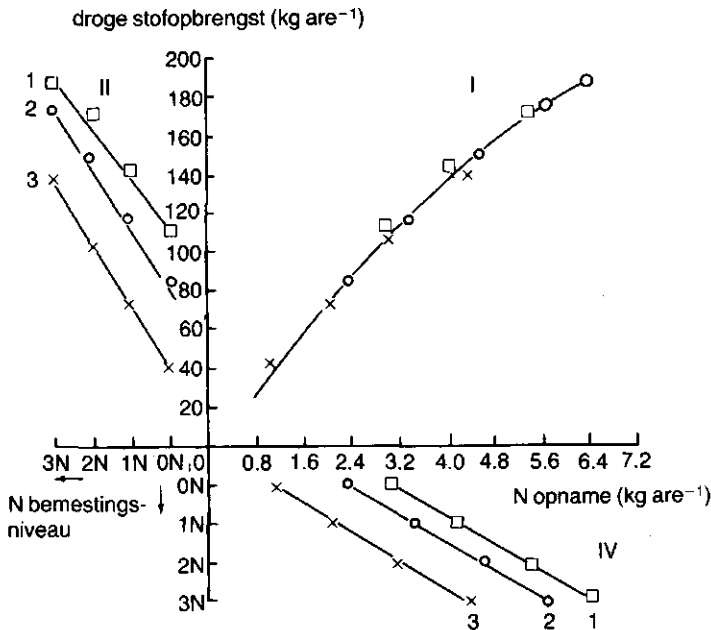
Figuur 8. Relatieve gewasopbrengsten in proeven met (○---○) en zonder (●---●) stalmest. De maximum opbrengst zonder stalmest is gesteld op 100% (naar De Haan, 1977).

4. Organische-stofvoorziening en gewasopbrengsten

Ondanks het feit dat aan organische stof en organisch materiaal vele gunstige eigenschappen kunnen worden toegekend, uit dit zich lang niet altijd in verhoging van de opbrengst van de gewassen. Blijkbaar zijn de door organisch materiaal verbeterde factoren niet altijd groei-limiterend geweest.

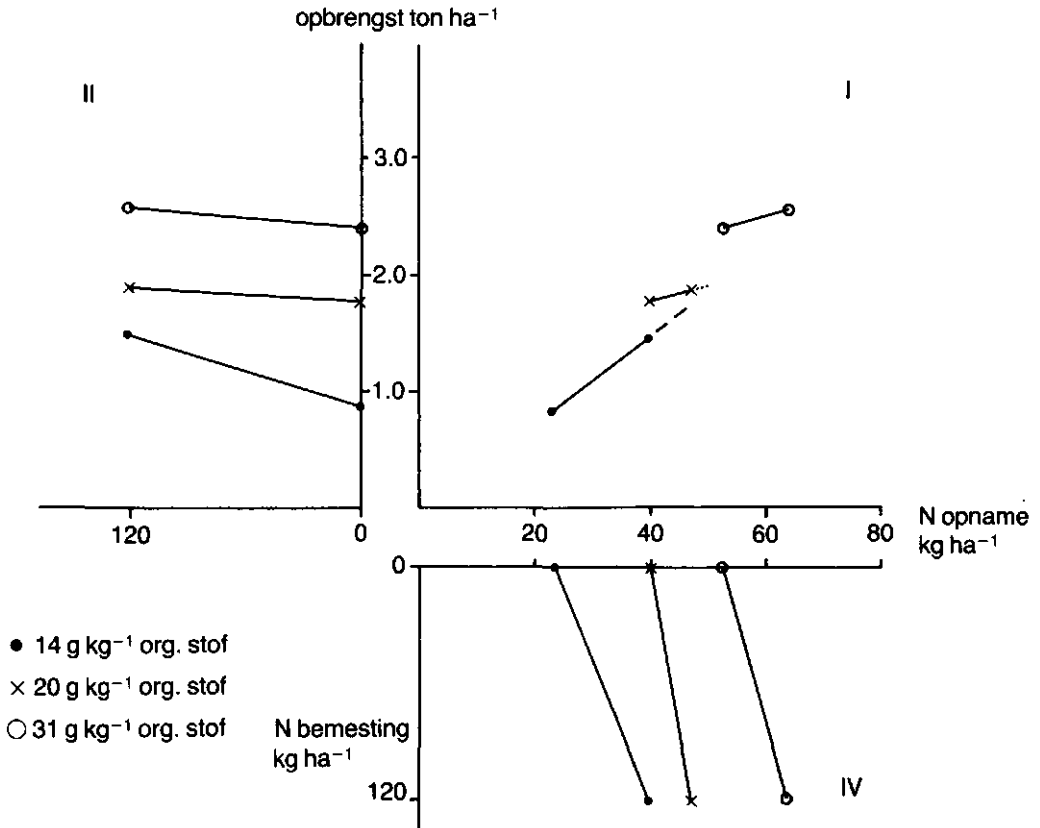
Figuur 8 kan als representatief worden beschouwd voor een groot aantal proeven in West-Europa: in sommige gevallen kan het positieve effect van organische bemesting ook worden bereikt met wat extra kunstmeststikstof, in andere gevallen zijn de opbrengsten niet door verhoging van de kunstmestgift te evenaren. De laatste situatie doet zich vooral voor bij de rooivruchten suikerbieten en aardappelen, de eerste situatie wordt gewoonlijk bij granen aangetroffen. In het algemeen blijft de vraag waaraan de extra opbrengst t.g.v. organisch materiaal moet worden toegeschreven onbeantwoord. Mogelijke verklaringen zijn: verbetering van de structuur en daardoor zuurstofvoorziening van de wortels; de verbetering van de waterlevering aan de plant; het organisch materiaal werkt als een langzaam werkende stikstofmeststof; het beperken of voorkomen van zoutschade door besparing op hoge kunstmestgiften; het minder optreden van ziekten en plagen bij een goede organische-stofvoorziening; voorziening van fysiologisch actieve substanties. In de voordracht van De la Lande Cremer wordt het resteffect uitvoerig besproken.

Vaak is het effect van organische mest voornamelijk een zaak van extra stikstof, zoals bijvoorbeeld bleek in een onderzoek van Hoogerkamp (1973). Behalve de drogestofopbrengst werd ook de stikstofopname bepaald (figuur 9). Het organische-stofeffect weergegeven in kwadrant II bleek in werkelijkheid een stikstofbemestingseffect te zijn. Een hoger organische-stofgehalte leidde bij gelijke kunstmeststikstofgiften tot een hogere stikstofopname (kwadrant IV), maar de relatie tussen opgenomen stikstof en opbrengst was voor alle objecten gelijk.



Figuur 9. Verband tussen de stikstofbemesting, de stikstofopname en de drogestofopbrengst van gras bij: 1 = kunstmatig verhoogd org. stofgehalte; 2 = evenwichtsniveau org. stofgehalte; 3 = kunstmatig verlaagd org. stofgehalte; (naar Hoogerkamp, 1973).

Eenzelfde type driekwadrantengrafiek voor resultaten behaald op zanderijgronden in Suriname toont echter een ander beeld (figuur 10). In deze figuur is het organische-stofeffect duidelijk zichtbaar in de relatie stikstofopname-maïsoopbrengst. De lijn in het eerste kwadrant voor de grond met 31 g kg⁻¹ organische stof ligt hoger dan die voor de grond met 20 g kg⁻¹ organische stof, terwijl de laatste weer boven die van de grond met 14 g kg⁻¹ organische stof ligt. M.a.w. met eenzelfde hoeveelheid opgenomen N kon het gewas meer korrels produceren op de grond met een relatief hoog gehalte aan organische stof dan op de grond met een relatief laag gehalte aan organische stof.



Figuur 10. Verband tussen de N-bemesting, N-opname en korrelopbrengst (12% vocht) van maïs op een drietal Surinaamse gronden met een verschillend organische-stofgehalte (gewijzigd naar Janssen en Verveda, 1983).

Het verschil tussen de situaties getoond in de figuren 9 en 10 moet worden gezocht in de overige eigenschappen van de gebruikte gronden. Het onderzoek in Nederland werd verricht op een zware kleigrond, dat in Suriname daarentegen op zandgronden zonder minerale reserve, slecht doorwortelbaar, een kleigehalte van 10%, terwijl het kleimineraal het inactieve kaoliniet was. De kationenomwisselcapaciteit van de minerale bestanddelen van de grond was niet meer dan 5 mmol(+) kg⁻¹ grond (0,5 meq per 100 g grond). Met andere woorden: in de Surinaamse gronden hingen alle "goede" eigenschappen, zoals de kationenomwisselcapaciteit, beschikbaar water, doorwortelbaarheid, af van het organische-stofgehalte, terwijl de Nederlandse grond klaarblijkelijk alleen t.a.v. de stikstofvoorziening nog te verbeteren viel.

5. Conclusies

Met het toedienen van organisch materiaal wordt een belangrijke bijdrage geleverd aan het instandhouden van de chemische en fysische bodemvruchtbaarheid.

Het organische-stofgehalte in de bodem is de resultante van aan- en afvoerprocessen. Het evenwichts-organische-stofgehalte is afhankelijk van o.a. bodemeigenschappen, klimaatsfactoren en bodemgebruik. Een permanente verhoging van het organische-stofgehalte kan alleen dan bereikt worden indien permanent grote hoeveelheden organisch materiaal worden toegeediend.

Het effect van de toediening van organisch materiaal is voornamelijk een N-effect, daarnaast komen ook andere voedingsstoffen ter beschikking van de plant.

Effecten als structuurverbetering zijn alleen merkbaar als de structuur een beperkende factor voor de gewasproductie is. Hetzelfde geldt bijvoorbeeld voor het effect van het vrijkomen van fysiologisch actieve stoffen en het extra vochtvasthoudende vermogen. Het laatste kwam bijvoorbeeld tot uiting in de extreem droge zomer van 1976, waarbij onder verder vergelijkbare omstandigheden de gewassen op bodems met een hoger organische-stofgehalte minder droogteschade leden. In de volgende lezing van Ir. Boekel zal dit aspect ook ter sprake komen.

Literatuur

- Alexander, M., 1977. Introduction to soil microbiology. John Wiley and Sons, New York, 467 pp.
- Bakker, Y., 1973. Organische stofnormen en de toepassing hiervan. De Buffer 19: 57-71.
- Consulentschap voor Bodemaangelegenheden in de Landbouw, 1980. Organische stof in de akkerbouw. Vlugschrift voor de Landbouw 317, 12 pp.
- Donahue, R. L., R. W. Miller and J. C. Shickluma, 1983. Soils. An introduction to soils and plant growth. 5th Ed. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 667 pp.
- Haan, de. S., 1977. Humus, its formation, its relation with the mineral part of the soil, and its significance for soil productivity. In: Soil organic matter studies, I.A.E.A., Vienna, vol. I: 21-30.
- Hoogerkamp, M., 1973. Accumulation of organic matter under grassland and its effects on grassland and on arable crops. Agric. Res. Rep. 806, 24 pp.
- Iritani, W. M. and C. Y. Arnold, 1960. Nitrogen release of vegetable crop residues during incubation as related to their chemical composition. Soil Sci. 89: 74-82.
- Janssen, B. H. en H. W. Verveda, 1983. Organische stof en bodemvruchtbaarheid. Collegedictaat 06174311. Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, LH, Wageningen, 215 pp.
- Janssen, B. H., 1984. A simple method for calculating decomposition and accumulation of "young" soil organic matter. Plant and Soil 76, 297-304.
- Kolenbrander, G. J., 1969. De bepaling van de waarde van verschillende soorten organische stof ten aanzien van hun effect op het humusgehalte bij bouwland. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, 17 pp.
- Kolenbrander, G. J., 1974. Efficiency of organic manure in increasing soil organic matter content. Trans. 10th Int. Congr. Soil Sci., Moscow, vol. 2: 129-136.
- Kortleven, J., 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Versl. Landbouwk. Onderzoek 69.1. Pudoc, Wageningen, 109 pp.
- Minderman, G., 1968. Addition, decomposition and accumulation of organic matter in forests. J. Ecol. 56: 355-362.

Groenbemesting in relatie tot groei, opbrengst en stikstofbenutting van akkerbouwgewassen

L. ten Holte, Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, Wageningen

Inleiding

Als gevolg van de toenemende bouwplanvernaauwing, met name het grote aandeel hakvruchten daarin, en de toegenomen mechanisatie is er voor de handhaving van de bodemvruchtbaarheid en een goede bewerkbaarheid van de grond op veel akkerbouwbedrijven een grotere noodzaak voor groenbemesting.

Ten aanzien van de bodemvruchtbaarheid speelt de organische-stofvoorziening in relatie tot de koolstof- en stikstofhuishouding van de grond een belangrijke rol.

Uit modelonderzoek van Janssen blijkt, dat voor een goede stikstofvoorziening van het gewas vooral de recent toegevoerde organische stof, de zgn. jonge humus, van groot belang is. Afhankelijk van de aard van de toegevoerde organische stof blijkt de mineralisatie van stikstof uit jonge humus aanzienlijk hoger dan uit oude humus.

In het kader van het streven naar een meer efficiënte benutting van kunstmeststikstof is het van belang na te gaan wat de invloed is van verschillende groenbemesters op de stikstofreactie van akkerbouwgewassen (o.a. aardappelen en suikerbieten).

In vergelijking tot grasgroenbemesters is er kwantitatief weinig bekend van de betekenis van klavers als groenbemester voor de opbrengst en de stikstofhuishouding van gewassen. Wel is gebleken, dat het mogelijk is een hoge opbrengst van de dekvruucht tarwe te doen samengaan met een geslaagde, onder dekvruucht gezaaide witte klaver als groenbemestingsgewas. De slagingskans van de groenbemester is afhankelijk van het teeltsysteem dat voor de tarwe als dekvruucht wordt toegepast.

Om meer inzicht te krijgen in de betekenis van groenbemestingsgewassen voor de stikstofhuishouding van volggewassen zijn de volgende aspecten nader onderzocht:

- A. de waarde van gras en klaver als groenbemestingsgewassen in intensieve teeltsystemen, met name hun betekenis ten aanzien van opbrengstniveau en stikstofrendement;
- B. de stikstofhuishouding van bodem en gewas in teeltsystemen met en zonder groenbemesters.

In deze bijdrage zullen een aantal resultaten van dit onderzoek worden besproken.

Teelt van groenbemestingsgewassen

Groenbemestingsgewassen kunnen op verschillende manieren worden geteeld. Vroeger werden groenbemesters hoofdzakelijk als stoppelgewas na granen geteeld, waarbij na de oogst van het hoofdgewas eerst tussen de te velde staande hokken werd gezaaid en na het binnenhalen van het graan de rest werd ingezaaid. De groenbemester werd meestal in de herfst voor veevoer geoogst, waarna alleen de oogstresten en de ondergrondse delen een bijdrage leverden als groenbemesting.

De verschuivingen binnen het bouwplan leidden er toe dat op de zandgronden de granen grotendeels werden vervangen door maïs, aardappelen en suikerbieten. Daardoor werd de teelt van groenbemesters steeds minder mogelijk, terwijl op de zavel- en kleigronden door bouwplanvernaauwing en omschakeling van gemengde bedrijven naar akkerbouwbedrijven de behoefte aan veevoer steeds kleiner werd. De behoefte aan groenbemesters voor het handhaven van de natuurlijke bodemvruchtbaarheid begon daarentegen een steeds grotere plaats in te nemen.

Uit een onderzoek in Z.W. Nederland is gebleken dat op 25 tot 30% van het bouwlandareaal

de teelt van groenbemestingsgewassen gerealiseerd kon worden.

Door de opkomst van de maaidorser en de daarmee gepaard gaande latere oogst van de granen werd tijdige inzaai van een groenbemester steeds moeilijker en de slagingskans daardoor kleiner. De belangstelling voor de inzaai van een groenbemester in het voorjaar onder dekvrucht nam daardoor weer toe.

Onder die omstandigheden is de slagingskans van gras t.o.v. klaver veel hoger, reden waarom de laatste tijd hoofdzakelijk gras als onderzaai wordt gekozen en geen klaver. Toch blijft klaver een aantrekkelijk groenbemestingsgewas, omdat daarmee extra stikstof in de grond wordt gebracht.

De proeven die hier worden besproken, hebben vooral betrekking op de teelt van klaver onder dekvrucht en zijn daarmee ook direct vertaalbaar naar grassen, aangezien de klavers gevoeliger zijn dan de grassen.

Aangezien een hoge stikstofgift in het voorjaar altijd leidt tot bladrijkere tarwegewassen, en daarmee een slechtere concurrentiepositie voor de ondervrucht, is getracht deze nadelige werking van de stikstofbemesting te ondervangen door de gift te delen.

De proeven werden uitgevoerd op rivierklei (stroomrugggrond, 60% afslibbaar) van proefboerderij De Bouwing te Randwijk in de Betuwe en op zavelgrond (36% afslibbaar) van proefboerderij De Eest te Nagele in de Noordoostpolder.

In de proeven werd het tarwe-ras Arminda en het witte klaverras Tamar geteeld na voorvrucht aardappelen.

In 1977 werd aan alle objecten op 10 maart een vroege gift van 40 kg N/ha gegeven.

Tevens werd, om eventuele legering van de tarwe te voorkomen, een object met chloormequat (2 l per ha), gespoten in stadium 6 à 7 (schaal van Feekes), in de proeven opgenomen.

Tarwe-opbrengst en stikstofbemesting

In tabel 1 wordt de tarwe-opbrengst weergegeven in verband met de hoeveelheid en de wijze van toedienen van de stikstof. Terwille van de overzichtelijkheid zijn alleen de resultaten rond de optimale stikstofgift gegeven. Meer dan 70 kg per ha N vroeg, bijvoorbeeld 105 of 140 kg en later de rest, gaf altijd lagere opbrengsten dan een combinatie met 35 kg of 70 kg vroeg.

Tabel 1. Tarwe-opbrengst in kg per are (17% vocht) in relatie tot de hoeveelheid en de wijze van toedienen van de stikstof.

N-deling	N-gift totaal (kg/ha)								
	105			140			175		
	105	70+35	35+70	140	70+70	35+105	175	70+105	35+140
Bouwing 1978	73	73	76	74	76	76	72	75	76
Bouwing 1979	72	76	75	75	76	75	72	75	75
Eest 1978	95	98	100	97	100	103	97	103	105
Eest 1979	79	81	78	81	85	81	81	86	82

In beide jaren werd op de twee bedrijven de hoogste tarwe-opbrengst verkregen door gedeelde toepassing van de stikstof. De optimale wijze van toedienen verschilt van jaar tot jaar.

In 1978 werd de hoogste opbrengst op beide bedrijven verkregen door 35 kg N vroeg en de rest later toe te dienen, in 1979 was dat bij 70 kg N vroeg.

Klaverontwikkeling en stikstofbemesting

Aangezien de opbrengsten van stoppelklaver in hoge mate worden bepaald door het tijdstip waarop de tarwe wordt geoogst en de groeiomstandigheden tijdens het naseizoen, kan het

gebeuren dat een klavergewas dat mooi gelijkmatig onder de dekvruucht vandaan is gekomen en uiteindelijk een volledige grondbedekking geeft en dus als goed geslaagd mag worden beschouwd, toch een zeer geringe oogstbare opbrengst levert. Het was daarom aantrekkelijk de klaverontwikkeling in een waarderingscijfer weer te geven, dat min of meer een maat is voor de grondbedekking ten tijde van het ploegen.

In de tabellen 2, 3 en 4 betekenen de waarderingscijfers:

2= slecht, onregelmatig, grondbedekking minder dan 15%.

4= open, onbevredigend gewas, grondbedekking ongeveer 40%.

6= bevredigend geslaagd gewas, grondbedekking ongeveer 80%.

8= goed geslaagd regelmatig gewas, grondbedekking 100%.

10= zeer zwaar, dicht gewas.

In een groeizaam jaar kan cijfer 6 overeenkomen met 15 ton verse massa per ha en cijfer 10 met 30 ton verse massa; dit komt overeen met ongeveer 1800 en 3600 kg droge stof per ha. In overeenstemming met vroegere ervaringen zien we in tabel 2 dat een hoge stikstofbemesting van de tarwe ineens toegediend in het voorjaar zeer ongunstig is voor de ontwikkeling van de klaver.

Tabel 2. Waarderingscijfer voor de stand van de klaver bij het onderploegen in verband met de in het voorjaar in één keer gegeven stikstof. Voor verklaring van de cijfers zie tekst.

	N-gift als eenmalige gift in voorjaar (kg N/ha)			
	70	105	140	175
Bouwing 1978	7	7	4	2
Bouwing 1979	9	7	6	4
Eest 1978	7	6	4	2
Eest 1979	8	6	3	1

In tabel 3 wordt de stand van de klaver weergegeven in verband met de hoeveelheid en de wijze van toedienen van de stikstof.

Alleen de resultaten betrekking hebbend op objecten rond de optimale N-bemesting voor wintertarwe zijn weergegeven.

Tabel 3. Waarderingscijfers voor de stand van de klaver bij het onderploegen in verband met de hoeveelheid en de wijze van toedienen van de stikstof. Voor verklaring van de cijfers zie tekst.

N-deling	N-gift totaal (kg N/ha)								
	105			140			175		
	alles vroeg	70 vr. 35 lt.	35 lt. 70 lt.	alles vroeg	70 vr. 70 lt.	35 lt. 105 lt.	alles vroeg	70 vr. 105 lt.	35 lt. 140 lt.
Bouwing 1978	7	6	7	4	4	6	2	4	6
Bouwing 1979	7	8	9	6	8	9	4	7	9
Eest 1978	6	6	8	4	6	8	2	5	7
Eest 1979	6	8	9	3	7	9	1	7	9

We zien dat op beide bedrijven in beide jaren een optimale stand van de klaver werd verkregen wanneer de stikstof gedeeld werd toegediend en in het voorjaar niet meer dan 35 kg N per ha werd gegeven. Wanneer 35 kg N in het voorjaar werd gegeven blijkt meer stikstof bij late bemesting in 1979 helemaal geen en in 1978 slechts een geringe negatieve invloed op de ontwikkeling van de klaver te hebben.

Zoals we in tabel 1 hebben gezien werd in 1978 door in het voorjaar niet meer dan 35 kg N te geven, tevens de hoogste tarwe-opbrengst verkregen. In 1979 werd de hoogste tarwe-op-

brengrst gehaald wanneer 70 kg N in het voorjaar werd gegeven en de rest later. In tabel 3 zien we dat daardoor de stand van de klaver minder goed werd, maar dat de stand van het gewas, in tegenstelling tot bij de in 1978 vroeg gegeven 70 kg stikstof, toch nog heel bevredigend was.

In tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de waarderingscijfers voor de stand van de klaver bij de voor de tarwe optimale wijze van toedienen van de stikstof.

Tabel 4. Waarderingscijfers voor de stand van de klaver bij de voor tarwe optimale wijze van toedienen van de stikstof (in 1978 35 kg vroeg, in 1979 70 kg vroeg). De waarderingscijfers bij de voor de tarwe optimale N-hoeveelheid, 105 kg op De Bouwing en 175 kg op De Eest zijn cursief. Voor verklaring van de cijfers zie tekst.

	Kg N per ha optimaal toegediend			
	70	105	140	175
Bouwing 1978	8	7	6	6
Bouwing 1979	9	8	8	7
Eest 1978	8	8	8	7
Eest 1979	8	8	7	7

Het is duidelijk dat de in tabel 2 geïllustreerde ongunstige werking van meer stikstof op de tarwe op de stand van de ondervrucht nauwelijks nog aanwezig is bij gedeeld toedienen van de stikstof. Zelfs bij zeer hoge N-bemesting en de daarmee samengaannde hoge tarwe-opbrengst, in 1978 op De Eest ruim 10.000 kg per ha, werd een voor groenbemesting alleszins bevredigend klavergewas verkregen.

Invloed van groenbemestingsgewassen op de erna volgende hoofdvruchten

De proeven zijn vanaf 1981 op dezelfde twee proefboerderijen uitgevoerd.

De verschillende groenbemestingsgewassen worden in het voorjaar (maart/april) in de dekvrucht wintertarwe gezaaid met de normale zaaimachine.

De vruchtopvolging in de verschillende proeven staat in tabel 5.

Tabel 5. Overzicht van de vruchtopvolging op de verschillende proefvelden.

	De Eest (Nagele)	
	CABO 458	CABO 528
1981	tarwe + groenb.	—
1982	suikerbieten	tarwe + groenb.
1983	tarwe + groenb.	suikerbieten
1984	aardappelen	tarwe + groenb.
1985	tarwe + groenb.	—
	De Bouwing (Randwijk)	
	CABO 440	CABO 527
1981	tarwe + groenb.	—
1982	aardappelen	tarwe + groenb.
1983	tarwe + groenb.	suikerbieten
1984	suikerbieten	tarwe + groenb.
1985	z.gerst + groenb.	aardappelen

Per parallel zijn er 6 groenbemestingsobjecten nl. 3 objecten met gras (waarop na de oogst van de tarwe resp. 0, 100 of 200 kg N per ha wordt gestrooid), witte klaver, rode klaver en een object zonder groenbemestingsgewas.

Alle proeven worden in de herfst geploegd. Over elk groenbemestingsobject worden in voorjaar na het zaaien of poten van de hoofdvruucht 5 stikstoftrappen aangelegd (per proefveld verschillende hoeveelheden). Deze vijf stikstoftrappen worden alleen in de hoofdvruuchten aardappelen of bieten aangelegd, de tarwe krijgt een normale (niet al te zware) praktijkbemesting.

Kali en fosfaatbemesting zijn gelijk aan de praktijkgift. De invloed van de verschillende groenbemesters op de erna volgende hoofdvruuchten wordt hierna behandeld.

CABO 458

Deze proef heeft nu een volledige cyclus doorlopen (tabel 5). De drogestof- en stikstofopbrengsten van de groenbemestingsgewassen die in 1981 en 1983 zijn geteeld staan in tabel 6.

Tabel 6. Drogestof- en stikstofopbrengsten van verschillende groenbemestingsgewassen.

Objecten	29-10-'81		11-11-'83	
	droge stof ton ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	droge stof ton ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹
gras + 0 N	2,2	30	1,0	14
gras + 100 N	3,8	96	3,7	71
gras + 200 N	5,0	136	4,4	102
witte klaver	3,5	99	2,7	64
rode klaver	4,7	112	2,5	59

De stikstofopbrengsten van het object gras + 0 kg stikstof is de hoeveelheid stikstof die door mineralisatie gedurende de groeiperiode van het gras in de herfst is vrijgekomen en door het gras is opgenomen. Bij het object 100 kg N op het gras werd in 1981 en 1983 resp. 66 en 57% en bij 200 kg N resp. 53 en 44% in het gras teruggevonden bij het onderploegen.

De "recovery"-cijfers liggen in werkelijkheid hoger, aangezien ook een deel in de stoppel en wortels zit.

De hoofdvruucht was in 1982 suikerbieten.

In maart, juni en oktober is de hoeveelheid anorganische stikstof in een aantal lagen in het profiel bepaald (tabel 7).

Tabel 7. Hoeveelheden anorganische stikstof (kg ha⁻¹) in de verschillende bodemlagen op de gegeven data.

Objecten	1-3-'82		3-6-'82		18-10-'82	
	0-60 cm	60-100 cm	0-60 cm	60-100 cm	0-60 cm	60-100 cm
geen groenbemesting	38	29	82	29	14	5
gras + 0 N	31	18	93	45	15	5
gras + 100 N	55	23	119	59	17	7
gras + 200 N	125	53	129	96	15	6
witte klaver	60	23	147	51	16	8
rode klaver	70	25	140	53	15	6

Tabel 8 geeft een overzicht van de hoeveelheden anorganische stikstof die zijn gemineraliseerd t.o.v. het object zonder groenbemester.

Tabel 8. Overzicht van de hoeveelheid anorganische stikstof in het profiel (0-100 cm) van het object zonder groenbemester en de verschillen tussen die hoeveelheid en die onder de groenbemestingsobjecten.

Objecten	1 maart	3 juni	verschil
geen groenbemesting	67 kg	111 kg	44 kg
gras + 0 kg N/ha	- 18 kg	+ 27 kg	+45 kg
gras + 100 kg N/ha	+ 11 kg	+ 67 kg	+56 kg
gras + 200 kg N/ha	+111 kg	+114 kg	+ 3 kg
witte klaver	+ 16 kg	+ 87 kg	+71 kg
rode klaver	+ 28 kg	+ 82 kg	+54 kg

Het object gras + 0 N had op 1 maart minder stikstof in het profiel dan het object zonder groenbemesting omdat opname van stikstof heeft plaatsgevonden en deze stikstof is nog niet door mineralisatie vrijgekomen.

Het verschil tussen 1 maart en 3 juni geeft de hoeveelheid stikstof die gedurende deze drie maanden is gemineraliseerd.

Voor de groenbemestingsobjecten is de hoeveelheid van het object zonder groenbemesting afgetrokken, aannemend dat de basismineralisatie voor alle objecten gelijk is.

In de derde kolom staat de hoeveelheid anorganische stikstof die extra is vrijgekomen door de toepassing van een groenbemester.

Onder het object gras + 200 kg N is er tussen 1 maart en 3 juni weinig extra anorganische stikstof vrijgekomen. Waarschijnlijk hebben we hier te maken met een soort evenwicht, waarbij er evenveel stikstof vastgelegd wordt als er mineraliseert.

De grote hoeveelheid anorganische stikstof in het voorjaar betreft ten dele stikstof die niet door het gras in de herfst is opgenomen en als anorganische stikstof in de bodem is achtergebleven, hetgeen ook blijkt uit tabel 7 die aantoont dat op 1 maart en 3 juni nog veel stikstof in de laag 60-100 cm zit.

Zoals bekend nemen suikerbieten veel stikstof op gedurende het groeiseizoen. Uit het onderzoek blijkt dat de opname tussen de 140 en 340 kg N per ha ligt. Bij bemonstering na de oogst is dan ook praktisch geen anorganische stikstof in het profiel aanwezig (tabel 7) en dat geldt ook voor objecten waarop een hoge kunstmeststikstofbemesting werd toegediend.

Tabel 9 geeft een overzicht van de stand van de suikerbieten op 19 juli 1982. De werking van de groenbemesters komt duidelijk tot uiting in de standcijfers: bv. rode klaver + N₂ heeft een zelfde stand als de suikerbieten zonder groenbemester met de hoogste kunstmeststikstofgift.

Gras + 0 kg N en het object zonder groenbemesting hebben vergelijkbare standcijfers.

Tabel 9. Stand van de suikerbieten op 19 juli 1982; 10 = goed, 5 = matig, licht gewas.

Objecten	N-trappen					gemiddeld
	N ₁ = 0	N ₂ = 60	N ₃ = 120	N ₄ = 180	N ₅ = 240	
geen groenbemesting	1,5	5,5	5,0	6,8	8,3	5,4
gras + 0 N	2,8	4,0	5,3	7,3	8,5	5,6
gras + 100 N	5,3	6,3	7,0	8,5	9,0	7,2
gras + 200 N	4,5	7,0	7,8	8,5	9,0	7,4
witte klaver	7,0	8,3	8,8	9,0	9,5	8,5
rode klaver	6,8	8,3	8,3	8,3	9,3	8,2
gemiddeld	4,6	6,6	7,0	8,1	8,9	

De opbrengsten van de verschillende gewassen in 1982, '83, '84 en '85 staan in de figuren 2 t/m 5.

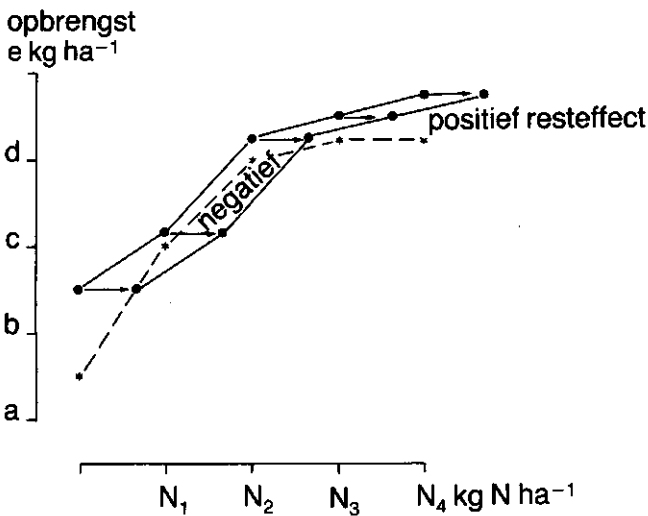
Op de horizontale as staan de kunstmeststikstofgiften en op de verticale as de bij het gewas behorende opbrengst.

De lijn ★---★ geeft in alle grafieken het verband tussen de stikstofgift en de opbrengst van het object zonder groenbemesting (de referentie).

De volgende codes worden gebruikt:

- ——— ● = gras + 0 kg N per ha
- x ——— x = gras + 100 kg N per ha
- o ——— o = gras + 200 kg N per ha
- ——— ■ = witte klaver
- ——— □ = rode klaver

In de figuren 2 t/m 5 zijn lijnen (—) geconstrueerd door vanuit het punt groenbemesting + 0 kg kunstmeststikstof (op de hoofdvruucht) de punten evenwijdig met X-as te verschuiven tot het raak- of snijpunt met de lijn van het object zonder groenbemesting. Figuur 1 geeft hiervan een voorbeeld. Vanaf dit raakpunt of snijpunt loopt de lijn evenwijdig aan de originele (van het groenbemestingsobject) en kan men afleiden of er een positief, negatief of geen resteffect aanwezig was t.o.v. het object zonder groenbemesting.



Figuur 1. Illustratie van de verplaatsing van de lijnen binnen de grafiek.

De hoeveelheid stikstof op de X-as geeft van de geconstrueerde lijn de hoeveelheid aan die afkomstig is van de groenbemester + de toegediende kunstmeststikstof in het voorjaar.

Bijvoorbeeld de N gift op de X-as is 120 kg voor het object zonder groenbemesting dan is in fig. 2a voor gras + 100 kg N de hoeveelheid stikstof 57 kg (door het gras geleverd) + 63 kg (uit de kunstmest) = 120 kg stikstof.

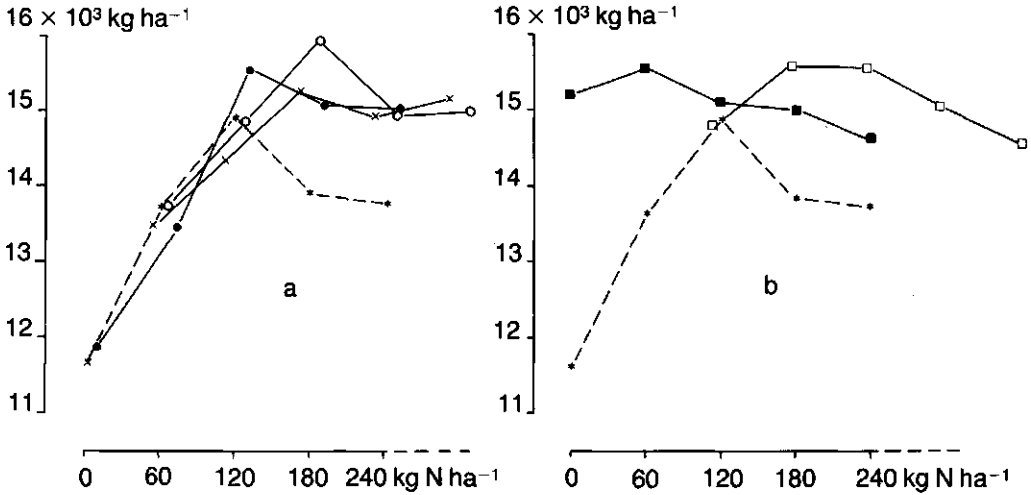
Als de aldus geconstrueerde lijn samenvalt met de lijn van het object zonder groenbemesting dan is er geen resteffect van de groenbemester en is het effect een puur stikstof-effect.

Loopt de lijn er boven dan is er een positief resteffect van de groenbemester.

De resteffecten kunnen van verschillende aard zijn zoals effecten op totale drogestofproductie, verhouding wortel/totale drogestof, % suiker, beworteling, opname van nutriënten, vocht-

voorziening, die alle zowel positief als negatief kunnen werken.

Op de oorzaken van de resteffecten wordt in dit verhaal niet verder ingegaan gezien de grote onzekerheid, al zijn er aanwijzingen dat voor bieten een andere drogestof verdeling plaatsvindt onder invloed van groenbemesting.



Figuur 2. Verband tussen de hoeveelheid stikstof en de suikeropbrengst. CABO 458 De Eest 1982.

In figuur 2a blijkt een positief resteffect van de grassen na een bemesting met 60 kg kunstmeststikstof.

Witte klaver geeft ook een positief resteffect op de suikeropbrengst, terwijl bij rode klaver geen vergelijking mogelijk is aangezien deze overall een hogere opbrengst geeft dan het object zonder groenbemesting (figuur 2b).

Uit figuur 2a blijkt dat het gras bemest met 100 of 200 kg N in de herfst, ongeveer 60 kg N levert. Strooit men meer stikstof in het voorjaar (X-as) dan neemt de opbrengst eerst op dezelfde wijze toe als op het object zonder groenbemesting, terwijl bij hogere N giften er een positief resteffect is van alle grasobjecten.

Witte en rode klaver geven bij alle stikstoftrappen een positief resteffect.

De hoeveelheid stikstof die in de herfst op het gras is gestrooid komt maar voor een klein deel ter beschikking van de bieten zoals blijkt uit tabel 10.

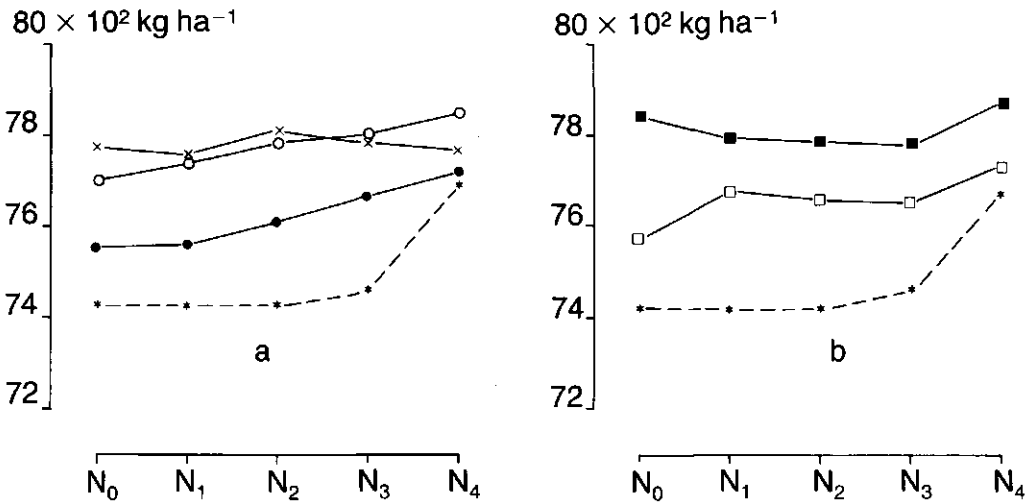
Tabel 10. De invloed van de groenbemester en de stikstofgift op de maximale suikeropbrengst per ha.

groenbemester	Object	kunstmeststikstof kg ha⁻¹	maximale suikeropbrengst ton ha⁻¹
gras + 0 N		120	15,5
gras + 100 N		120	15,3
gras + 200 N		120	16,0
witte klaver		60	15,6
rode klaver		60	15,6
geen		120	14,9

Hieruit blijkt dus dat het effect van de aan het gras toegediende stikstof op de suikeropbrengsten niet bijzonder groot is.

De stikstof die gedurende het groeiseizoen niet ter beschikking van de bieten komt heeft waarschijnlijk een positieve bijdrage geleverd aan de bodemvruchtbaarheid via vastlegging in het humuscomplex, aangezien na de oogst van de bieten het profiel geen stikstof meer bevatte.

Deze positieve bijdrage aan de bodemvruchtbaarheid komt duidelijk tot uiting in de opbrengst van de na de suikerbieten geteelde tarwe (figuur 3).



Figuur 3. Verband tussen de stikstoftrappen in de suikerbieten 1982 en de tarwe opbrengst. CABO 458 De Eest 1983.

Bij het object zonder groenbemesting is alleen een opbrengstverhoging waargenomen bij de hogere stikstoftrappen (in de bieten toegediend) als nawerking, terwijl bij de groenbemestingsobjecten bij alle oude stikstoftrappen (in de bieten) een positief resteffect werd gemeten.

Er moet opgemerkt worden dat alle objecten in de tarwe dezelfde stikstofgift hebben gehad en dat de opbrengstverschillen dus het gevolg van resteffecten zijn.

De opbrengstverhoging veroorzaakt door de groenbemesters was minimaal 100 kg en maximaal ongeveer 400 kg tarwe. De opbrengsten van de aardappelen in 1984 zijn in figuur 4 op dezelfde manier weergegeven als de bieten.

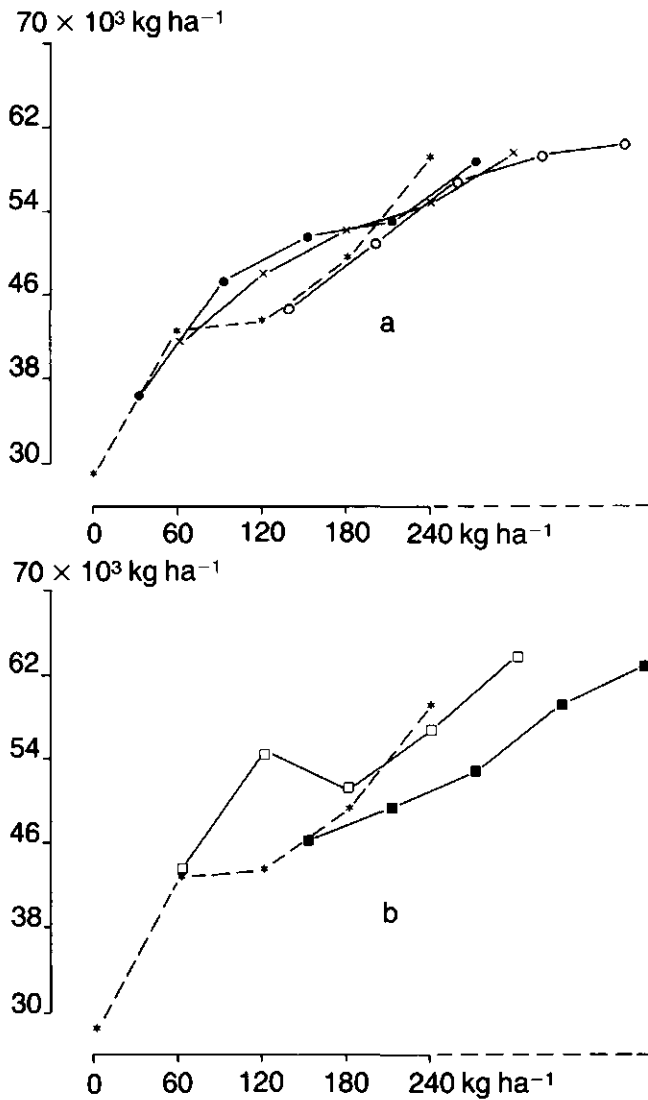
De kunstmeststikstof geeft op de objecten zonder groenbemesting een sterke opbrengstverhoging.

De nalevering van stikstof uit de groenbemesters neemt bij de drie grasobjecten toe van 30 kg tot 120 kg N en bij de klavervan 60 tot 150 kg N.

Bij gras + 0 kg N en bij gras + 100 kg N gaf het gras eerst een positief resteffect maar bij hogere N-giften werd dit negatief. Het object gras + 200 kg N gaf bij alle N-trappen een negatief resteffect.

De opbrengsten waren bij de hoge kunstmeststikstoftrappen wel gelijk maar dat had wel meer stikstof gekost.

De witte en rode klover reageerden resp. als gras + 100 kg en gras + 200 kg N. De klavervan gaven echter wel een hogere eindopbrengst en werkten dus positief aangezien dit geen extra stikstof kost maar alleen het zaaizaad.



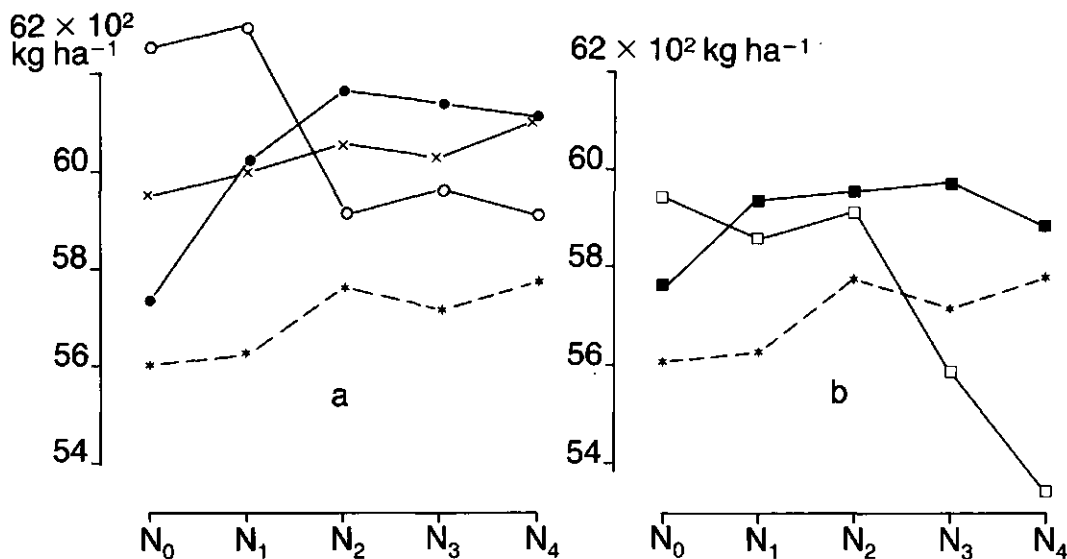
Figuur 4. Verband tussen de hoeveelheid stikstof en de aardappelopbrengst (Totaal knollen). CABO 458 De Eest 1984.

Bij de rode klaver is echter zowel de vrijgekomen 150 kg N als de gestrooide 240 kg N nodig om de maximale opbrengst te verkrijgen.

De tarwe na de aardappelen gaf voor alle groenbemestingsobjecten een positief resteffect terwijl bij de rode klaver de opbrengst zelfs daalde waarschijnlijk door te veel stikstoftoevoering (figuur 5).

De naast deze proef gelegen parallelproef (CABO 528) vertoonde dezelfde tendens t.a.v. de werking van de groenbemesters op de suikerbieten en de wintertarwe. Een uitgebreid verslag zal elders plaatsvinden (Ten Holte 1986).

Proeven identiek aan die beschreven op de Eest zijn ook op proefboerderij De Bouwing te Randwijk uitgevoerd (CABO 440 en 527).



Figuur 5. Verband tussen de stikstoftrappen in aardappelen 1985 en de tarweopbrengst. CABO 458 De Eest 1985.

De resultaten van het onderzoek naar het verloop van het anorganisch-stikstofgehalte in het bodemprofiel (tabel 11) komen vrij goed overeen met die van de proeven op de Eest (tabel 8), ofschoon het hier een veel zwaardere grond betreft.

Tabel 11. Overzicht van de hoeveelheid anorganische stikstof in het profiel (0-100 cm-mv) van het object zonder groenbemester en de verschillen tussen die hoeveelheid en die onder de groenbemestingsobjecten.

	1 maart	3 juni	verschil
geen groenbemesting	72 kg	129 kg	57 kg
gras + 0 kg N/ha	- 18 kg	+ 15 kg	+33 kg
gras + 100 kg N/ha	+ 9 kg	+ 76 kg	+67 kg
gras + 200 kg N/ha	+66 kg	+ 97 kg	+31 kg
witte klaver	+40 kg	+ 63 kg	+23 kg
rode klaver	+ 4 kg	+ 83 kg	+79 kg

De opbrengstresultaten van deze beide proeven zijn op dezelfde wijze verwerkt als bij CABO 458. Daaruit blijkt dat de grasgroenbemesters voor aardappelen in 1982 (tabel 5) bij alle objecten negatief werkten. Bij de beide klavers werd slechts een stikstofeffect gevonden.

De wintertarwe (1983) na aardappelen reageerde positief op alle groenbemesters. De reactie van de suikerbieten (1984) op de grasgroenbemester was wisselend, maar per saldo wel positief. De klavers gaven een duidelijk positief resteffect.

In de parallelproef (CABO 527) was er bij de grasgroenbemesters met 0 en 100 N in 1985 geen reactie bij de aardappelen. Bij een stikstofgift van 200 kg N aan de grasgroenbemester was er evenals bij de klavers een duidelijk positief resteffect te meten.

Conclusie:

- Door deling van de stikstofgift op wintertarwe kan er een geslaagde ondervrucht worden geteeld en kan tevens de opbrengst van de tarwe worden gehandhaafd.
- De hoofdvruchten aardappelen en suikerbieten die na de verschillende groenbemestingsgewassen werden geteeld, gaven na grasgroenbemesting een wisselend en na klavers een positief effect op de opbrengst.
- Het effect van de groenbemestingsgewassen op de twee jaar later geteelde wintertarwe was altijd positief voor de opbrengst.

Geraadpleegde literatuur

- Bakermans, W. A. P. en H. v. d. Zweerde. Invloed van de zwaarte van de dekvrucht op het slagen van de ondervrucht. *Landbouwvoorl.* 25-6 (1968) 268-272.
- Bakermans, W. A. P. en L. ten Holte. Stickstoffanwendung auf Welsches Weidelgrass für Gründüngung und deren Einfluss auf den Stickstoffbedarf der Folgefrucht. CABO-verslag nr. 45.
- Esser, J. und E. Lutke Entrup. Ackerbau und Gründüngung haben Zukunft. *Landwirtschaftliche Schriftenreihe Heft 19.*
- Holte, L. ten en W. A. P. Bakermans. Stikstofbemesting van wintertarwe en teelt van witte klaver als groenbemestingsgewas onder dekvrucht. CABO-publ. nr. 150.
- Holte, L. ten. Groenbemesting in relatie tot groei, opbrengst en stikstofbemesting van akkerbouwgewassen. Verslag CABO, Wageningen 1986.
- Janssen, B. H. A simple method for calculating decomposition and accumulation of young soil organic matter. *Plant and Soil* 76 297-304.
- Noij, I. G. A. M. Invloed van groenbemesting op stikstofhuishouding en groei van suikerbieten. Doctoraalverslag 1985.
- Renius, W. und E. Lutke Entrup. Zwischenfruchtbau zur Futtergewinnung und Gründüngung. D.L.G. Verlag.
- Verveda, H. W. Opbouw en afbraak van jonge organische stof in de grond en de stikstofhuishouding onder een vierjarige vruchtwisseling met grasgroenbemester. Interne mededeling 58 van de L.H.

Resteffecten, specifieke effecten, structureffecten, nevenwerkingen, humus- en organische-stofwerkingen van organische bemestingen

Ir. L. C. N. de la Lande Cremer, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren

*In de bodem te weinig "oude kracht"
is voor 't bedrijf een dief in de nacht,
beïnvloedt de opbrengst negatief,
en maakt de boer tot eigen dief!*

*J. A. Grootenhuis
Lovinkhoeve, 1979.*

1. Inleiding

In de akkerbouw wordt wel gesteld dat ondernemers met hoge opbrengsten ook hoge arbeidsinkomens en netto-inkomens verkrijgen (cit. S. de Haan). De vraag is nog steeds actueel of voor het bereiken van top-opbrengsten volstaan kan worden met alleen kunstmest. Met name op de veeloze bedrijven was deze vraag in de vijftiger jaren controversieel. Sindsdien hebben de vele ervaringen met organische bemestingen in kort- en langlopende proeven de inzichten hierin verdiept.

2. De bemestingswaarde van organische meststoffen

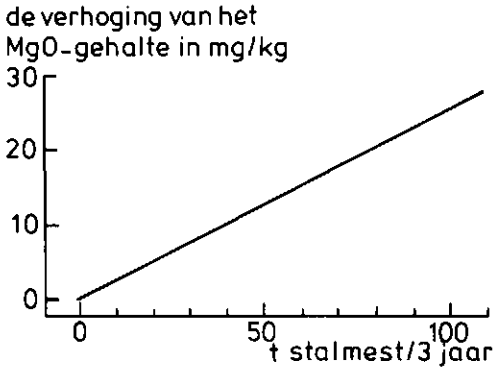
Organische meststoffen zijn veelzijdig samengestelde meststoffen op basis van organisch materiaal. Hieraan ontleen zij een werking op bodem en gewas die chemisch, fysisch, fysiologisch en biologisch van aard kan zijn.

De veelzijdigheid maakt het bestuderen van de bemestingswaarde van organische mest niet eenvoudig. Meestal wordt dit beperkt tot de onderlinge vergelijking van stikstof, fosfor en kali in mest en kunstmest. Omdat de organische stikstof sterk wisselend van karakter is en niet rechtstreeks door de plant kan worden opgenomen, wordt de stikstofwerking gemeten met behulp van stikstofreeksen bij een optimale voorziening met fosfor en kali. De vele overige elementen in de mest worden niet gecompenseerd bij de kunstmestvariant. De stikstofreeks moet de gehele opbrengstcurve omvatten, zo mogelijk ook de opbrengsten bij super-optimale bemesting.

In de periode 1942-1951 onderzocht J. D. Ferwerda aan het voormalige Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut TNO te Groningen, voorganger van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in Haren, de bemestingswaarde van stalmest op 64 bouwlandproeven in de Groninger Veenkoloniën en op de Drentse zandgronden. Hij stuitte daarbij op een "specifieke werking" of "nevenwerking" van de mest, waarvan de oorzaak nog niet begrepen werd. De toenmalige directeur P. Bruin veronderstelde in een naschrift, dat het niet-compenseren van het magnesium uit de mest van wezenlijke betekenis zou kunnen zijn geweest voor dit, wat hij noemde "resteffect". Anderen dachten aan de organische stof en gebruikten termen als "organische stof-", "humuseffect" of "structuur".

De invloed van het magnesium werd intussen beter onderkend. Wisselink (figuur 1) toonde later aan dat verhoging van het MgO-gehalte van de grond door stalmest van dezelfde orde van grootte was als die met een gelijke hoeveelheid MgO in de vorm van kieseriet.

Wat hier voor magnesium werd aangetoond, kan in principe voor alle, voor de plantengroei belangrijke, nutriënten in de mest plaatsvinden. Reacties op deze nutriënten zullen gelden



Figuur 1. Verband tussen intensiteit van de stalmestbemesting en de gemiddelde verhoging van het magnesiumgehalte van de grond (Wisselink, 1961).

op standplaatsen waar hieraan een tekort heerst. De intensiteit van de reactie wordt dan bepaald door de grootte van de behoefte en de grootte van het aanbod. De plaatselijke mest in een tekortgebied kan armer zijn dan die uit een gebied zonder elementengebrek en voorzover geïmporteerd ruwvoer of mengvoer deze niet al verrijkend heeft bijgewerkt.

Het resteffect, dat geheel of gedeeltelijk een gevolg is van een aanvulling van de bemesting met ontbrekende macro- en micro-elementen, kan met een meer omvattende bemesting met kunstmest worden geëvenaard. De inzet van organische mest is hiervoor niet nodig.

De term resteffect is overigens uitermate geschikt om het complex van effecten van alle factoren, behalve N-P-K, in een eenheid samen te vatten. Deze factoren behoeven overigens niet overal, noch even intens en op gelijke wijze en gelijktijdig op te treden. Een verbetering van het vochthoudend vermogen van de grond zal bijvoorbeeld in droogteperioden een zeer duidelijk resteffect opleveren, maar in natte perioden eerder tot overlast zijn vanwege het te lang nat blijven van de grond.

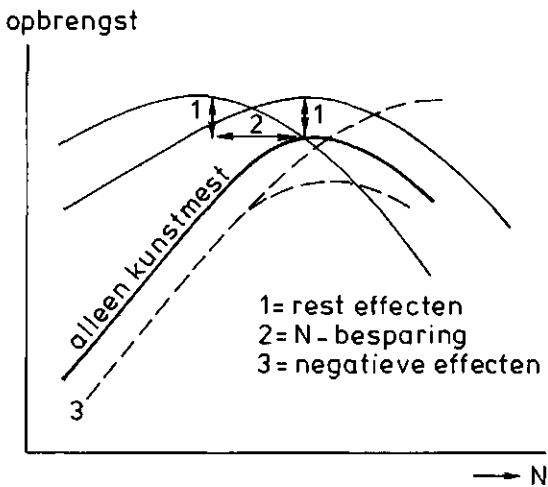
Een tekort aan sporelementen kan met een betrekkelijk geringe hoeveelheid worden verholpen. Door cumulatieve effecten kan een oorspronkelijk positieve reactie geleidelijk via indifferent in een negatieve overgaan wanneer het aanbod via de mest constant te groot is. Een standplaats zonder schadelijke organismen zal niet van het antagonistisch effect van sommige mesten kunnen profiteren, waardoor deze factor niet in een resteffect of deel daarvan tot uitdrukking komt. De potentiële werking van zo'n factor komt dan niet tot haar recht.

Tekortsituaties, waarin door gebruik van mest eerst een positieve reactie ontstaat, kunnen bij een te frequent gebruik van mest in een overmaatsituatie overgaan met negatieve gevolgen. Ten slotte is er nog een "synergistisch effect" tussen organische mest en kunstmest die het gebruik van de eerste zo boeiend maakt! Onder synergisme wordt begrepen een versterkte invloed van twee stoffen die uitgaat boven de som van de afzonderlijke effecten. Dat wil dus zeggen, dat met kunstmest alleen niet de topopbrengsten worden verkregen die bij het gezamenlijk gebruik van organische mest en kunstmest kunnen worden gehaald.

3. Factoren die een rol spelen bij het ontstaan van resteffecten

In bemestingsproeven wordt een resteffect alleen als zodanig erkend wanneer het niet een gevolg is van een onvoldoende bemesting met NPK. Is dat wel het geval, dan heeft men met een pseudo-effect te maken.

Figuur 2 geeft schematisch een voorstelling van enkele resteffectsituaties. De hoofdvorm treedt bij situatie 1 in de figuur op als een niveauverschil, dat bij het gebruik van alleen voldoende NPK als kunstmest, niet overbrugd kan worden. Bij situatie 2 is er tevens sprake van een stikstoflevering door de organische mest en bij situatie 3 worden negatieve ontwikke-



Figuur 2. Schematische weergave van enige resteffecten.

lingen geschetst zoals die kunnen optreden ten gevolge van een onvoldoende C/N-verlaging bij ondergeploegd stro, verzuring van de grond wanneer de organische mest in een te natte grond wordt ingewerkt (verzuring) of onwerkzaam wordt ten gevolge van een verturingsproces. Voor een optimale werking moeten organische meststoffen ondiep, in een goed doorluchte, grond, worden toegepast, anders riskeert men behalve de reeds eerder genoemde effecten tevens een zuurstofarmoede, hetgeen zichtbaar wordt door een blauwkleuring van de grond. De taak van de boer om uit deze meststoffen het maximale profijt te trekken, is dan ook niet licht. Organische mest kan zowel een zegen als een ergernis zijn, al naar het tijdstip en de wijze van onderwerken in de grond.

De volgende factoren kunnen, alleen of in samenspel, een rol spelen bij het ontstaan en de omvang van resteffecten:

1. Toelevering van in minimum verkerende plantevoedende stoffen met uitzondering van N, P en K.
2. Bodemchemische veranderingen
 - ★ van pH
 - ★ van adsorptiecapaciteit
 - ★ van bufferend vermogen
 - ★ door cumulatieve effecten
3. Bodemfysische invloeden
 - ★ mechanisch
 - ★ vermindering slempegevoeligheid
 - ★ vermindering stuifgevoeligheid
 - ★ verbetering vochthoudendheid
 - ★ verbetering ontwatering
 - ★ handhaving of verbetering organische-stof- en humushuishouding
 - ★ verdichting door versmering van de grond
 - ★ verandering van de porositeit
4. Bodembioologische invloeden
 - ★ stimulering van macro- en microfauna
 - ★ CO₂-productie

- ★ N-vastlegging (C/N-aspecten)
 - ★ mineralisatie, nitrificatie, denitrificatie
 - ★ cumulatieve effecten met N
5. regen- en temperatuurinvloeden
- ★ bewerkingsinvloeden
 - ★ synergisme
 - ★ fysiologische beïnvloeding van de nutriëntopname

De veelheid aan factoren die aan het tot stand komen van resteffecten kan bijdragen, maakt het vrijwel onmogelijk het aandeel van ieder van deze factoren afzonderlijk te meten. Sommige factoren vergen hiervoor uitgebreide proefvelden op zeer homogene gronden, voor andere factoren zijn proeven nodig die vele jaren moeten kunnen worden aangehouden voor het bestuderen van cumulatieve werkingen.

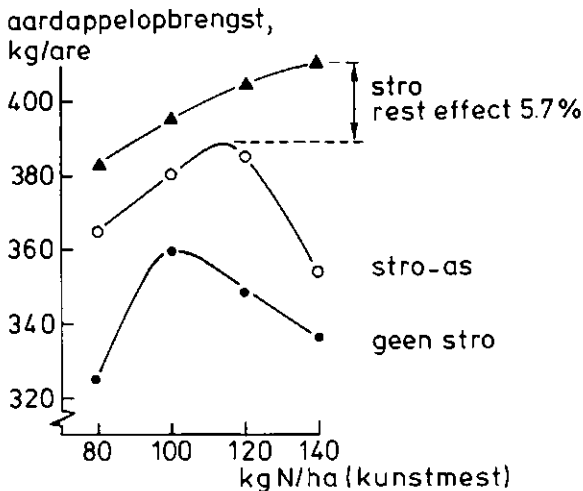
Standplaats, weersomstandigheden en boer oefenen een groot effect op het resultaat uit.

Proeven in vakken of potten zijn ongeschikt vanwege het verloren gaan van belangrijke factoren, zoals beïnvloeding vochthuishouding, structuuraspecten, biologische aspecten, enz.

De meeste zaken die op resteffecten betrekking hebben, zijn deelwaarnemingen in kort- en langlopende proeven met organische bemestingen.

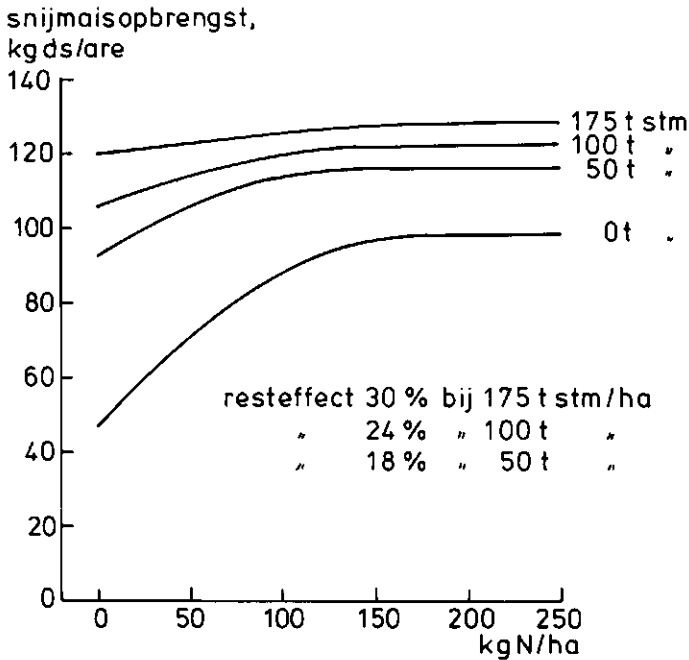
4. Aspecten van resteffecten op bouwland

Het verbranden van stro, een organische bodemverbeteraar met wijde C/N-verhouding, leverde weliswaar via de as een duidelijke opbrengstverbetering op bij fabrieksaardappelen op een Drentse zandgrond (figuur 3), maar het gebruik van de organische stof door het stro onder te ploegen, verhoogde zijn bemestingswaarde nog eens met 5,7%. De reactie op de P en K van de as wijst er overigens op dat de voorziening met deze elementen hier onvoldoende was.



Figuur 3. Het verschil tussen de werking van verbrand en ondergeploegd stro (WD 125-1952).

Op een droogtegevoelige, arme zandgrond aan de oostrand van de Veluwe werden in een veeljarige proef met 0-200 ton stalmest per ha, de in figuur 4 getoonde resteffecten van 18 tot 30% verkregen bij snijmaïs. De meeropbrengsten bij 175 en 200 ton stalmest ontlepen elkaar weinig en werden als een gemiddeld effect weergegeven. Er is, gezien de wet van de



Figuur 4. Resteffecten bij snijmaïsofbrengst op een droogtegevoelige zandgrond (1972-1979) (Dilz en Brak, 1980).

afnemende meeropbrengsten, dus ook geen rechtlijnig verband te verwachten tussen mesthoeveelheid en resteffect. De vrij grote resteffecten in deze proef kunnen zijn veroorzaakt door een verbeterd vochtbergend vermogen van de grond, waardoor meer regen- en beregeningswater gebonden kon worden, maar het is denkbaar dat een ruimer aanbod met spoorelementen eveneens van invloed kan zijn geweest.

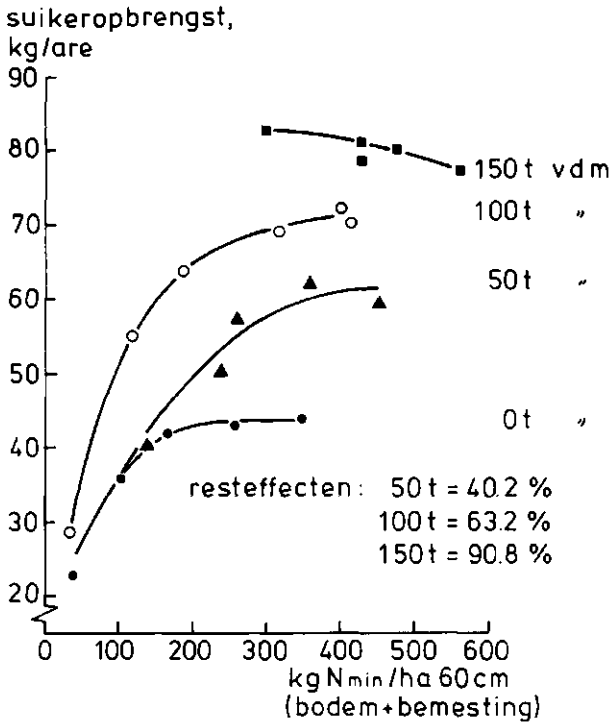
Resteffecten worden op bouwland eerder waargenomen dan op grasland en dat bij verschillende gewassen en met verschillende soorten organische mest. Voorbeelden hiervan zijn een veenkoloniale grond met stro (tabel 1) of met varkensdrijfmest (figuur 5).

Vooraf op de jonge, pas aangemaakte veenkoloniale gronden kunnen spectaculaire verbeteringen worden verkregen met dierlijke mest!

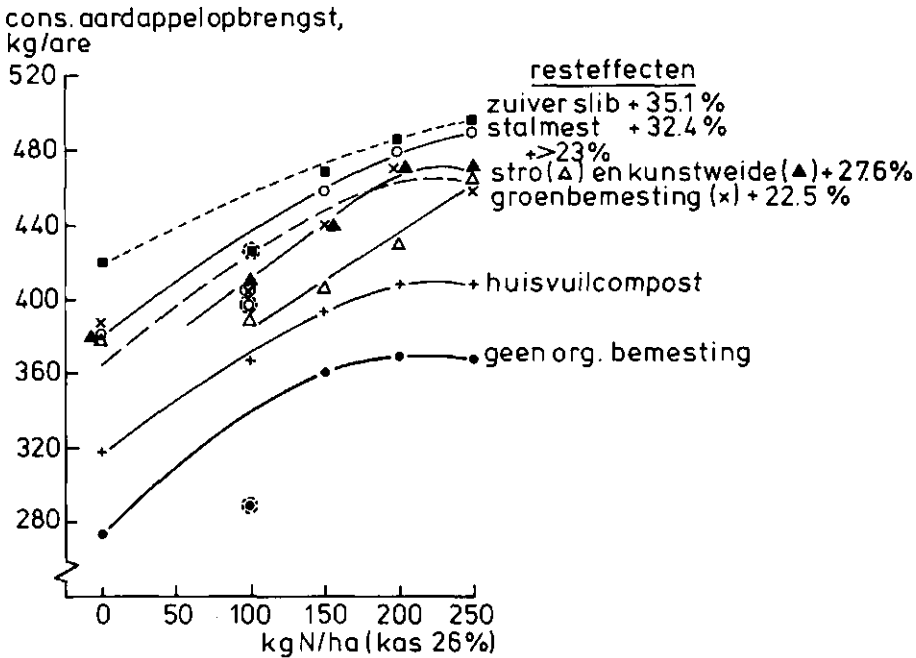
Tabel 1. Resteffecten verkregen met het onderwerken van stro in oude veenkoloniale grond (1951-1966).

gemiddelde alle gewassen (10 proefjaren)	4,4%
gemiddelde 4 fabrieksaardappeljaren	8,4%
gemiddelde 8 graan (nawerkings)jaren	1,7%

Figuur 6 toont de resteffecten verkregen in een droge zomer met een zestal verschillende organische bemestingen, in het eerste jaar van werking, na de toediening, op een zavelgrond met 23% afslibbare delen. Deze veeljarige proef werd in 1933 begonnen. De meeste organische bemestingen werden eens in de 3 à 4 jaren toegediend. De 1½-jarige kunstweide werd eens in de acht jaren ondergeploegd. Tabel 2 geeft van deze proef de eerstejaarswerking en de nawerkings van twee tot negen jaren van twee vruchtopvolgingen van vier gewassen in de periode 1975-1982 weer.



Figuur 5. Resteffecten bij suikerbieten op jonge veenkoloniale grond, 1980.



Figuur 6. Resteffecten bij consumptieaardappelen op een lichte zavel (23%) in 1983 op een veeljarige proef met verschillende organische bemestingen op de prof. dr. van Bemmelenhoeve.

Tabel 2. Resteffecten in % meeropbrengst t.o.v. geen organische bemesting vanaf 1933 bij een optimale bemesting met kunstmeststikstof op een zavelgrond met 23% afslibbaar. Periode 1975-1982. Organische-bemestingenproef Van Bemmelenhoeve, Wieringermeer.

object en werkjaren ¹	jaar en gewas							
	1975 aard.	1976 w. tarwe	1977 s. biet	1978 w. tarwe	1979 aard.	1980 w. tarwe	1981 s. biet	1982 w. tarwe
stro								
1	15,7				6,2			
2		8,2				3,9		
3			0,0				6,2	
4				0,4				22,1
huisvuilcompost								
1	19,1		6,6		4,9		4,8	
2		13,8		1,4		4,7		18,0
groenbemesting								
1	19,5		7,2		10,6		8,5	
2		14,7		1,7		10,4		21,3
zuiveringsslib								
1	—	—	—	—	7,7		13,2	
2	—	—	—	—		-2,7		34,7
stalmest								
1	26,2		8,3		15,0		11,8	
2		10,4		4,6		10,7		21,3
kunstweide								
1			—	—	27,2			
2			—	—		0,0		
3			—	—			13,2	
4			—	—				24,9
5/9	15,7(8)	12,6(9)	—	—				

¹ 1e jaar van werking en 2-9 nawerkingsjaren.

Bij ontbrekende nawerkingsjaren 3 en 4 houdt dit in, dat er opnieuw organische mest werd toegediend.

Tabel 3 geeft een gemiddelde meeropbrengst van werkings- en nawerkingsjaren weer.

De resteffecten beperken zich niet tot het jaar van toediening van de organische mest, maar treden ook als nawerking op. Opmerkelijke nawerkingen vonden er bij de wisselbouw plaats, zelfs tot 8 à 9 jaren nadat er een kunstweide werd gescheurd.

Tabel 3. Gemiddeld resteffect in werkings- en nawerkingsjaren op een zavelgrond met 23% afslibbare delen in de periode 1975-1982. Organische-bemestingenproef Van Bemmelenhoeve, Wieringermeer. In % meeropbrengst t.o.v. geen organische bemesting vanaf 1933.

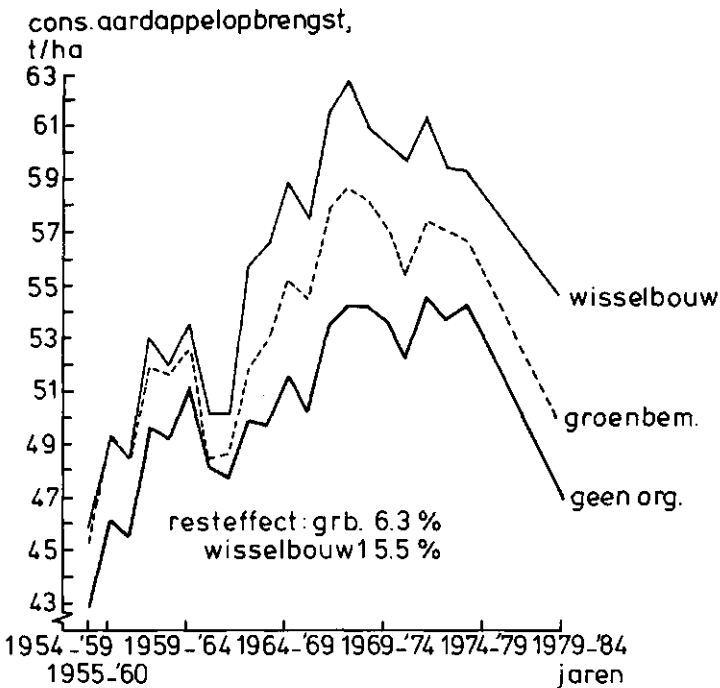
periode	stro	huisvuil- compost	groen- bemesting	zuiverings- slib	stal- mest	kunst- weide
1975-1982	6,3	9,2	11,7	13,2	13,5	15,6
1979-1982	6,3	8,1	12,7	13,2	14,7	16,3

Voor de tabellen 2 en 3 werd gewerkt met de verkoopbare produkten, dus de suiker van de suikerbieten en de korrels bij de granen. Door rekening te houden met de totale drogestof-productie (dus ook die van het bietenloof en van het stro) kunnen de gevonden cijfers nog sterk veranderen in positieve zin, omdat deze gewasonderdelen beter reageren op de stikstof.

Een geval van tegengestelde beïnvloeding door twee factoren deed zich in deze proef ook verschillende keren voor. Als gevolg van cumulatieve werkingen, o.a. door een te frequente toepassing van organische mest, was er een te hoog aanbod van stikstof. Dit werd door de

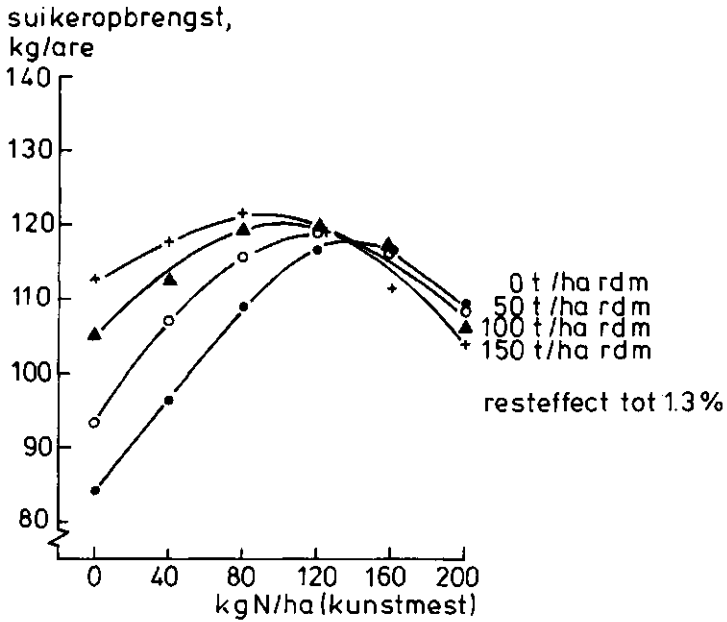
stikstofrijke produkten als stalmest, groenbemesting, enz. nog versterkt. Het gevolg hiervan was een negatieve reactie op deze bemestingsvarianten, terwijl de vlas- en erwtenopbrengsten op de stro- en huisvuilcompostvarianten juist sterk positief reageerden op een regulerend effect van deze materialen, namelijk het vastleggen van een deel van de overmatig aangeboden stikstof.

Deze cumulatieve werkingen vormen op verschillende wijzen een belangrijke bijdrage aan de resteffecten. In figuur 7 worden de gemiddelde opbrengsten over zes jaren van consumptie-aardappelen weergegeven van een veeljarige proef (1954-1984) op een iets zwaardere zavelgrond met 30% afslibbare delen. In deze in die periode nog gedeeltelijk rijpende poldergrond van de Noordoostpolder nam de stikstofbehoefte ervan nog geleidelijk toe. De topopbrengsten verkregen bij een optimale stikstofbemesting lagen bij gebruik van groenbemesters 6,3% hoger en bij toepassing van wisselbouw (met stalmest) 15,5%. Het resteffect nam in de loop der jaren toe. Het "over de top gaan" van de topopbrengsten kan eveneens een gevolg zijn van een nog niet onderkend gebrek, of van een cumulatie van factoren. Daartoe kunnen o.a. stikstof, kalium en natrium behoren, waarvan negatieve invloeden bekend zijn op de onderwatergewichten van aardappelen, de suikergehalten en de sapzuiverheid van suikerbieten en, bij bladgewassen, de nitraatgehalten.

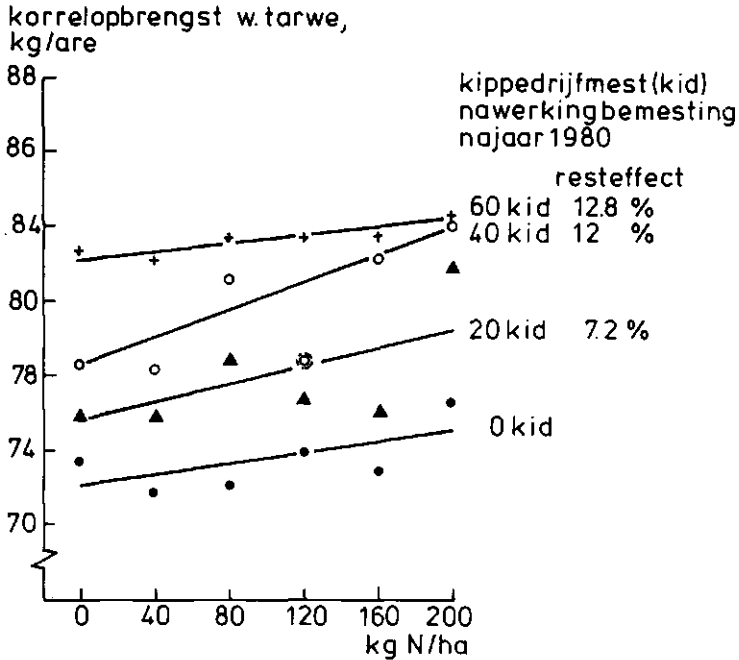


Figuur 7. Resteffecten bij consumptieaardappelen in een veeljarige proef in de Noordoostpolder met 30% afslibbaar (J. K. Mulder; S. de Haan, 1980).

Figuur 8 is een voorbeeld van resteffecten verkregen met runderdrijfmest bij suikerbieten verbouwd op een nog jonge kleigrond met 55% afslibbare delen. Het effect is nog niet groot, maar zal bij de verdere rijping van de grond analoog aan de situatie in de Noordoostpolder (figuur 7), in de toekomst waarschijnlijk nog toenemen. Wel is in figuur 8 sprake van een potentiële besparing op stikstof door toepassing van mest. Toch kan ook hier reeds een belangrijk resteffect (figuur 9) optreden, 7,2 tot 12,8% als nawerking op een anderhalf jaar daarvoor gegeven bemesting met kippedrijfmest.



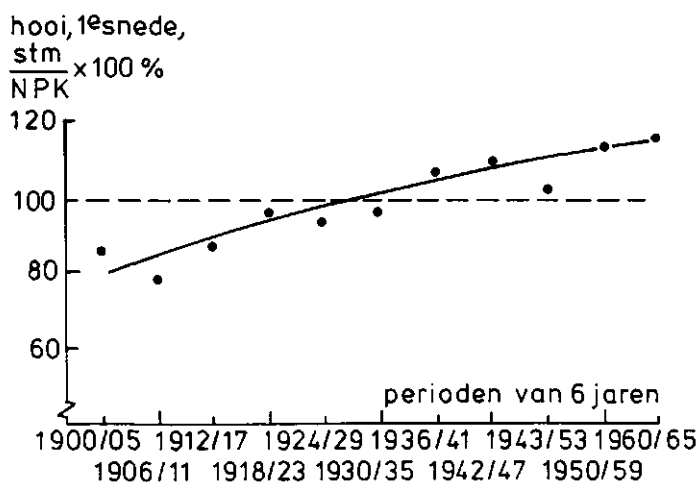
Figuur 8. Resteffecten bij suikerbieten verbouwd op een jonge poldergrond met 55% afslibbaar, bemest met runderdrijfmest in de voorgaande herfst.



Figuur 9. Resteffecten bij winter tarwe in 1982 op een klei (55% afslibbaar) op een nawerking van in de herfst 1980 gegeven bemestingen met kippedrijfmest.

5. Aspecten van resteffecten op grasland

Resteffecten worden op grasland veel minder snel gesignaleerd, doordat de ruime voorziening met organische stof uit de blad- en wortelresten die vanuit de dierlijke mest ruimschoots overtreft. Bovendien is de vochtvoorziening meestal beter. Toch zijn er wel aanwijzingen voor resteffecten op grasland. In een zeventig jaar oude proef op zandgrasland op Ameland (1899-1969) nam de werking van 20 ton stalmest per ha ten opzichte van 16 tot 50 kg N, 72 tot 144 kg P₂O₅ en 80 tot 130 kg K₂O als kunstmest (figuur 10), langzamerhand toe. De drogestofopbrengsten verkregen als gemiddelden van zes jaar werden hierbij op 100% gesteld voor de kunstmestvariant en die van de stalmestvariant hieraan gerelateerd. Na ruim dertig jaar evenaarde de stalmest, als gevolg van cumulatieve effecten, het produktieniveau van de kunstmest pas om deze nadien nog voorbij te schieten. Een landbouw zonder kunstmest kan daarom binnen bepaalde grenzen wel tot vergelijkbare produkties leiden, maar het is duidelijk een zaak van geduld, nog afgezien van het synergistisch effect waarvan geen gebruik wordt gemaakt.



Figuur 10. Invloed van stalmest en kunstmest op de drogestof-opbrengst van zandgrasland (Ameland, 1899-1969).

Tot de cumulatieve veranderingen die tot de verbetering van de stalmestwerking hebben bijgedragen behoren onder andere de toename van de humus- en totaal-stikstofvoorraden van de grond en, aan de humusvoorraad gekoppeld, dat van het vochtbergend vermogen (tabel 4).

Zo'n vochtreserve is erg plezierig in droogteperioden en kan meermalen worden aangesproken omdat iedere regenbui of beregening de voorraad weer aanvult.

Tabel 4. Toename van de hoeveelheid beschikbaar bodemvocht in mm per ha in de veeljarige bemestingsproef op Ameland (1899-1970).

	1962	1969	gemiddeld
onbemest	36	30	33
NPK	45	42	44
20 ton stalmest/ha	62	57	60
½ NPK + ½ stalmest/ha	66	60	63

Tabel 5 geeft een berekende relatie tussen de veedruk en de stijging van het humusgehalte, in % absoluut, bij jaarlijkse toediening van de geproduceerde mest op bouwland.

Tabel 5. Stijging van het humusgehalte (% absoluut) per ha bouwland bij jaarlijks gebruik van de mest (berekende waarden).

	aantal stuks volwassen rundvee		
	1,5	3,0	4,5
stijging in 10 jaar	0,2	0,4	0,6
stijging na 20 jaar	0,3	0,6	0,9

Op blijvend grasland, waar grondbewerkingen ontbreken, treden de ophopingen van organische stoffen meer in de laag van 0-5 cm op en is de humusstijging, t.o.v. wat op bouwland gebeurt, vijfmaal zo snel. Dergelijke wijzigingen (+ 1½ tot 4½%) kunnen onder natte omstandigheden de stevigheid van de zode ongunstig beïnvloeden. Percelen met te hoge grondwaterstanden in de winter (0,8 tot 1 m beneden maaiveld) die van nature nat zijn, worden daardoor in het vroege voorjaar, de nazomer en de winter minder goed begaanbaar. Toename van de bodemvochtigheid heeft op bouwland, zij het in mindere mate, dezelfde effecten. Het veldwerk kan daardoor in een excessieve situatie (bijvoorbeeld regelmatig dumpen van mest) met enige dagen worden vertraagd! Humus kan ongeveer het viervoudige van zijn gewicht aan vocht binden, bij iedere gelegenheid weer. Ook hier moeten extreme situaties worden vermeden.

't Hart publiceerde in 1950 de volgende relatie tussen frequentie van stal mestbemesting en produktieniveau van blijvend grasland bij een goede fosfaat- en kalktoestand van de grond (tabel 6).

Tabel 6. Produktieverhoudingen van gras op percelen oud grasland in goede P- en K-toestand, in de voorafgaande periode met een verschillende frequentie met stal mest bemest ('t Hart, 1950).

frequentie stal mestbemesting	grondsoort		
	klei	zand	veen
nooit stal mest	92 (25)	97 (26)	105 (8)
1 x per 3 à 4 jaar	105 (39)	98 (5)	123 (21)
1 x per 2 jaar	113 (27)	103 (6)	113 (28)
elk jaar stal mest	114 (10)	107 (4)	123 (8)

() aantal waarnemingen.

6. Samenvatting en conclusies

Bij het gebruik van organische meststoffen kunnen er resteffecten ontstaan. Deze effecten kunnen door meerdere factoren worden veroorzaakt.

De begrippen resteffect, specifieke werking, nevenwerking, structuur, humuseffect of organische-stofwerking brengen de resultante van alle afzonderlijke effecten behalve NPK onder één noemer. De NPK-voorziening moet optimaal zijn.

De effecten kunnen op korte en lange termijn optreden.

Een deel van de effecten is van scheikundige aard en kan ook door middel van een meer-uitgebreide, meer-complete bemesting met kunstmest worden gerealiseerd.

Het overige deel van het resteffect is van fysische, fysiologische, biologische en synergetische oorsprong en kan niet met een betere kunstmestbemesting worden geëvenaard. Deze factoren maken het regelmatig gebruik van organische mest tot een belangrijke pijler voor de bodemvruchtbaarheid, vooral op bouwland.

De resteffecten kunnen sterk variëren onder invloed van de bodemvruchtbaarheid, de weersomstandigheden en de zorg besteed aan keuze van tijdstip van toediening en wijze van onderwerken van de mest. Door toedieningsfouten kunnen ook negatieve effecten ontstaan.

Het resteffect treedt zowel in het jaar van toediening van de mest op als in de daarop volgende nawerkingsjaren, soms tot vrij lang hierna.

Geraadpleegde literatuur

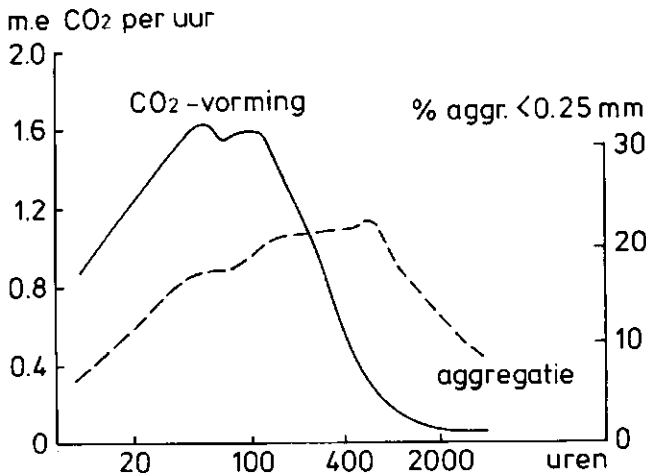
- Anonymus, 1984. Excursiegids 1984 van de Proefboerderij Dr. H. J. Lovinkhoeve te Marknesse.
- Anonymus, 1950-1982. Jaarverslagen 1950-1982 van de Stichting Proefboerderij "De prof. dr. J. M. van Bemmelenhoeve" in de Wieringermeer.
- Anonymus, 1983, 1984. Landbouwkundig onderzoek in de IJsselmeerpolders in Noord-Holland.
- Dilz, K. en A. Brak, 1980. Dierlijke mest en maisteelt. Invloed van stalmest en kunstmeststikstof op de opbrengsten van snijmais in continueelt op lichte zandgrond van het Centraal Stikstofproefveld Gortel in de jaren 1972-1979. Stikstof 95-96: 388-392.
- Ferwerda, J. D., 1951. Over de werking van stalmest op bouwland. I. Verslagen Landbkd. Onderz. 57.13. II. idem, 57.16.
- Haan, S. de, 1980. Einfluss von organischer Düngung auf das maximal Erreichbare Ertragsniveau in langjährigen Niederländischen Feldversuchen. Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 36: 389-404.
- Hart, M. L. t., 1950. Organische stof en grasland. Landbouwkundig Tijdschrift 62: 532-542.
- Kolenbrander, G. J. en L. C. N. de la Lande Cremer, 1967. Stalmest en gier. Waarde en mogelijkheden. Veenman, Wageningen, 188 blz.
- Lande Cremer, L. C. N. de la, 1970. Einige Versuchsergebnisse über das Einarbeiten von Stroh und anderen organischen Düngern auf Ton-, Sand- und Anmoorigen Böden der Niederlande. Landw. Forsch. 25/II: 1-8.
- Lande Cremer, L. C. N. de la, 1976. Expérience de fertilisation minérale et organique sur prairie permanente – île d'Ameland (1899-1969). Annales Agronomiques 27: 1007-1026.
- Lande Cremer, L. C. N. de la, 1981. Güllerei im Ackerbau und die Umwelt. Bericht über die 7. Arbeitstagung "Fragen der Güllerei", Gumpenstein, A-8952, Irdning, Band I pp. 201-234.
- Sluijsmans, C. M. J., T. A. van Dijk, G. J. Kolenbrander, L. C. N. de la Lande Cremer, K. W. Smilde en C. H. E. Werkhoven, 1978. De mest- en gierverspreiding op landbouwgrond in de EG. I. Wetenschappelijke basis voor het bewerken van de verspreiding en criteria voor regulerende maatregelen. EEG, Informatie over de landbouw no. 47, 154 blz.
- Veen, L. van der, 1985. Invloed van mestsoort en mesthoeveelheid op de opbrengst en chemische samenstelling van gras, de botanische samenstelling en dichtheid van de zode, alsmede de mineralenhuishouding en enkele biologische factoren van de grond. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 3-85, 64 blz.
- Wisselink, G. J., 1961. Een vijftienjarige proef met stalmest en stoppelgewassen op humeuze zandgrond te Heino. Verslagen Landbouw. Onderzoek. 66.17, 79 blz.

Het effect van organische stof op de bodemstructuur

Ir. P. Boekel, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren

1. Inleiding

Van oudsher is aan organische bemesting een grote waarde toegekend voor de vruchtbaarheid van de grond in het algemeen en voor de bodemstructuur in het bijzonder. Een feit is dat in vroegere jaren een duidelijk gunstig effect van organische bemesting op de groei en de opbrengst van de gewassen werd verkregen. Door het geringere kunstmestgebruik in die tijd was dat effect veel groter dan tegenwoordig.

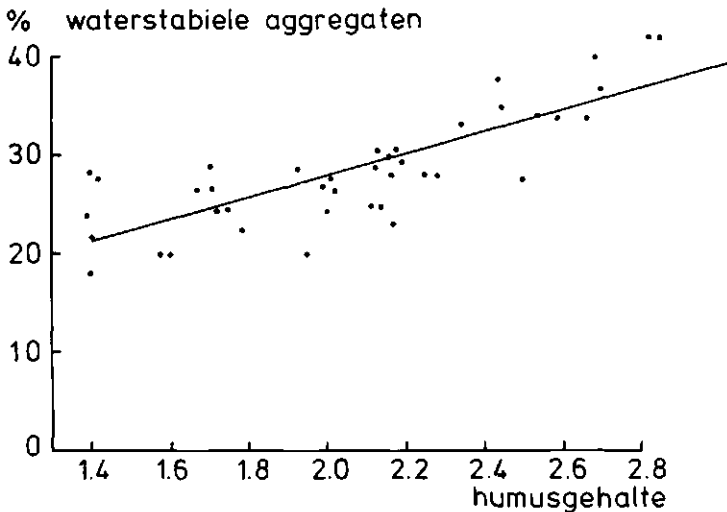


Figuur 1. Verloop van CO₂-vorming en aggregatie na toediening van organisch materiaal (volgens McHenry en Russell, 1944).

Een belangrijk deel van dat effect werd aan een betere structuur van de grond toegeschreven. Het exact vaststellen daarvan was echter moeilijk, omdat het begrip structuur nog vaag was en het in getallen vastleggen daarvan uiteraard nog niet goed mogelijk was. In die tijd – zo'n 30 à 35 jaar geleden – werd in wetenschappelijke tijdschriften en in vakbladen veel aandacht besteed aan de betekenis van organische stof voor de bodemstructuur. Het onderzoek toonde in het laboratorium een duidelijke invloed op de stabiliteit van bodemaggregaten aan. Daarbij werd van Amerikaanse zijde vooral een rol toebedeeld aan producten die bij de microbiologische afbraak van organisch materiaal ontstaan en tijdelijk aanwezig zijn (fig. 1). Van Duitse zijde werd daarentegen meer betekenis toegekend aan de uiteindelijk overblijvende meer stabiele humus (fig. 2).

In die tijd, met de toen beschikbare bepalingstechnieken, kon slechts kwalitatief een effect worden vastgesteld. Hoe groot de invloed onder praktijkomstandigheden was, kon nog niet worden aangegeven.

In latere jaren is de belangstelling voor organisch materiaal, vooral bij het onderzoek, afgenomen. Het besef dat de chemische vruchtbaarheid met behulp van kunstmest vrij goed kan worden geregeld en dat de bodemstructuur ook door verschillende andere factoren kan worden verbeterd, heeft daar ongetwijfeld mee te maken.



Figuur 2. Samenhang tussen humusgehalte en percentage in water stabiele aggregaten (volgens Gliemeroth, 1958).

Het onderzoek op het gebied van de bodemstructuur heeft zich de laatste tientallen jaren sterk in de breedte uitgebreid. Verscheidene structuuraspecten, die belangrijk zijn voor de mogelijkheden voor de groei en de teelttechniek, werden daarbij in beschouwing genomen en nagegaan werd welke factoren in welke mate daarop van invloed zijn. De organische-stofvoorziening is daarvan één, maar zeker niet de overheersende factor. Factoren als kalktoestand, ontwatering, granulaire samenstelling en grondbewerking hebben terecht ook veel aandacht gekregen.

In het volgende zal de betekenis van de organische-stofvoorziening in verschillende situaties (akkerbouw, tuinbouw) in samenhang en in vergelijking met andere factoren worden behandeld.

2. Onderzoek naar de betekenis van organische stof voor de bodemstructuur

In de tuinbouw is het gebruikelijk om op pas in gebruik genomen gronden grote hoeveelheden organisch materiaal toe te dienen om een voor tuinbouw geschikte grond te krijgen; ook daarna wordt regelmatig organische bemesting toegepast. Daarover is veel onderzoek verricht, op vooral kleigronden, o.a. in Vleuten, Geestmerambacht en de Beemster. De vraag daarbij was uiteraard hoe een grond geschikt gemaakt en gehouden kon worden voor tuinbouwdoeleinden.

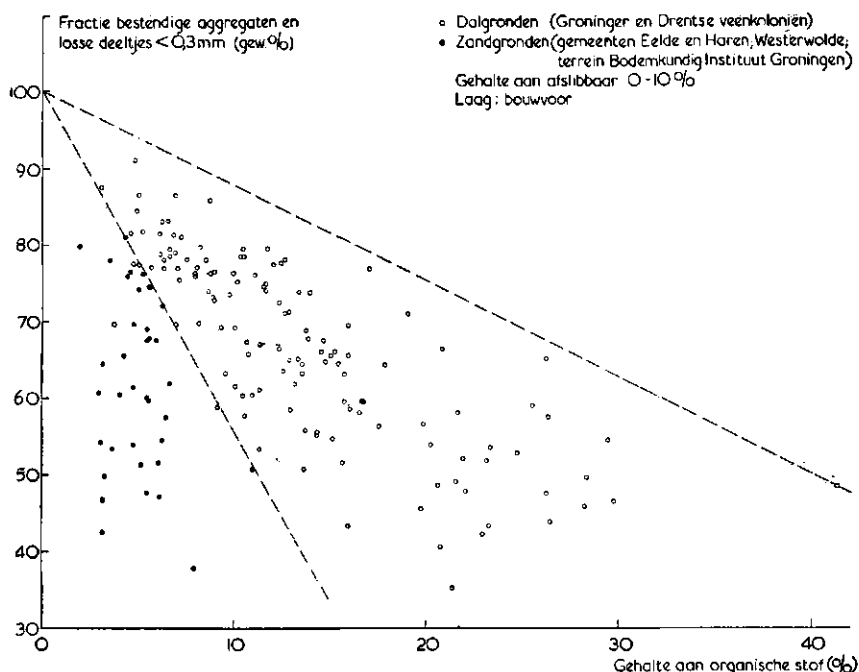
Ook voor de akkerbouw was de steeds naar voren komende vraag welke intensiteit van organische-stofvoorziening nodig is om vooral ook de structuur op peil te houden. Veel gegevens daarover zijn verkregen bij plekkenonderzoek in verschillende delen van ons land, o.a. in de Bommelerwaard, het noordelijk zeekleigebied, het zuidwestelijk zeekleigebied en de Veenkoloniën, op meerjarige proefvelden in de Wieringermeer en de Noordoostpolder en op enkele kortdurende proefobjecten.

Bij dit onderzoek werd aandacht besteed aan de wijze waarop de invloed van organische bemesting tot stand komt. Die invloed kan verlopen via een verhoging van het gehalte aan organische stof – het zgn. lange-termijneffect – of via specifieke, vrij directe effecten van het aanwezige of toegediende materiaal, b.v. via grondbedekking en wortelmassa (het zgn. korte-termijneffect). In het volgende zal vooral aandacht worden besteed aan de eerstgenoem-

de invloed omdat daarover veel gegevens zijn verkregen. Op het korte-termijneffect kan minder uitvoerig worden ingegaan omdat daarover weinig resultaten beschikbaar zijn.

3. Gehalte aan organische stof en de verschillende structuuraspecten

Organische bemesting heeft invloed op het gehalte aan organische stof. Daarover is veel bekend. Janssen is daarop uitvoerig ingegaan. Het gehalte aan organische stof dat in een bepaalde situatie wordt verkregen, heeft invloed op verschillende bodemfysische eigenschappen, waarvan de belangrijkste zijn: stuifgevoeligheid en vochthoudendheid op zand- en dalgronden, slempgevoeligheid op lichte zavel-, leem- en lössgronden, bewerkbaarheid op zware kleigronden en tenslotte de bewerkingsmogelijkheid in het voorjaar en de actuele structuur in de groeiperiode op alle gronden.



Figuur 3. Samenhang tussen gehalte aan organische stof en bestendige aggregaten.

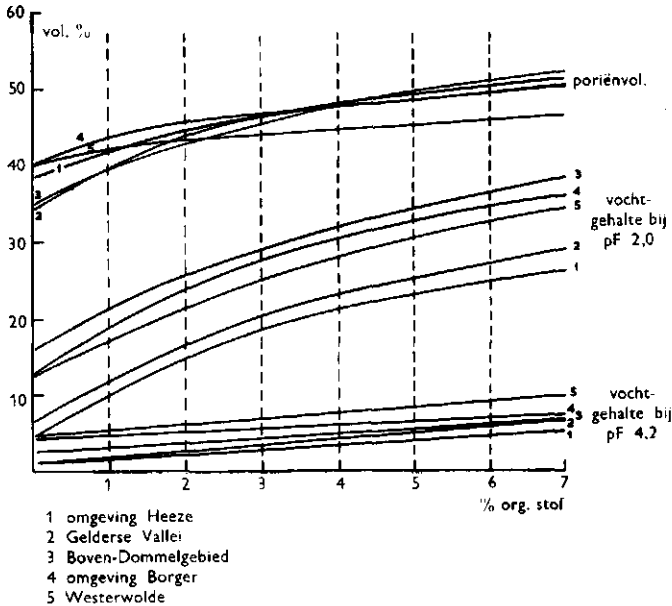
3.1. Stuifgevoeligheid van zand- en dalgronden

Gegevens daarover dateren uit de vijftiger jaren door onderzoek van Pattje (1948) en Peerkamp (1948, 1950). De visie was toen dat een bepaalde mate van binding tussen de primaire deeltjes nodig was om aggregatie te doen ontstaan, waardoor verstuiwing kon worden voorkomen. Organische stof speelt daarbij een rol (fig. 3). De hoeveelheid bestendige aggregaten neemt met het gehalte aan organische stof toe. Op veenkoloniale grond is een veel hoger gehalte nodig dan op zandgronden om een bepaalde mate van aggregatie te bereiken; dit hangt samen met de aard van de organische stof. Opvallend is echter de grote spreiding in de puntenzwerm. Dat wijst op een belangrijke invloed van andere factoren, zoals het vochtgehalte in samenhang met de ontwatering, en de grondbewerking. Pattje (1948) heeft destijds vooral ook de nadruk gelegd op het korte-termijneffect van het toege-

diende organische materiaal. Hij schreef een belangrijke rol toe aan afbraakprodukten van het jonge organische materiaal en aan de ontwikkeling van bacteriën en schimmels daarbij. Die voorstelling van zaken leefde sterk in die tijd, maar het onderzoek heeft aanwijzingen gegeven dat een dergelijk korte-termijneffect onder praktijkomstandigheden weinig tot zijn recht komt.

3.2. Vochthoudendheid van zand- en dalgronden

Voor de zandgronden werd daarover in 1962 door Boekel (1962) gepubliceerd. Hij beschreef de samenhang tussen de vochthoudendheid en het gehalte aan organische stof (fig. 4).



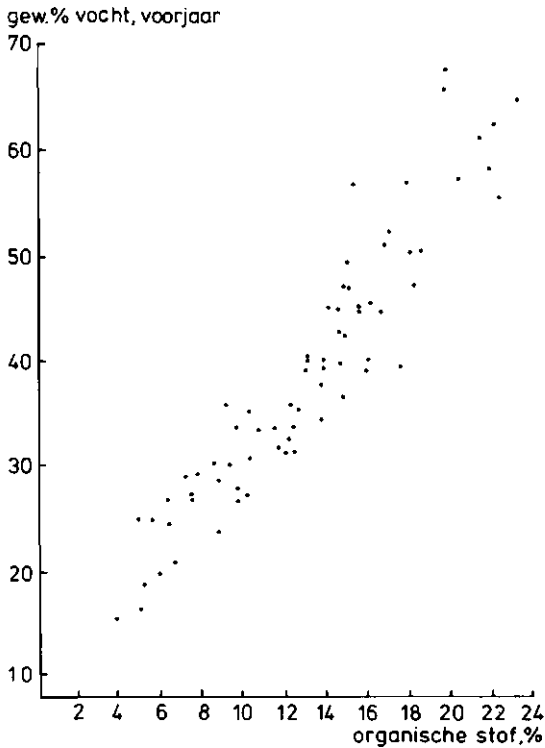
Figuur 4. Invloed van het gehalte aan organische stof op de vochthoudendheid van zandgronden.

Bij toenemend gehalte aan organische stof neemt zowel het vochtgehalte bij pF 2, alsmede de hoeveelheid voor de planten opneembaar water toe. Bij een laag gehalte aan organische stof (0-3%) is de stijging gemiddeld 5 vol.%, bij een hoog gehalte (3-6%) ruim 2 vol.% per % organische stof. Voor een bouwvoor van 20 cm dikte is dat 10, resp. 4 mm water.

In 1983-1984 werd in het voorjaar op een aantal veenkoloniale gronden het veldvochtgehalte – ongeveer overeenkomende met dat bij pF 2 – bepaald en de samenhang met het gehalte aan organische stof nagegaan (fig. 5).

Het organische-stoftraject is hier veel groter dan bij de eerder genoemde zandgronden; de invloed daarvan op het vochtgehalte ligt in dezelfde orde van grootte.

Er is dus een duidelijk effect van het gehalte aan organische stof op de vochthoudendheid, maar gezien de in het algemeen geringe invloed van organische bemesting op het gehalte aan organische stof zijn de mogelijkheden om in de praktijk de vochthoudendheid via organische bemesting te verbeteren, vrij gering.



Figuur 5. Samenhang tussen gehalte aan organische stof en vochtgehalte op veenkoloniale gronden.

3.3. Slempigheid van lichte gronden

Verslemping treedt vooral op lichte kleihoudende gronden op wanneer de pH laag en de ontwatering slecht is, in combinatie met een laag gehalte aan organische stof. Verbetering kan worden verkregen door één of meerdere van deze factoren te verbeteren. Het effect van iedere factor hangt daarbij af van het niveau waarop de overige factoren zijn gebracht. Is b.v. de kalktoestand al opgevoerd, dan is daarmee de slempigheid al verminderd en blijft er voor een verbeteringsmogelijkheid door organische bemesting minder over (Pelgrum 1963).

Tabel 1. Invloed van verschillende factoren op de mate van verslemping.

gehalte aan organische stof (%)	grondwaterstand in de winter (cm - mv)	kalktoestand (pH-KCl)	mate van verslemping ¹ (visueel beoordeeld)
1,5	25	5,5	2
1,5	50	5,5	3
1,5	80	5,5	4
1,5	25	7,0	4
2,0	25	5,5	4
1,5	25	7,5 ²	6
1,5	80	7,5 ⁺	7
2,0	25	7,5 ⁺	7
2,0	80	7,5 ⁺	8

¹ Beoordeeld in een schaal van 1-10 (1 = sterk verslempd en 10 = niet verslempd). Een waarde van < 7 is schadelijk.

² 7,5⁺ betekent hoge pH + hoge concentratie Ca-ionen in de bodemoplossing.

Een belangrijke vraag is dan welke maatregel het meest effectief en het goedkoopst is. Aan de hand van het in tabel 1 gegeven schema, waarin het effect van de voornaamste factoren op de mate van verslamping is aangegeven, kan daarover uitsluitel worden gegeven.

De conclusie zal zijn dat bij bestrijding van verslamping allereerst van de mogelijkheden van bekalking en ontwatering gebruik moet worden gemaakt, vooral ook omdat daarmee veel sneller het doel te bereiken is. Is dat niet mogelijk (b.v. op het gebied van ontwatering) of niet wenselijk (b.v. een hogere pH bij intensieve aardappelteelt), dan zal de oplossing in een regelmatige organische bemesting moeten worden gezocht.

3.4. Bewerkingsmogelijkheden in het voorjaar

In het voorjaar is het een groot voordeel wanneer vroeg kan worden begonnen en wanneer de grond veel dagen voor bewerking en inzaai geschikt is. Het vochtgehalte en de daarmee samenhangende plastische eigenschappen spelen daarbij een overwegende rol. Wat is de betekenis van organische stof daarbij?

Op de miniatuur organische-stofbedrijven, waar sinds 1953 door toepassing van drie verschillende systemen van organische bemesting de gehalten aan organische stof duidelijk uiteen zijn gaan lopen, werd ruim aandacht besteed aan de bewerkingsmogelijkheden in het voorjaar door regelmatige bepaling van vochtgehalte en plasticiteit en beoordeling van de bewerkbaarheid (tabel 2).

Tabel 2. Invloed van organische bemesting op bewerkbaarheidsaspecten in het voorjaar.

organische-bemestings-object	gehalte organische stof (%)	vochtgehalte (g/g droge grond)	plasticiteit (kg/cm ²)	beoordeling bewerkbaarheid (schaal 1-10)
Wisselweide	2,8	27,7	31	5,10
Klaverland	2,4	26,2	34	5,05
Kunstmestakker	2,3	25,9	34	5,00

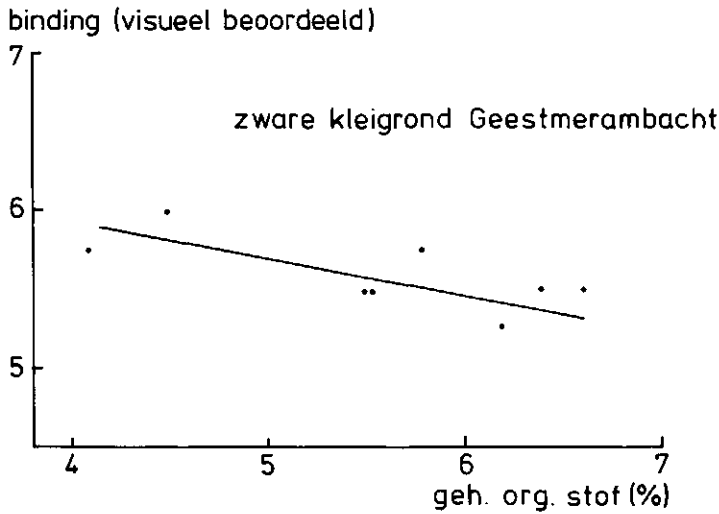
Het wat hogere gehalte aan organische stof op de Wisselweide resulteert weliswaar in een iets hoger vochtgehalte, maar dit heeft vrijwel geen invloed op de plasticiteit en de bewerkbaarheid. Er zijn echter aanwijzingen, dat bij een minder goede ontwatering dan hier het geval is, verhoging van het gehalte aan organische stof juist nadelig werkt. Een goede ontwatering is in dit verband een eerste vereiste.

3.5. Bewerkbaarheid en verkruielbaarheid van de grond

Een goede bewerkbaarheid en verkruielbaarheid onder verschillende omstandigheden betekent in akker- en tuinbouw een groot voordeel, o.a. bij de zaai- en pootbedbereiding en bij de oogst van rooivruchten. Vooral zwaardere gronden (hoger gehalte aan afslibbare delen) zijn in het algemeen moeilijk te bewerken en de vraag is wat organische stof daaraan kan verbeteren. Uit het onderzoek is gebleken dat organische stof in dit opzicht maar weinig effect heeft. Fig. 6 laat zien dat de binding bij toenemend gehalte aan organische stof slechts weinig verandert.

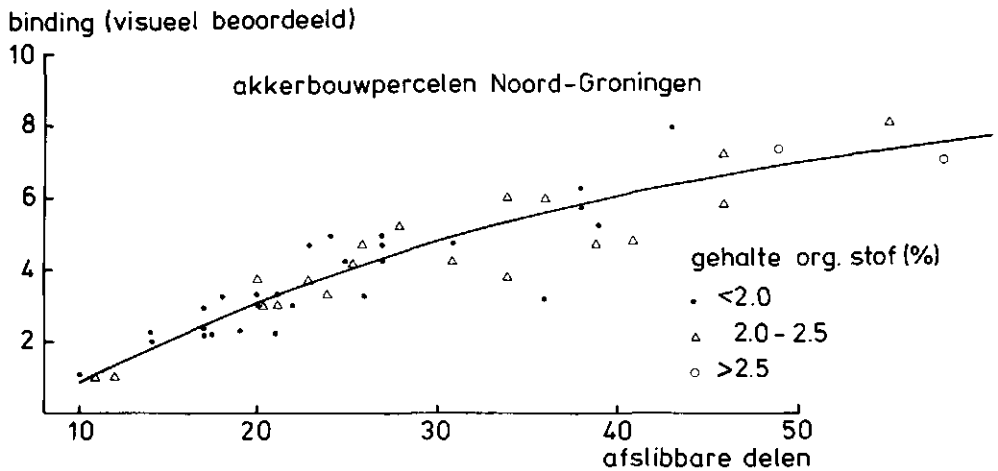
De vereiste gehalten om een goed verkruielbare grond te krijgen zijn erg hoog. In de vollegrondsgroenteteelt zouden op zware kleigronden zeker wel gehalten van ver boven de 10% noodzakelijk zijn.

Op akkerbouwpercelen is nauwelijks een invloed van het gehalte aan organische stof binnen het traject dat in de praktijk door meer of minder organische bemesting kan worden verkregen, waar te nemen (fig. 7). Om verbeteringen van betekenis te krijgen, zijn veel ingrijpender maatregelen nodig.



Figuur 6. Invloed van gehalte aan organische stof op de binding van kleigrond.

Overeenkomstige ervaringen werden opgedaan bij het diepploegen van klei-op-veengronden, waarbij het gehalte aan organisch materiaal in de bouwvoor met meer dan 10% werd verhoogd, maar waarbij geen situatie werd verkregen waarbij fabrieksaardappelen konden worden verbouwd. Het tarrapercentage bleef nog veel te hoog.



Figuur 7. Samenhang tussen binding en afslibbare delen bij verschillende gehalten aan organische stof.

3.6. Actuele structuur van de grond

In de loop der jaren is veel bekend geworden over de kwantitatieve invloed van het gehalte aan organische stof op de zgn. actuele structuur van kleigrond (Boekel, 1963). Grond-, water- en luchtverhouding en visuele waardering zijn daarbij belangrijke kenmerken. Enkele

gegevens daarover die betrekking hebben op zowel akkerbouw als vollegrondstuinbouw, zijn vermeld in tabel 3.

Tabel 3. Invloed van 1% organische stof meer op de actuele structuur.

object	visuele beoordeling (schaal 1-10)	poriënvolume (vol. %)
Proefvelden Akkerbouw		
Miniatuur org.-stofbedrijven	0,45	5,5
Org.-stofproefveld, Van Bemmelenhoeve	0,41	5,3
Proefvelden Vollegrondstuinbouw		
Vleuten	0,40	—
Geestmerambacht	0,15	2,2
Beemster	0,18	1,7
Plekkenonderzoek Akkerbouw		
Marnegebied	0,33	2,5
RVK Godlinze	0,50	—
Bommelerwaard	0,50	—
Noordelijk zeekleigebied	0,28	—
Zuidwestelijk zeekleigebied	0,30	—

Invloed 1 punt pH-KCl = 0,5 punt visuele structuurbeoordeling.

Invloed 50 cm grondwaterstand = 0,5 punt visuele structuurbeoordeling.

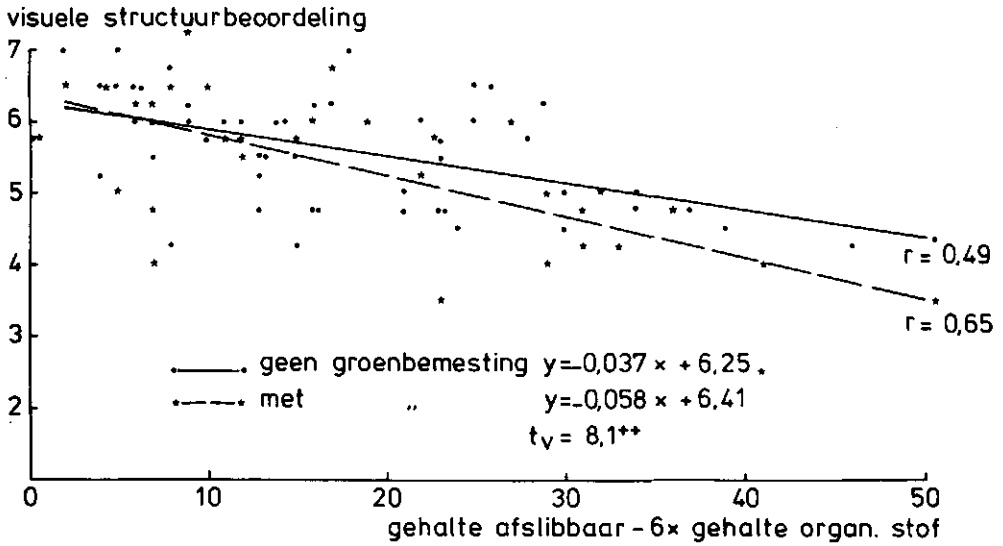
Over de gehele linie komt een gunstige invloed van organische stof op de structuur naar voren, een invloed die in de akkerbouw wat groter lijkt dan in de vollegrondsgroenteteelt. Ook hier kan de conclusie worden getrokken dat het gehalte aan organische stof veel moet worden verhoogd om een structuurverbetering van betekenis te realiseren. Ook hier is door middel van betere ontwatering en bekalking, wanneer dat nog mogelijk is, sneller meer resultaat te verwachten.

4. Invloed van verschillende vormen van organische bemesting op de bodemstructuur

In akkerbouw en vollegrondstuinbouw worden zeer verschillende vormen van organische bemesting toegepast: stalmest, stro, groenbemesting, compost (huisvuil en rioolslib) en veenachtige produkten (turfmolm en tuinturf). De laatste jaren zijn daar nog drijfmest en kipmest bijgekomen. Het effect kan nogal uiteen lopen, niet alleen omdat het effect op het gehalte aan organische stof zeer verschillend is, maar vooral door bijkomende effecten, die te maken hebben met verandering van het vochtgehalte, beworteling, bodembedekking, bodemleven en berijden en bewerken van de grond (de zgn. korte-termijneffecten). Het is niet doenlijk in het kort het wat en hoe van het specifieke effect aan te geven van de verschillende vormen van organische bemesting. Daarom zullen slechts enkele ervaringen worden genoemd.

Stalmest geeft op zware kleigronden vaak een ongunstig effect; regelmatige groenbemesting sorteert vooral effect op slempige gronden; van het inwerken van stro kan in ons land in het algemeen weinig of geen resultaat worden waargenomen; op zware kleigronden in de vollegrondstuinbouw werd met huisvuilcompost een beter resultaat verkregen dan met veenachtige produkten.

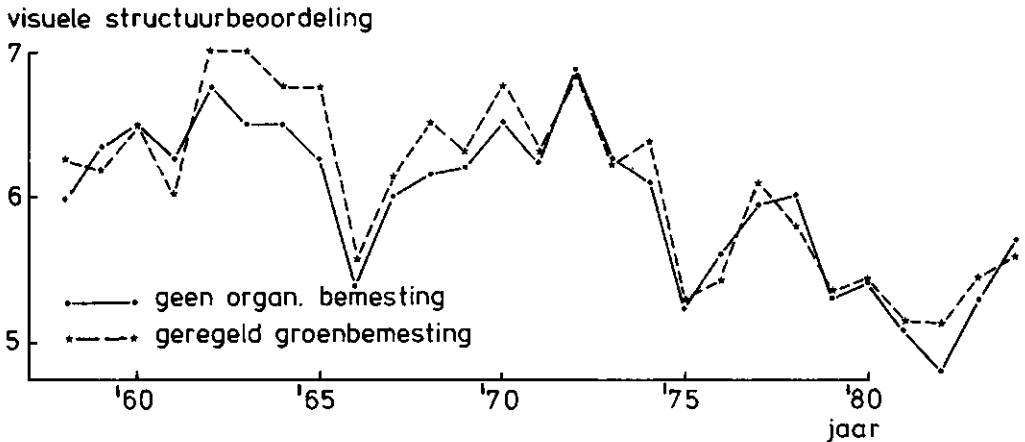
In het algemeen kan worden gezegd dat van de korte-termijneffecten, zoals die destijds vooral van Amerikaanse zijde werden benadrukt, in ons onderzoek weinig is gebleken. Fig. 8, waarin de actuele structuur op percelen met en zonder voorafgaande groenbemester is weergegeven, toont althans geen duidelijk verschil.



Figuur 8. Invloed van voorafgaande groenbemester op de actuele structuur.

5. Betekenis van de organische-stofvoorziening in het proces van structuurterugging en structuurherstel

Er zijn veel factoren die de structuur van de grond beïnvloeden. De organische-stofvoorziening is daar één van, maar de rol daarvan is geringer dan voorheen werd aangenomen. Via andere factoren (ontwatering, kalktoestand, grondbewerking) kan vaak veel effectiever en sneller in de bodemstructuur worden ingegrepen dan via de organische bemesting. En het dreigende structuurverval als gevolg van de moderne ontwikkelingen in de landbouw kan zeker niet door een ruimere organische bemesting worden voorkomen. Het structuuronderzoek op de miniatuur organische-stofbedrijven, dat sinds 1958 jaarlijks werd verricht, heeft dat duidelijk laten zien (fig. 9).



Figuur 9. Verloop van de bodemstructuur bij verschillend organische-stofniveau.

Geraadpleegde literatuur

- Boekel, P., 1962. Betekenis van organische stof voor de vocht- en luchthuishouding van zandgronden. *Landbouwkd. Tijdschr.* 74: 128-135.
- Boekel, P., 1963. The influence of organic matter on the structure of clay soils. *Neth. J. Agric. Sci.* 11: 250-263.
- Pattje, D. J., 1948. Het verstuiwen van onze zandgronden. *Maandblad Landbouvoorlichtingsdienst* 5: 506-512.
- Peerikamp, P. K., 1948. Bodemstructuur en winderosie in Z.O. Groningen. *Maandblad Landbouvoorlichtingsdienst* 5: 512-518.
- Peerikamp, P. K., 1950. De invloed van organische stof op bodemstructuur en winderosie. *Landbouwkundig Tijdschrift* 62: 594-611.
- Pelgrum, A., 1963. Gevoeligheid voor verslemping van lichte klei- en zavelgronden. *Landbouvoorl.* 20: 637-645.
- McHenry, J. R. and Russell, M. B., 1944. Microbial activity and aggregation of mixtures of bentonite and sand. *Soil Sci.* 57: 351-359.
- Gliemerth, G., 1958. Untersuchungen über den Einfluss von organischer Düngung, Pflanzenbestand und Bearbeitung auf Humusgehalt und Aggregateigenschaften eines Löslehms. *Z. Acker Pflanzenbau* 105: 353-376.

De effecten van organische-mestdoseringen op de zware-metaalgehalten in de bouwvoor van akkerbouwgronden

Dr. ir. T. Breimer, CAD voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Akkerbouw en de Tuinbouw, Wageningen, en dr. ir. K. W. Smilde, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren

Inleiding

De hoogte van de zware-metaalgehalten in de bouwvoor van akkerbouwgronden is van belang voor de opbrengst en/of kwaliteit van de geteelde gewassen. Bij hoge gehalten van de meeste zware metalen kan de opbrengst negatief worden beïnvloed, terwijl bij sommige metalen de consumptieve kwaliteit (voor mens of dier) van de gewassen reeds negatief kan worden beïnvloed voordat opbrengstderiving optreedt. De gehalten in de bouwvoor waarboven deze effecten optreden, zijn echter doorgaans moeilijk aan te geven. Ze zijn onder meer afhankelijk van de gewassoort en -variëteit, de zwaarte, het humusgehalte en de pH van de grond en het bemestingsniveau.

De huidige zware-metaalgehalten in de bouwvoor zijn afhankelijk van de geologische oorsprong van het materiaal waaruit de grond is ontstaan, de bodemvormende processen die hebben plaatsgevonden, de agrarische en andere menselijke activiteiten (bijv. het storten van afval) die na de in cultuurname van de grond plaatsvonden en de aanvoer van metalen via lucht en neerslag. Zoals duidelijk zal zijn, zijn de zware-metaalgehalten in de bouwvoor niet constant in de tijd.

De verandering van de gehalten wordt beïnvloed door de volgende processen:

1. De aanvoer van zware metalen via:
 - a. meststoffen (inclusief dierlijke mest en afvalstoffen zoals zuiverings-slib);
 - b. neerslag en droge depositie (stofafzetting);
 - c. metaalhoudende gewasbeschermingsmiddelen.
2. De afvoer van zware metalen via:
 - a. drainwater;
 - b. gewasopname en afvoer van het geoogste gewas.
3. De diepte van bewerken waardoor de gehalten "verdund" kunnen worden.

In het navolgende zullen voor een aantal zware metalen de theoretische effecten van meststoffengebruik op de gehalten in de bouwvoor van akkerbouwgronden worden behandeld. Daarbij wordt speciale aandacht besteed aan de effecten van dierlijke mest.

Uitgangspunten

Bij het berekenen van de aan- en afvoer van zware metalen bij het gebruik van verschillende soorten meststoffen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

Ad 1a. De aanvoer via meststoffen

Voor het berekenen van de aanvoer van zware metalen via kunstmeststoffen zijn de door Henkens (1, 2) gehanteerde gemiddelde gebruikscijfers van kunstmest-N, -P, -K en kalk op bouwland in Nederland (tabel 1) en de gemiddelde zware-metaalgehalten in de verschillende kunstmeststoffen (3, 4, 5) gebruikt.

Tabel 1. Gemiddeld gebruik van kunstmest-N, -P, -K en kalk op bouwland.

"element"		kg per ha	
N	KAS-26 ¹	57	} 140
	mengmeststoffen	83	
P ₂ O ₅			65
K ₂ O			84
zbw ²	onderhoudsbekalking		350
	compensatie verzurende werking van stikstof		109

¹ Om aan te sluiten bij door Henkens uitgevoerde berekeningen is in dit themaboekje uitgegaan van KAS met 26% N. Inmiddels is het stikstofgehalte van KAS verhoogd tot 27% N, waardoor het verzurende effect van KAS enigszins is verhoogd.

² Zuurbindende waarde in kg CaO.

Bij de berekening van de aanvoer van zware metalen via dierlijke meststoffen en zuiverings-slib is de fosfaatbehoefte van het gewas als norm genomen, waarbij de fosfaatgift via deze meststoffen wordt gecompenseerd. Achtergrond van deze keuze is dat bij de kunstmeststoffen voor de meeste zware metalen de aanvoer via fosfaatmeststoffen het hoogst is. De fosfaat- en zware-metaalgehalten in de verschillende mestsoorten staan vermeld in tabel 2.

Tabel 2. Fosfaat- en zware-metaalgehalten in enige "mest"-soorten in kg resp. g per 1000 kg mest.

	P ₂ O ₅	Cd	Cu	Zn	Hg	Ni	Pb	% droge stof	% org. stof
zuiveringsslib	2,8	0,25	30	100	0,25	5	25	5	3
rundveedrijfmest	1,8	0,03	3	5	0,01	0,42	1,10	9,5	6
mestvarkendrijfmest	4,4	0,07	48	38	0,004	1,20	0,66	8	5
kippedrijfmest	8,8	0,11	18	64	0,009	1,35	0,62	15	11
kippemest (droog)	28,3	0,35	57	205	0,036	4,07	3,18	60	43
mestkuikenmest (droog)	24,0	0,41	68	218	0,02	7,93	1,64	58	46

Opmerkingen bij tabel 2:

1. De zware-metaalgehalten in zuiveringsslib zijn berekend uitgaande van een droge-stofpercentage van 5, aannemende dat het slib de maximale gehalten volgens de richtlijn van de Unie van Waterschappen (1-7-'84) bevat (6). De maximale dosering op bouwland daarbij is 2 ton droge stof per ha per jaar.
2. De werkingsfactor voor het fosfaat uit zuiveringsslib is 50%.
3. De Cd-, Cu- en Zn-gehalten in de dierlijke-mestsoorten zijn berekend op basis van de voersamenstelling (7). Deze benadering is gekozen vanwege de variabiliteit in de voersamenstelling. Het Cu-gehalte in mestvarkendrijfmest is bijvoorbeeld gebaseerd op de huidige Cu-gehalten in het voer, 175 mg per kg in het basisvoer en 100 mg per kg in het overige mengvoer. Het Cu-gehalte in het overige mengvoer zal binnen afzienbare tijd worden verlaagd tot maximaal 35 mg per kg.
4. De Hg-, Ni-, Pb-gehalten in de dierlijke-mestsoorten zijn gemeten gehalten in de droge stof van de mestsoorten (8), welke aan de hand van de in tabel 2 vermelde percentages droge stof zijn teruggerekend op "verse"-mestbasis.
5. De werkingsfactor voor fosfaat uit dierlijke mest is 100% (bij jaarlijkse toediening).
6. De P-, droge stof- en organische-stofgehalten zijn afkomstig uit de publikaties 6, 9 en 10.

Een tweede uitgangspunt bij de berekeningen is dat bij gebruik van zuiveringsslib of dierlijke mest de in tabel 1 vermelde kunstmest-N- en -K-giften voor een deel of geheel worden gecompenseerd.

Aangenomen is dat de stikstof in dierlijke mest bij voorjaarstoediening voor 50% en in zuiveringsslib voor 20% werkzaam is, en dat de resterende stikstof als KAS-26 gegeven wordt.

Voor de kali in dierlijke mest en zuiveringsslib wordt een werking van 100% aangehouden. De resterende kali wordt via enkelvoudige kalimeststoffen gegeven.

Voor de gehanteerde N- en K-gehalten in de verschillende "mest"-soorten wordt verwezen naar tabel 3.

In verband met de invloed van de KAS-26 en dierlijke-mestgiften op de kalktoestand van de bouwvoor (zie tabel 3), is ook hiermee in de berekeningen rekening gehouden (zie ook bijlage 1).

Tabel 3. Stikstof- en kaliegehalten in enige "mest"-soorten en de invloed op de kalktoestand van de bouwvoor van bouwland in resp. kg N, kg K₂O en zbw per 1000 kg mest.

	N	K ₂ O	zbw
zuiveringsslib	2,5	0,3	—
rundveedrijfmest	4,4	5,5	— 1
mestvarkendrijfmest	6,8	6,5	+ 1
kippedrijfmest	9,6	6,3	+ 4
kippemest (droog)	24,3	23,8	+21
mestkuikenmest (droog)	26,0	21,5	— 1

Opmerkingen bij tabel 3:

1. N- en K-gehalten in zuiveringsslib uit (6).
2. N- en K-gehalten in rundveedrijfmest en mestkuikenmest (droog) uit (9).
3. N- en K-gehalten in de overige dierlijke-mestsoorten uit (10).
4. De zbw-werking van de verschillende mestsoorten uit (9).
5. De zbw-werking van zuiveringsslib berekend uit gegevens in (11).

Ad 1b. De aanvoer via neerslag

De gegevens omtrent de aanvoer van zware metalen via de neerslag zijn, met uitzondering van kwik, ontleend aan het RID-VEWIN-Meetnet Regenwater 1978-1982 (12). Voor kwik zijn de gegevens ontleend aan (13). De aanname daarbij is dat de meting van de droge depositie in de aanvoer is inbegrepen.

Ad 1c. De aanvoer via metaalhoudende gewasbeschermingsmiddelen

Deze aanvoer is vanwege het ontbreken van gegevens over het gemiddelde gebruik van deze middelen per ha en over de in deze middelen aanwezige gehalten aan zware metalen, niet in de opgestelde balansen opgenomen.

Ad 2. De afvoer via drainwater en gewasopname en via het geoogste gewas

De gegevens hieromtrent zijn gebaseerd op gegevens van het IB (14, 15). De gewasafvoer is berekend voor een bouwplan met 25% aardappelen, 25% suikerbieten en 50% granen, waarbij aangenomen wordt dat stro en bietenblad ondergeploegd worden.

Ad 3. De diepte van bewerken

Bij de berekeningen m.b.t. de verhoging of verlaging van de zware-metaalgehalten in de bouwvoor is gerekend met een bouwvoorgewicht van 3×10^6 kg (bewerkingsdiepte: 25 cm; volumieke massa: 1,2 kg per dm³).

Effecten van verschillende bemestingsscenario's met een jaarlijkse fosfaataanvoer van 65 kg P₂O₅ per ha

In de tabellen 4 t/m 9 zijn voor zes zware metalen de berekende aanvoer, de afvoer en de berekende netto aan- en afvoer per jaar bij een zevental bemestingsscenario's weergegeven

(bijlage 1). Daarnaast zijn in de tabellen opgenomen: de berekende stijging of daling van de gehalten aan zware metalen in de bouwvoor bij het 100 jaar volgen van de bemestingsscenario's en voor vijf grondsoorten de huidige gemiddelde gehalten aan zware metalen in de bouwvoor (16).

Van de bemestingsscenario's in tabellen 4 t/m 9 is voor alle zware metalen de verhoging van het gehalte in de bouwvoor in 100 jaar het grootst bij variant 1 (zuiveringsslib + kunstmest). Bij deze variant is de verhoging doorgaans groter dan 100%. Alleen de cadmium-, nikkel- en lood-gehalten in de bouwvoor van kleigrond, laagveen en löss (m.u.v. lood) stijgen minder dan 100%. Van de overige bemestingsscenario's kan per zwaar metaal het volgende worden opgemerkt:

Cadmium (Cd) (zie tabel 4)

De Cd-aanvoer via de neerslag is relatief groot; deze aanvoer is even groot als de totale Cd-afvoer.

De verhoging van het Cd-gehalte in de bouwvoor in 100 jaar bij variant 7 (alleen kunstmest) is ca. 3 tot 5 maal zo hoog als bij de varianten 2 t/m 6 (dierlijke mest + kunstmest). Hieruit blijkt dat dierlijke mestsoorten relatief cadmiumarme fosfaatmeststoffen zijn in vergelijking met kunstmest.

De betekenis van de verhoging van het Cd-gehalte kan worden afgeleid uit het feit dat bij Cd-gehalten in de bouwvoor boven 0,5 mg (zand- en dalgrond) of 1,0 mg (klei- en veen- grond) per kg grond problemen met betrekking tot de consumptieve kwaliteit van gevoelige gewassen *kunnen* optreden (17).

Tabel 4. De gemiddelde Cd-gehalten in de bouwvoor van vijf grondsoorten op dit moment en de effecten van een zevental bemestingsscenario's (bijlage 1) met jaarlijks 65 kg P₂O₅ per ha op de jaarlijkse Cd-aan- en -afvoer, en de stijging van het Cd-gehalte in de bouwvoor in 100 jaar.

	bemestingsscenario						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>aanvoer van cadmium per jaar (g/ha)</i>							
zuiveringsslib	10						
rundveedrijfmest		1,08					
mestvarkendrijfmest			1,04				
kippedrijfmest				0,81			
kippemest (droog)					0,81		
mestkuikenmest (droog)						1,11	
kunstmest	1,32	0,53	0,49	0,50	0,48	0,54	5,49
neerslag	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69
totaal	14,0	4,3	4,2	4,0	4,0	4,3	8,2
<i>afvoer van cadmium per jaar (g/ha)</i>							
gewas	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
drainwater	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
totaal	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
netto aanvoer per jaar (g/ha)	11,3	1,6	1,5	1,3	1,3	1,6	5,5
stijging van het gehalte in de bouwvoor							
in 100 jaar (mg/kg grond)	0,38	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,18
gemiddeld gehalte in de bouwvoor op dit moment (mg/kg grond)							
						kleigrond	0,5
						zandgrond	0,3
						laagveen	0,9
						dalgrond	0,3
						löss	0,9

Koper (Cu) (zie tabel 5)

De verhoging van het Cu-gehalte in de bouwvoor in 100 jaar bij de varianten 2, 4, 5 en 6 is relatief gering t.o.v. variant 3 (mestvarkendrijfmest + kunstmest), terwijl bij variant 7 (alleen kunstmest) het Cu-gehalte zelfs daalt. De gehalteverhoging bij variant 3 is bij vier van de vijf grondsoorten $\geq 100\%$.

De betekenis van de verhoging van het Cu-gehalte kan worden afgeleid uit het feit dat boven 50 mg (zand- en dalgrond) of 200 mg (klei- en veengrond) Cu per kg grond problemen m.b.t. de productie (opbrengstdaling) van gevoelige gewassen *kunnen* optreden (17).

Uit het voorgaande en tabel 5 blijkt dat, m.u.v. mestvarkendrijfmest, de dierlijke-mestsoorten bij een fosfaataanvoer van 65 kg P_2O_5 per ha per jaar, het Cu-gehalte in de bouwvoor relatief onbeduidend verhogen over een periode van 100 jaar.

Tabel 5. De gemiddelde Cu-gehalten in de bouwvoor van vijf grondsoorten op dit moment en de effecten van een zevental bemestingsscenario's (bijlage 1) met jaarlijks 65 kg P_2O_5 per ha op de jaarlijkse Cu-aan- en -afvoer, en de stijging of daling van het Cu-gehalte in de bouwvoor in 100 jaar.

	bemestingsscenario						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>aanvoer van koper per jaar (g/ha)</i>							
zuiveringsslib	1200						
rundveedrijfmest		90					
mestvarkendrijfmest			710				
kippedrijfmest				133			
kippemest (droog)					131		
mestkuikenmest (droog)						184	
kunstmest	9,5	7,5	7,3	7,4	7,3	7,9	16,7
neerslag	55,9	55,9	55,9	55,9	55,9	55,9	55,9
totaal	1265	153	773	196	194	248	73
<i>afvoer van koper per jaar (g/ha)</i>							
gewas	40	40	40	40	40	40	40
drainwater	75	75	75	75	75	75	75
totaal	115	115	115	115	115	115	115
netto aan- of afvoer per jaar (g/ha)	1150	38	658	81	79	133	-42
stijging of daling van het gehalte in de bouwvoor in 100 jaar (mg/kg grond)	38,4	1,3	21,9	2,7	2,6	4,4	-1,4
gemiddeld gehalte in de bouwvoor op dit moment (mg/kg grond)						kleigrond	23
						zandgrond	11
						laagveen	28
						dalgrond	21
						löss	13

Zink (Zn) (zie tabel 6)

De Zn-aanvoer via de neerslag is relatief groot; deze aanvoer is zelfs groter dan de totale Zn-afvoer.

De verhoging van het Zn-gehalte in de bouwvoor in 100 jaar bij de varianten 3 t/m 6 is 3 à 3½ maal en bij variant 2 1½ maal groter dan bij variant 7 (alleen kunstmest).

De betekenis van de verhoging van het Zn-gehalte kan worden afgeleid uit het feit dat boven 100 mg (zand- en dalgrond) of 350 mg (klei- en veengrond) Zn per kg grond problemen m.b.t. de productie (opbrengstdaling) van gevoelige gewassen kunnen optreden (17).

Uit het voorgaande en tabel 6 blijkt dat dierlijke-mestsoorten bij een fosfaataanvoer van 65 kg P₂O₅ per ha per jaar het Zn-gehalte in de bouwvoor sterker verhogen over een periode van 100 jaar dan alleen kunstmest. Deze verhoging is echter waarschijnlijk niet van invloed op de productie.

Tabel 6. De gemiddelde Zn-gehalten in de bouwvoor van vijf grondsoorten op dit moment en de effecten van een zevental bemestingsscenario's (bijlage 1) met jaarlijks 65 kg P₂O₅ per ha op de jaarlijkse Zn-aan- en -afvoer, en de stijging van het Zn-gehalte in de bouwvoor in 100 jaar.

	bemestingsscenario						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>aanvoer van zink per jaar (g/ha)</i>							
zuiveringsslib	4000						
rundveedrijfmest		188					
mestvarkendrijfmest			562				
kippedrijfmest				474			
kippemest (droog)					472		
mestkuikenmest (droog)						589	
kunstmest	110	100	92	91	88	99	163
neerslag	394	394	394	394	394	394	394
totaal	4504	682	1048	959	954	1082	557
<i>afvoer van zink per jaar (g/ha)</i>							
gewas	250	250	250	250	250	250	250
drainwater	88	88	88	88	88	88	88
totaal	338	338	338	338	338	338	338
netto aanvoer per jaar (g/ha)	4166	344	710	621	616	744	219
stijging van het gehalte in de bouwvoor in 100 jaar (mg/kg grond)	139	11	24	21	21	25	7
gemiddeld gehalte in de bouwvoor op dit moment (mg/kg grond)						kleigrond	117
						zandgrond	44
						laagveen	101
						dalgrond	25
						löss	86

Kwik (Hg) (zie tabel 7)

De Hg-aanvoer via de neerslag is meer dan tweemaal zo groot als de totale Hg-afvoer. De aanvoer van kwik via de varianten 3 t/m 7 is relatief klein; alleen bij variant 2 (rundveedrijfmest + kunstmest) zou de Hg-aanvoer van enige betekenis kunnen zijn.

De betekenis van de verhoging van het Hg-gehalte in de bouwvoor in 100 jaar is echter bij de varianten 2 t/m 7 relatief gering, aangezien pas boven 2 mg Hg per kg grond problemen m.b.t. de kwaliteit kunnen optreden (17).

Tabel 7. De gemiddelde Hg-gehalten in de bouwvoor van vijf grondsoorten op dit moment en de effecten van een zevental bemestingsscenario's (bijlage 1) met jaarlijks 65 kg P₂O₅ per ha op de jaarlijkse Hg-aan- en -afvoer, en de stijging van het Hg-gehalte in de bouwvoor in 100 jaar.

	bemestingsscenario						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>aanvoer van kwik per jaar (g/ha)</i>							
zuiveringsslib	10						
rundveedrijfmest		0,36					
mestvarkendrijfmest			0,06				
kippedrijfmest				0,07			
kippemest (droog)					0,08		
mestkuikenmest (droog)						0,05	
kunstmest	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
neerslag	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
totaal	10,76	1,12	0,82	0,83	0,84	0,81	0,77
<i>afvoer van kwik per jaar (g/ha)</i>							
gewas	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
drainwater	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
totaal	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
netto aanvoer per jaar (g/ha)	10,43	0,79	0,49	0,50	0,51	0,48	0,44
<i>stijging van het gehalte in de bouwvoor in 100 jaar (mg/kg grond)</i>							
	0,35	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
<i>gemiddeld gehalte in de bouwvoor op dit moment (mg/kg grond)</i>						kleigrond	0,2
						zandgrond	0,2
						laagveen	0,2
						dalgrond	0,1
						löss	0,1

Nikkel (Ni) (zie tabel 8)

De verhoging van het Ni-gehalte in de bouwvoor in 100 jaar is bij de varianten 2, 3 en 6 relatief gering. Bij de varianten 4, 5 en 7 treedt zelfs een daling van het Ni-gehalte op.

Tabel 8. De gemiddelde Ni-gehalten in de bouwvoor van vijf grondsoorten op dit moment en de effecten van een zevental bemestingsscenario's (bijlage 1) met jaarlijks 65 kg P₂O₅ per ha op de jaarlijkse Ni-aan- en -afvoer, en de stijging of daling van het Ni-gehalte in de bouwvoor in 100 jaar.

	bemestingsscenario						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>aanvoer van nikkel per jaar (g/ha)</i>							
zuiveringsslib	200						
rundveedrijfmest		15,2					
mestvarkendrijfmest			17,8				
kippedrijfmest				10,0			
kippemest (droog)					9,4		
mestkuikenmest (droog)						21,4	
kunstmest	5,6	4,5	4,2	4,2	4,0	4,5	11,5
neerslag	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
totaal	216,2	30,3	32,6	24,8	24,0	36,5	22,1
<i>afvoer van nikkel per jaar (g/ha)</i>							
gewas	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
drainwater	25	25	25	25	25	25	25
totaal	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3
netto aan- of afvoer per jaar (g/ha)	188,9	3,0	5,3	-2,5	-3,3	9,2	-5,2
stijging of daling van het gehalte in de bouwvoor in 100 jaar (mg/kg grond)	6,3	0,10	0,18	-0,08	-0,11	0,31	-0,17
gemiddeld gehalte in de bouwvoor op dit moment (mg/kg grond)						kleigrond	33
						zandgrond	5
						laagveen	26
						dalgrond	3
						löss	13

Lood (Pb) (zie tabel 9)

De Pb-aanvoer via de neerslag is ca. twintig maal zo groot als de totale Pb-afvoer.

De verhoging van het Pb-gehalte in de bouwvoor in 100 jaar is bij de varianten 2 t/m 7 ongeveer van dezelfde grootte.

De betekenis van de verhoging van het Pb-gehalte kan worden afgeleid uit het feit dat boven 100 mg (zand- en dalgrond) of 150 mg (klei- en veengrond) Pb per kg grond problemen m.b.t. de consumptieve kwaliteit van gevoelige gewassen kunnen optreden (17).

Uit het voorgaande en tabel 9 blijkt dat voor zowel dierlijke-mestsoorten als kunstmest bij een fosfaataanvoer van 65 kg P₂O₅ per ha per jaar over een periode van 100 jaar de verhoging van het Pb-gehalte in de bouwvoor waarschijnlijk van geringe betekenis is.

Tabel 9. De gemiddelde Pb-gehalten in de bouwvoor van vijf grondsoorten op dit moment en de effecten van een zevental bemestingsscenario's (bijlage 1) met jaarlijks 65 kg P₂O₅ per ha op de jaarlijkse Pb-aan- en -afvoer, en de stijging van het Pb-gehalte in de bouwvoor in 100 jaar.

	bemestingsscenario						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>aanvoer van lood per jaar (g/ha)</i>							
zuiveringsslib	1000						
rundveedrijfmest		39,7					
mestvarkendrijfmest			9,8				
kippedrijfmest				4,6			
kippemest (droog)					7,3		
mestkuikemest (droog)						4,4	
kunstmest	44,6	44,6	40,5	40,1	38,5	43,6	51,1
neerslag	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6
totaal	1142	182	148	142	143	146	149
<i>afvoer van lood per jaar (g/ha)</i>							
gewas	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
drainwater	4	4	4	4	4	4	4
totaal	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
netto aanvoer per jaar (g/ha)	1137	176	142	137	138	140	143
stijging van het gehalte in de bouwvoor in 100 jaar (mg/kg grond)	37,9	5,9	4,8	4,6	4,6	4,7	4,8
gemiddeld gehalte in de bouwvoor op dit moment (mg/kg grond)							
						kleigrond	43
						zandgrond	31
						laagveen	71
						dalgrond	32
						löss	30

Uit het voorgaande kan, bij een fosfaataanvoer van 65 kg P₂O₅ per ha per jaar gedurende 100 jaar, het volgende worden geconcludeerd:

- Bij gebruik van zuiveringsslib + kunstmest kunnen, behalve op kleigrond, problemen m.b.t. de consumptieve kwaliteit van gevoelige gewassen worden verwacht i.v.m. de verhoging van het Cd-gehalte in de bouwvoor.

Daarnaast zouden op zand- en dalgrond i.v.m. de verhoging van het Cu- en Zn-gehalte in de bouwvoor, problemen m.b.t. de gewasproductie kunnen optreden.

- Bij het gebruik van dierlijke mest + kunstmest en alleen kunstmest zijn er naar alle waarschijnlijkheid geen problemen m.b.t. productie en/of kwaliteit van de gewassen te verwachten.

Effecten van bemestingsscenario's met een hogere fosfaataanvoer

In de op stapel staande wetgeving m.b.t. het gebruik van dierlijke-mestsoorten wordt de dosering van dierlijke mest gebaseerd op de jaarlijkse fosfaataanvoer. In tabel 10 is daarom, over een periode van 100 jaar, de verhoging van de gehalten aan de drie meest kritische zware metalen in de bouwvoor weergegeven bij oplopende fosfaatdoseringen per ha per jaar. De verhoging is op dezelfde wijze berekend als in het tweede gedeelte is aangegeven. Uit tabel 10 en hetgeen in het voorgaande hoofdstuk is vermeld, blijkt dat er waarschijnlijk bij geen van de vermelde dierlijke-mestdoseringen problemen m.b.t. het Cd-gehalte in de bouwvoor zullen ontstaan binnen een periode van 100 jaar.

Tabel 10. Stijging van de cadmium-, koper- en zinkgehalten in de bouwvoor in 100 jaar bij jaarlijkse doseringen van dierlijke mest in afhankelijkheid van de hoeveelheid P_2O_5 per ha (berekingswijze als in tabel 4 t/m 9).

P-dosering: (als mest)	kg P_2O_5 per ha per jaar					
	65	100	125	150	200	300
<i>stijging Cd-gehalte in mg per kg grond</i>						
rundveedrijfmest	0,05	0,07	0,09	0,10	0,13	0,19
mestvarkendrijfmest	0,05	0,07	0,08	0,09	0,12	0,17
kippedrijfmest	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,13
kippemest (droog)	0,04	0,06	0,06	0,07	0,09	0,13
mestkuikenmest (droog)	0,05	0,07	0,09	0,10	0,13	0,19
<i>stijging Cu-gehalte in mg per kg grond</i>						
rundveedrijfmest	1,3	2,9	4,1	5,2	7,6	12,2
mestvarkendrijfmest	21,9	34,6	43,7	52,8	70,9	107,3
kippedrijfmest	2,7	5,1	6,8	8,4	11,8	18,6
kippemest (droog)	2,6	4,9	6,6	8,3	11,6	18,2
mestkuikenmest (droog)	4,4	7,7	10,1	12,4	17,1	26,6
<i>stijging Zn-gehalte in mg per kg grond</i>						
rundveedrijfmest	11	15	17	20	25	35
mestvarkendrijfmest	24	34	41	48	62	91
kippedrijfmest	21	29	35	41	52	76
kippemest (droog)	21	29	35	40	52	75
mestkuikenmest (droog)	25	35	43	50	65	96

Ditzelfde geldt, met uitzondering van mestvarkendrijfmest + kunstmest, ook voor het Cu-gehalte in de bouwvoor. Voor mestvarkendrijfmest + kunstmest zouden op dal- en zandgrond binnen een periode van 100 jaar echter problemen m.b.t. de gewasproductie kunnen optreden bij fosfaatdoseringen vanaf resp. 100 en 125 kg P_2O_5 per ha per jaar.

Met uitzondering van rundveedrijfmest + kunstmest zouden bij de overige dierlijke-mestsoorten problemen kunnen optreden m.b.t. de gewasproductie, i.v.m. het Zn-gehalte in de bouwvoor van zand- en dalgronden bij fosfaatdoseringen van resp. 200 en 300 kg P_2O_5 per ha per jaar over een periode van 100 jaar.

Indien éénmaal per twee of vier jaar een hoeveelheid organische stof van 3500 kg per ha in de vorm van dierlijke mest wordt gegeven, is de gemiddelde fosfaatdosering per jaar het hoogst bij mestvarkendrijfmest, resp. circa 155 en 75 kg P_2O_5 per ha.

Uit het voorgaande en tabel 10 kan worden geconcludeerd dat waarschijnlijk alleen bij een dergelijke organische-stofdosering eens per twee jaar in de vorm van mestvarkensdrijfmest binnen een periode van 100 jaar, problemen kunnen optreden op zand- en dalgrond i.v.m. het Cu-gehalte in de bouwvoor.

Kanttekeningen

Tot besluit nog enige opmerkingen over de uitgangspunten en de verschillende mestdoseringen.

Allereerst moet erop gewezen worden dat het uitgangspunt dat de afvoer van zware metalen onafhankelijk is van de aanvoer, niet geheel juist is. Zo mag worden aangenomen, dat bij een hoger gehalte in de bouwvoor de afvoer via drainwater hoger wordt, terwijl waarschijnlijk ook de gewasopname zal toenemen. Dit zal tot een geringere verhoging van de gehalten in de bouwvoor leiden dan in de tabellen 4 t/m 10 is weergegeven.

Verder dient vermeld te worden, dat behalve de zware-metalenaanvoer ook de nitraatuitspoeling bij dierlijke-mestdoseringen van belang kan zijn. Deze nitraatuitspoeling is met name in grondwaterbeschermingsgebieden een belangrijker aspect dan de zware-metalenaanvoer.

Tot slot moet worden opgemerkt dat bij fosfaatdoseringen die hoger zijn dan de fosfaatonttrekking door gewassen, het fosfaatgehalte in de grond zal toenemen. Met name bij hoge doseringen kan dit op den duur leiden tot een verzadiging van de grond met fosfaat, waarbij er fosfaat in het grond- en oppervlaktewater terecht komt.

Samenvatting

Voor een aantal bemestingsscenario's zijn de (theoretische) effecten op de zware-metaalgehalten in de bouwvoor van akkerbouwgronden weergegeven.

Bij een fosfaataanvoer van 65 kg P_2O_5 per ha per jaar zijn over een periode van 100 jaar waarschijnlijk geen problemen met betrekking tot de productie en/of kwaliteit van de geteelde gewassen te verwachten, als gevolg van de zware-metaalgehalten in de bouwvoor bij gebruik van een viertal dierlijke mestsoorten + kunstmest of kunstmest alleen. Bij gebruik van zuiveringszand met de op dit moment maximaal toelaatbare gehalten aan zware metalen en kunstmest zijn echter waarschijnlijk binnen de genoemde periode wel problemen te verwachten. Het Cd-gehalte in de bouwvoor wordt namelijk zodanig verhoogd dat de kwaliteit van gevoelige gewassen onaanvaardbaar kan worden, terwijl bovendien het Cu- en Zn-gehalte in de bouwvoor van zand- en dalgrond zodanig wordt verhoogd dat de gewasproductie negatief beïnvloed kan worden.

Bij een hogere fosfaataanvoer (tot 300 kg P_2O_5 per ha per jaar) zijn binnen een periode van 100 jaar voor rundveedrijfmest waarschijnlijk geen problemen te verwachten als gevolg van de zware-metaalgehalten in de bouwvoor. Ditzelfde geldt voor kippedrijfmest, kippemest (droog) en mestkuikenmest (droog) met betrekking tot het Cd- en Cu-gehalte in de bouwvoor.

Het Zn-gehalte in de bouwvoor van zand- en dalgrond kan bij gebruik van deze meststofsoorten en mestvarkendrijfmest echter zodanig worden verhoogd bij doseringen van 200-300 kg P_2O_5 per ha per jaar gedurende de eerdergenoemde periode, dat de gewasproductie negatief beïnvloed kan worden.

Bij het gebruik van mestvarkendrijfmest gedurende een periode van 100 jaar tenslotte, zijn waarschijnlijk dezelfde problemen te verwachten in verband met de verhoging van Cu-gehalte in de bouwvoor van zand- en dalgrond bij doseringen van 100-125 kg P_2O_5 per ha per jaar.

Bijlage 1

Bemestingsscenario's waarbij enerzijds met organische meststoffen 65 kg P₂O₅ per ha en anderzijds minimaal de hoeveelheden stikstof, kali en de onderhoudsbekalking uit tabel 1 wordt gegeven; het laatste zondig met behulp van aanvullende kunstmestgiften.

Scenario 1: 40 ton zuiveringslib (5% d.s.) per ha.

	effectieve hoeveelheden (kg per ha)	aanvullende, als kunstmest te geven, hoeveelheden (kg per ha)	
N	20	120	
P ₂ O ₅	55	10	
K ₂ O	12	72	
Zbw - 1	—	—	} 405
2	—	55	
3	—	350	

Scenario 2: 36 ton rundveedrijfmest per ha.

	effectieve hoeveelheden (kg per ha)	aanvullende, als kunstmest te geven, hoeveelheden (kg per ha)	
N	79	61	
P ₂ O ₅	65	—	
K ₂ O	198	—	
Zbw - 1	-36	36	} 414
2	—	28	
3	—	350	

Scenario 3: 15 ton mestvarkendrijfmest per ha.

	effectieve hoeveelheden (kg per ha)	aanvullende, als kunstmest te geven, hoeveelheden (kg per ha)	
N	51	89	
P ₂ O ₅	65	—	
K ₂ O	98	—	
Zbw - 1	15	-15	} 376
2	—	41	
3	—	350	

Scenario 4: 7,4 ton kippedrijfmest per ha.

	effectieve hoeveelheden (kg per ha)	aanvullende, als kunstmest te geven, hoeveelheden (kg per ha)	
N	36	104	
P ₂ O ₅	65	—	
K ₂ O	47	37	
Zbw - 1	30	-30	} 368
2	—	48	
3	—	350	

Scenario 5: 2,3 ton kippemest (droog) per ha.

	effectieve hoeveelheden (kg per ha)	aanvullende, als kunstmest te geven, hoeveelheden (kg per ha)	
N	28	112	
P ₂ O ₅	65	—	
K ₂ O	55	29	
Zbw - 1	48	-48	} 354
2	—	52	
3	—	350	

Scenario 6: 2,7 ton mestkuikenmest per ha.

	effectieve hoeveelheden (kg per ha)	aanvullende, als kunstmest te geven, hoeveelheden (kg per ha)	
N	35	105	
P ₂ O ₅	65	—	
K ₂ O	58	26	
Zbw - 1	-3	3	} 401
2	—	48	
3	—	350	

Scenario 7: Zie tabel 1.

N.B.

Zbw - 1 = Werking op de kalktoestand van de bouwvoor door de organische-mest (zie tabel 3);

Zbw - 2 = compensatie van de verzurende werking van KAS-26 (aanvullende kunstmeststikstof);

Zbw - 3 = onderhoudsbekalking.

Literatuur

- Henkens, Ch. H., 1983: Beleid ten aanzien van de cadmiumaanvoer in de akkerbouw. De Buffer 29 (1): 1-51.
- Henkens, Ch. H., 1983: De landbouwkundige consequenties van de cadmiumnormen. Bedrijfsontwikkeling 14 (6): 504-507.
- Henkens, Ch. H., 1983: Cadmium in meststoffen. Bedrijfsontwikkeling 14 (6): 484-489.
- Nog niet gepubliceerde IB-gegevens, 1985.
- Maas, G., 1980: Schatting van de hoeveelheid zware metalen, die door de toegediende scheikundige meststoffen op de Belgische landbouwgronden worden afgezet. Landbouwtijdschrift 33: 326-332.
- Unie van Waterschappen, 1985: Handleiding voor de gebruiker van zuiveringsslib in de landbouw. Consulentenschap voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Veehouderij, 1985: Vlugschrift Dierlijke Mest (in druk).
- IB-jaarverslag 1984.
- Consulentenschap voor Bodemaangelegenheden in de Landbouw, februari 1983: Samenstelling van dierlijke meststoffen in kg per 1000 kg mest.
- Lammers, H. W., 1984: Hoeveelheden N, P en K per diersoort per stalperiode en de gehalten in de mest. De Buffer 30 (5): 147-167.
- Haan, S. de, Lubbers, J. en Jong, A. de, 1985: Zuiveringsslib in de akkerbouw. Resultaten van veldproeven (1977 t/m 1982). Verslag nr. 38 PAGV.
- Meent, D. van de, Oosterwijk, J. van en Aldenberg, T., maart 1984: RID-VEWIN Meetnet Regenwater 1978-1982. Deel 1: Samenvatting en statistische bewerking van de meetresultaten. ECOWAD 84-01, RIVM.
- Paul, P. G., Sommers, J. A. en Scholte Ubijg, D. W., 1981: Belasting van de bodem van Nederland met zware metalen. De Ingenieur 8: 15-19.
- Haan, S. de, 1980: Die chemische Zusammensetzung von Dränwassern und mit Klärschlamm oder Müllkompost behandelte Böden. Landwirtschaftliche Forschung 33: 166-178.

- Werkgroep Samenstellingseisen Meststoffen van de Commissie van Deskundigen inzake het Meststoffenbesluit, 1983: De zware-metaalbelasting van de grond door gebruik van meststoffen en afvalstoffen.
- Driel, W. van en Smilde, K. W., 1981: Heavy-metal contents in Dutch arable soils. VDLUFA-congres Trier. Landwirtschaftliche Forschung Sonder-Heft 38: 305-313.
- Landbouw-Advies-Commissie Milieukritische Stoffen, 1985: Signaalwaarden voor de gehalten van milieukritische stoffen in de grond met het oog op landbouwkundige gebruiksmogelijkheden van verontreinigde bodems. (Voorlopige versie).

De toepassing van organische bemesting in bedrijfsverband

Ir. H. H. H. Titulaer en ing. O. Hoekstra, PAGV, Lelystad

Inleiding

De noodzaak om organische stof aan de grond toe te voegen om de bodemvruchtbaarheid op peil te houden of te verhogen wordt algemeen erkend. Vooral de Duitsers hechten grote waarde aan de toediening van organische stof aan de grond voor het verkrijgen van een goede "Bodengare". Hieronder wordt het hele complex verstaan van de bodembioologische activiteit in de grond en dan met name in de bouwvoor. Bij aanwezigheid van een goede "Bodengare" zou er een evenwicht bestaan, waarbij overheersing van ziekteverwekkende microben niet voorkomt, een goede en stabiele aggregaatvorming van de bodemdeeltjes aanwezig is en waarbij de voedingsstoffen voor de planten op de juiste wijze, hoeveelheid en snelheid zullen worden toegeleverd.

De Engelsen hechten daarentegen minder aan een goede "Bodengare" en trachten hun gewasproductie te realiseren door een intensieve grondbewerking, gewasbescherming en het gebruik van kunstmest.

In Nederland zitten wij tussen deze twee stromingen in. Als een tegemoetkoming aan het idee van een goede "Bodengare" ziet de Nederlandse akkerbouwer wel het nut van een regelmatige voorziening van de grond met organische stof, aan de andere kant zal hij gebruik maken van de hem ten dienste staande grondbewerkingswerktuigen, gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest.

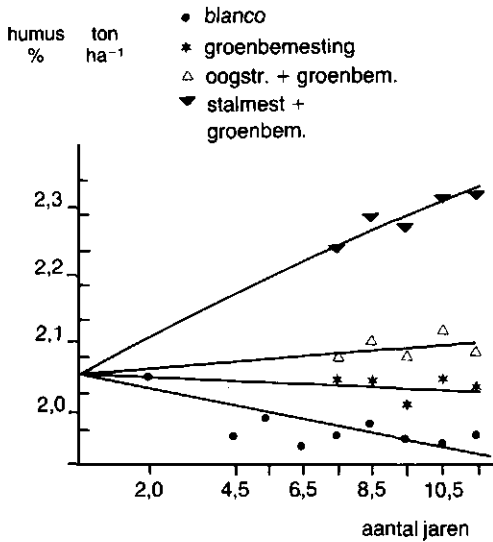
Er zal hier geen oordeel worden uitgesproken over welk van beide bovengenoemde benaderingen de voorkeur zal hebben, aangezien de teeltomstandigheden in Nederland totaal anders zijn dan in Duitsland en Engeland. In de grote akkerbouwgebieden in Duitsland bestaat het bouwplan meestal uit twee of meer graanjaren, afgewisseld met suikerbieten. In Engeland komen met uitzondering van enkele specifieke aardappelen- of suikerbietenteeltgebieden slechts graanbouwplannen voor, wel of niet afgewisseld met kunstweiden.

De Nederlandse akkerbouwer heeft meestal een bouwplan met 50% of meer rooivruchten. Dit bouwplan stelt zware eisen aan de grond, vooral bij de oogst van de rooivruchten. De noodzaak om vooral de structuur van de grond op peil te houden of te verbeteren is dan zeer belangrijk.

Algemeen wordt aangenomen dat het bij een juiste wijze van toediening van organische stof mogelijk is om de structuur van de grond te verbeteren of op een bepaalde toestand te houden, mits andere structuurbepalende factoren in orde zijn. Hieronder zal worden nagegaan in hoeverre het voor een akkerbouwer mogelijk is om de organische-stoftoevoer aan zijn grond te realiseren.

Bij een normale bedrijfsvoering, zonder aandacht te schenken aan een extra toevoer van organische stof, bestaat deze toevoer uit oogstresten zoals wortels, stoppels en bladresten. Door toepassing van bepaalde oogsttechnieken en/of afzetproblemen kunnen sommige bijprodukten niet meer verzameld worden en komen daardoor bij de oogstresten terecht. Voorbeelden hiervan zijn bietenblad en stro.

In de loop van de tijd vindt afbraak plaats van de op deze manier aangevoerde organische stof. De afbraak is sterk afhankelijk van de aard, hoeveelheid en behandeling van de organische stof. Het opstellen van een balans van de aanvoer en afbraak van organische stof maakt het mogelijk een indruk te krijgen over de netto-aanvoer van organische stof binnen een gewasrotatie. Op grond hiervan kan besloten worden tot wel of geen extra aanvoer van organische stof en de daarvoor benodigde soort en hoeveelheid. De aanvoer kan gebeuren d.m.v. een teeltmaatregel met diverse groenbemesters of door aanvoer van organische stof van buitenaf. Een combinatie van oogstresten met een of beide van de hierboven genoemde maatregelen is ook mogelijk.



Figuur 1. Het verloop van het humusgehalte in de bouwvoor als gevolg van verschillen in organische-stofbemesting (Hofman en Van Ruymbek, 1980).

In figuur 1 zijn de resultaten weergegeven van een 12 jaar durende proef, waarbij het verloop van het humusgehalte van de grond werd gevolgd bij diverse systemen van toediening van organische stof (De Leenheer e.a., 1977). Het onderzoek werd uitgevoerd op lössgrond in België in een bouwplan met suikerbieten, wintertarwe en wintergerst.

Uit deze resultaten blijkt dat zonder extra aanvoer van organische stof het humusgehalte van de bouwvoor langzaam maar zeker daalt: in een periode van 12 jaar van 2,08% naar 1,95% oftewel met 5%. Door toepassing van groenbemesters (Italiaans raaigras) treedt zelfs nog een lichte daling van het humusgehalte op. Een aanvulling van de groenbemesting met stro en bietenblad kan het humusgehalte op peil houden en zelfs licht laten stijgen. Slechts een toepassing van een groenbemesting in combinatie met stalmest is in staat het humusgehalte zichtbaar te verhogen.

De vraag is waar, wanneer en hoe de aanvullende organische-stofbemesting binnen het bouwplan toegepast moet worden om een optimaal profijt te hebben, en in welke hoeveelheden.

Effectieve organische stof

Om een indruk te krijgen over de effecten van het toedienen van diverse soorten organische mest op het organische-stofgehalte van de grond is het noodzakelijk om te weten waar het om gaat.

Van de organische stof, die met plantenresten, groenbemesting, dierlijke mest, afvalstoffen enzovoort aan de grond wordt toegediend, verteert een bepaald deel in het eerste jaar en de rest verteert in de daaropvolgende jaren. De hoeveelheid organische stof die na één jaar nog in de grond aanwezig is, levert een bijdrage aan de verhoging of het op peil houden van het organische-stofgehalte van de grond. Deze hoeveelheid wordt de "effectieve organische stof" genoemd en de hoogte is afhankelijk van de humificatie-coëfficiënt van het betreffende organische materiaal.

Tabel 1. De hoeveelheden effectieve organische stof die jaarlijks via diverse gewassen aan de grond wordt toegevoegd (kg ha⁻¹).

gewas	wortel-resten	halm-resten	kaf + stro	totaal	stro	totaal
winterarwe	560	630	450	1640	990	2630
zomertarwe	490	630	510	1630	960	2590
wintergerst	490	630	450	1570	780	2350
zomergerst	350	570	390	1310	630	1940
haver	490	630	450	1570	900	2470
snijmaïs	700	150	—	850	—	850
korrelmaïs	700	1500	—	2200	2200	2200

gewas	wortel-resten	blad-resten	oogst-resten	totaal	bij-producten	totaal
aardappelen	175	540	60	775	100 ¹	875
suikerbieten	175	140	60	375	960 ²	1275
uien	105	—	40	145	—	145
erwten	140	—	30	170	320 ³	490
graszaad 1-jarig	875	—	300	1175	—	1175
graszaad 2-jarig	2275	—	300	2575	—	2575
graszaad 3-jarig	3675	—	300	3975	—	3975

¹ kriel; ² kop + blad; ³ loof; (Bron: PAGV Handboek 1981).

Tabel 2. De hoeveelheden effectieve organische stof die jaarlijks via groenbemesters kunnen worden aangevoerd (kg ha⁻¹).

groenbemester	ondergrondse delen	bovengrondse delen	totaal
<i>onder dekvruucht</i>			
Italiaans of Westerwolds raagras	595	660	1255
Engels raagras	595	560	1155
rode klaver	525	640	1165
hopperups	210	580	790
witte klaver	350	500	850
<i>in de stoppel</i>			
Italiaans of Westerwolds raagras	420	660	1080
wikken	105	540	645
bladkool	280	560	840
bladrammenas	210	640	850
stoppelknollen	70	760	830

(Bron: PAGV Handboek 1981).

Tabel 3. De hoeveelheden effectieve organische stof (kg ha⁻¹) die via eenheden van 10 ton dierlijke mest aan de grond worden toegevoegd.

soort mest	ds-gehalte (%)	org. stofgehalte (%)	effectieve org. stof (kg ha ⁻¹)
<i>dunne mest</i>			
runderen	9,5	6,0	300
varkens	8,0	6,3	315
kippen	14,0	9,5	475
<i>vaste mest</i>			
kippen, vochtig	32,0	23,0	1150
kippen, droog	58,0	37,0	1850
mestkuikens	56,0	46,0	2300
champignons	38,0	19,0	950

De bijdragen die verschillende gewassen (tabel 1), groenbemesters (tabel 2) en dierlijke mest (tabel 3) aan effectieve organische stof kunnen leveren, zijn vrij goed bekend. Vanzelfsprekend zijn dit gemiddelde waarden, die hoger of lager kunnen uitvallen naar gelang de hoeveelheid vers materiaal die wordt toegediend en de wijze waarop dit gebeurt.

Volgens gegevens van Kortleven (1963) wordt jaarlijks 2% van de in de grond aanwezige organische stof afgebroken. Om het organische-stofgehalte op peil te houden zal deze afbraak gecompenseerd moeten worden. Voor deze compensatie wordt aangenomen dat een jaarlijkse toevoer van 1200-1500 kg effectieve organische stof voldoende is.

Als voorbeeld is een bouwplan gekozen zoals dat gemiddeld in de Centrale bouwstreek voorkomt. Dit bouwplan bestaat uit 25% aardappelen, 25% suikerbieten en 50% granen. De effectieve organische-stoftoevoer is weergegeven in tabel 4. Daarbij is er van uitgegaan dat er geen groenbemesters verbouwd worden, het stro afgevoerd wordt, en dat tengevolge van de tegenwoordige oogstmethode van suikerbieten de koppen en het blad op het veld achterblijven.

Tabel 4. Aanvoer van effectieve organische stof (kg ha⁻¹ per jaar) in een gemiddeld bouwplan in de Centrale bouwstreek.

bouwplan	gewasaandeel %	effectieve organische-stoftoevoer	
		per gewas	gem. per jaar
aardappelen ¹	25	875	219
winterarwe	25	1640	410
suikerbieten	25	1275	319
zomergranen ²	25	1503	376
totaal			1324

¹ consumptie- of pootaardappelen

² haver, zomergerst of zomertarwe (gemiddeld)

De in dit bouwplan aangevoerde hoeveelheid effectieve organische stof valt ruimschoots binnen de gestelde norm, waarbij het organische-stofgehalte van de grond op peil zou blijven.

Teelttechnisch bezien is het vrij eenvoudig om de toegevoerde hoeveelheid effectieve organische stof te verhogen via het telen van een groenbemester of het achterlaten van het stro op het land. Bij deze vruchtopvolging is het mogelijk om twee keer een groenbemester te telen na de granen, hetzij onder dekvrucht of als stoppelgewas. Ook een tweemaalige strobemesting behoort tot de mogelijkheden. De teelttechnische mogelijkheden om extra hoeveelheden organische stof aan de grond toe te voeren zijn in tabel 5 schematisch voorgesteld.

Tabel 5. De extra toevoer van effectieve organische stof per rotatie in kg ha⁻¹ per jaar.

	geen groenbemester	één keer groenbemester	twee keer groenbemester
geen stro	—	361	602
één keer stro	248	549	849
twee keer stro	456	953	1253

De aanname is dat bij één keer stro achterlaten het stro van winterarwe gebruikt wordt en dat bij twee keer stro daar het stro van het gemiddelde van de zomergranen bijkomt. Voor de groenbemesters is uitgegaan van het gemiddelde van Italiaans en Engels raigras gezaaid onder dekvrucht.

In de praktijk zal het wel of niet toepassen van een strobemesting afhankelijk zijn van de stro-prijs; meestal wordt het stro echter afgevoerd. In de meeste gevallen wordt na granen echter wel een groenbemester verbouwd. In de als voorbeeld gekozen rotatie levert deze groenbemester jaarlijks een extra hoeveelheid effectieve organische stof van ± 600 kg ha⁻¹.

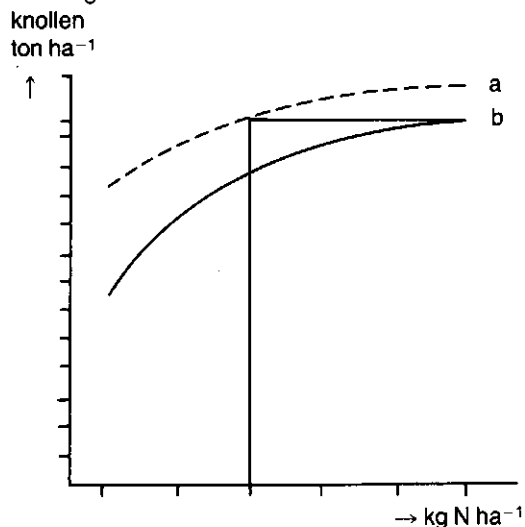
Zonder een al te grote teeltkundige inspanning kan in deze rotatie jaarlijks totaal ± 2000 kg

ha⁻¹ effectieve organische stof aan de grond worden toegevoegd. Vervanging van consumptie-aardappelen door de teelt van pootaardappelen maakt de teelt van wikken na de pootaardappelen mogelijk. Het is ook mogelijk na pootaardappelen wintergerst te telen en daarna wikken in te zaaien. In beide gevallen zal de hoeveelheid effectieve organische stof echter afnemen, omdat een grasgroenbemester meer effectieve organische stof produceert dan wikken.

Groenbemesting

Bij de teelt van groenbemestingsgewassen wordt gebruik gemaakt van een periode waarin normaal gesproken geen ander marktbaar gewas meer geteeld kan worden. De groenbemester groeit dus meestal op een perceel waarop reeds een ander gewas gestaan heeft, of soms nog een gewas na komt. Behoudens een aanvullende bemesting zijn alle voedingsstoffen afkomstig van het betreffende perceel en zullen daarop weer terecht komen indien geen voederwinning plaats heeft. Dit houdt in dat de grond niet of nauwelijks verrijkt wordt. Het voordeel van een groenbemestingsgewas is in dit verband toe te schrijven aan het mobiel maken van voedingsstoffen en/of het voorkomen van uitspoeling. De bijdrage aan de effectieve organische stof valt niet tegen, gezien de meestal relatieve korte groeiperiode (tabel 2).

Welke effecten heeft een groenbemesting op de grond of op het gewas? Directe effecten op het organische-stofgehalte van de grond zijn niet te verwachten, meestal duurt het enkele jaren voordat er enige effecten optreden. Een effect op korte termijn wordt vaker gevonden indien groenbemers worden toegepast op slompgevoelige gronden. Vooral door toepassing van een grasgroenbemester en een juiste behandeling bij het onderwerken kan in sommige gevallen vermindering van verslumping worden waargenomen. Bij suikerbieten kan dit op zavelgrond zelfs leiden tot een 4 à 5% hogere suikeropbrengst (Grootenhuis en Te Velde, 1975). De directe effecten van een groenbemester zijn meestal terug te voeren tot een stikstofeffect of een betere beschikbaarheid van voedingsstoffen. "Resteffecten" komen bij groenbemers op korte termijn bezien vrijwel niet voor. Aangezien het meeste onderzoek met groenbemers voor aardappelen en suikerbieten is uitgevoerd, zal hierbij even worden stilgestaan.



Figuur 2. De gemiddelde knolopbrengst van consumptie-aardappelen bij toepassing van een grasgroenbemester.

a = met groenbemester.

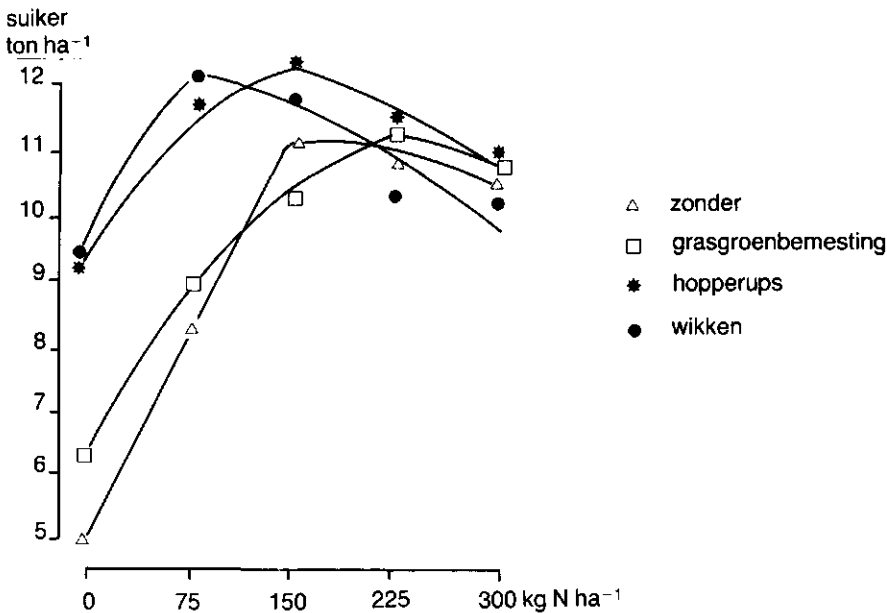
b = zonder groenbemester.

Door Te Velde (1971 e.a.), Bakermans e.a. (1973) en Grootenhuis en Te Velde (1975) zijn een groot aantal proeven verslagen, waarin grasgroenbemesters en vlinderbloemige groenbemesters als voorvruchten voor aardappelen en suikerbieten werden geteeld.

Zij vonden bij toepassing van een grasgroenbemester bij aardappelen weliswaar een stikstofeffect van de in de herfst ondergeploegde en met stikstof bemeste grasgroenbemester, maar gaven het advies niet op de stikstofbemesting te bezuinigen zolang de prijs van 10 kg N beneden de prijs blijft van ± 325 kg aardappelen. Schematisch is dit weergegeven in figuur 2. Bij frequente toepassing van grasgroenbemesters kunnen extra meeropbrengsten worden verkregen (Te Velde e.a., 1971).

De invloed van een grasgroenbemester op de suikeropbrengst is vaak wisselend. Door Grootenhuis en Te Velde (1975) zijn de resultaten van 31 proefvelden op zavelgrond samengevat, waarbij een grasgroenbemester was ingezaaid voor suikerbieten. Gemiddeld over 12 proefjaren was de maximale suikeropbrengst na een grasgroenbemester onder dekvrucht 100 kg lager dan zonder groenbemesting. Bij een in de stoppel ingezaaide grasgroenbemester werd gemiddeld de maximale suikeropbrengst niet verhoogd.

Bij een vergelijking van klavergroenbemesters (witte klaver, hopperups) met grasgroenbemesters vond Bakermans (1973) een groter effect van de klavergroenbemesters op de aardappelopbrengst. Evenals bij de grasgroenbemesters was het echter niet verstandig om op de stikstofgift te besparen. Bij suikerbieten hadden witte klaver en hopperups wel effect op de suikeropbrengst, maar alleen bij witte klaver was er een stikstofbesparing van 75 kg N (figuur 3).



Figuur 3. Het verband tussen de suikeropbrengst en de stikstofbemesting met en zonder groenbemesting (Bakermans, 1973).

Wat zijn nu teelttechnisch de mogelijkheden voor toevoer van organische stof door groenbemestingsgewassen?

De opkomst van de chemische onkruidbestrijding in graan heeft geleid tot het grotendeels verdwijnen van stoppelklaver (vijftiger jaren). Tot ca. 1970 was er een stabilisatie met goed

geslaagde grasgroenbemesters.

Daarna zijn de slagingskansen van onder dekvrucht gezaaide groenbemesters geleidelijk aan onder druk komen te staan, doordat een effectievere ziektenbestrijding en stikstofvoeding zwaardere tarwegewassen tot gevolg hadden, die bovendien langer groen bleven.

De vraag is waar in bedrijfsverband gezien het optimum ligt tussen de opbrengst van winter-tarwe en de kosten van ziektenbestrijding, N-bemesting en een minder goed geslaagde groenbemester onder dekvrucht.

Door een vervroeging van de zaaitijd van de ondervrucht en een verantwoorde verlaten van de stikstofgift zal wel een verbetering zijn te bereiken, maar waarschijnlijk geen herstel tot de ca. 5.000 kg organische stof per ha uit het PAGV-Handboek (1981). Daartoe zal er moeten worden toegegeven op de tarwe-opbrengst (naar schatting 500-1000 kg ha⁻¹ voor grasgroenbemesters en 1000-1500 kg ha⁻¹ voor (rode) klaver) (Hoekstra 1986), tenzij de winter-tarwe schraal opgroeit (Ten Holte, 1986).

Daarnaast biedt in het rooivruchten/granen-bouwplan granen + grasgroenbemester een bedrijfszekere kans om de bezetting van dicotyle wortelonkruiden en kleeftkruid beperkt te houden.

Door de ondervrucht weg te laten zijn dicotyle wortelonkruiden in kaal stoppeland door een stikstoftekort minder gevoelig voor een groeistofbehandeling.

Na vroeg ruimende gewassen (graszaad, erwten, pootaardappelen) is met een ruime soortenkeuze een goed geslaagde groenbemester, gezaaid als nagewas, mogelijk. Na later ruimende gewassen als granen blijft de keuze beperkt tot Westerwolds raagrass, bladrammenas en gele mosterd. Bij dicotyle groenbemesters is er gevaar voor veronkruiding.

Dierlijke mest

In vroeger jaren werd in plaats van groenbemesting of stro meestal organische stof toegediend in de vorm van stalmest. Dit werd gegeven aan het gewas dat er het meeste profijt van had, namelijk aardappelen. Het was echt wel nodig om organische stof in deze vorm toe te dienen, omdat naast de hoofdprodukten ook de bijprodukten zo goed als mogelijk werden verzameld om te vervoederen aan het vee. Stoppelgewassen werden voor hetzelfde doel verbouwd en droegen daardoor ook slechts in geringe mate bij aan de toevoer van organische stof.

Door het huidige aanbod van grote hoeveelheden dierlijke mest zijn vele akkerbouwers er toe overgegaan om deze mest op hun akkers te gebruiken. Daarbij komt niet de organische-stofvoorziening op de eerste plaats, maar zijn het in de eerste plaats de minerale voedings-elementen in de mest die in de belangstelling staan, omdat daarmee een besparing op de kunstmestkosten kan worden verkregen. Met name het element stikstof heeft de interesse van de teler. De laatste jaren is uit het landbouwkundig onderzoek echter gebleken dat een groot deel van de stikstof door vervluchtiging en uitspoeling verloren kan gaan en daardoor

Tabel 6. De gemiddelde hoeveelheid voedingselementen toegediend in kg ha⁻¹ bij aanwending van 10 ton dierlijke mest.

	N _t	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cl
<i>dunne mest</i>					
runderen	44	22	18	55	30
varkens	55	27	47	50	15
kippen	90	63	80	50	20
<i>vaste mest</i>					
kippen, vochtig	125	56	187	90	35
kippen, droog	210	95	250	200	80
mestkuikens	230	92	210	160	70
champignons	65	13	59	85	—

het milieu in sterke mate kan belasten. Dit is o.a. de aanleiding geweest voor het ontstaan van enkele milieubescherpende wetten, die het overmatig gebruik van dierlijke organische mest aan banden moeten leggen door het hanteren van normen die een efficiënt gebruik van deze mest zullen bevorderen. Ofschoon de juiste normstelling voor het gebruik op langere termijn nog niet bekend is, is de verwachting gerechtvaardigd dat dit de zg. "fosfaatnorm" zal worden. De fosfaatnorm gaat er van uit dat per jaar per ha gemiddeld die hoeveelheid dierlijke mest mag worden toegediend die overeenkomt met een hoeveelheid fosfaat die gemiddeld per jaar per hectare door de verschillende gewassen in een bepaalde vruchtopvolging wordt onttrokken. Deze hoeveelheid fosfaat komt overeen met $\pm 70 \text{ P}_2\text{O}_5$ per ha per jaar. Op grond hiervan kan de hoeveelheid dierlijke mest die jaarlijks per ha mag worden toegediend, worden berekend.

Tabel 7. Hoeveelheid dierlijke en effectieve organische mest die jaarlijks mag worden toegediend op grond van een jaarlijkse fosfaatonttrekking van $70 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$.

mestsoort	hoeveelheid mest ton ha^{-1}	org. stof kg ha^{-1}	effectieve org. stof kg ha^{-1}	kg ha^{-1}		
				N	K_2O	Cl
<i>dunne mest</i>						
runderen	38,9	2334	1167	171	214	117
varkens	14,9	939	469	82	75	22
kippen	8,8	836	418	79	44	18
<i>vaste mest</i>						
kippen, vochtig	3,7	851	425	46	33	13
kippen, droog	2,8	1036	518	59	56	22
mestkuikens	3,3	1518	759	76	53	23
champignons	11,8	2242	1121	77	100	—

Deze hoeveelheden zijn voor de in tabel 6 vermelde mestsoorten in tabel 7 weergegeven. In deze tabel zijn behalve de hoeveelheden mest ook de hoeveelheden effectieve organische stof en de hoeveelheid voedingselementen weergegeven. De in tabel 7 genoemde hoeveelheden per mestsoort zouden in een bouwplan elk jaar aan elk gewas kunnen worden toegediend. Dit is echter niet aan te bevelen, o.a. omdat de hoeveelheden, met uitzondering van dunne rundermest, zo gering zijn dat een rendabele wijze van toedienen nauwelijks mogelijk is. Daarom is het wellicht zinvoller om alles aan het gewas te geven dat het meest dankbaar is voor een hoge organische bemesting. Dit gewas is het aardappelgewas mits geteeld als consumptie-aardappelen. De stikstofwerking zal het meest explosief zijn in het eerste jaar, $\pm 60\%$ van de totaal gegeven hoeveelheid komt tot werking. Het na de aardappelen te verbouwen gewas wintertarwe zal dan geen onverwachte stikstofreactie vertonen, terwijl het suikergehalte van de suikerbieten niet nadeling beïnvloed wordt door een te groot stikstofaanbod. In dit bouwplan zal de gemiddelde behoefte aan N, P_2O_5 en K_2O respectievelijk 195, 70 en 150 kg ha^{-1} bedragen. De verhouding voor enkele mestsoorten is weergegeven in tabel 8.

Tabel 8. Verhouding tussen N, P_2O_5 en K_2O in verschillende mestsoorten en de gewenste verhouding voor de akkerbouw (Henkens, 1984).

mestsoort	N	P_2O_5	K_2O
rundermest	20	8	25
varkensmest	20	13	19
kippenmest	20	14	9
slachtkuikenmest	20	18	17
gewenste verhouding voor de akkerbouw	20	7	15

Uit tabel 8 blijkt dat rundermest de meest gewenste verhouding heeft voor de akkerbouwer, waarbij echter een teveel aan K_2O aanwezig is. Voor consumptie-aardappelen is dit echter geen bezwaar. Wordt echter alle dierlijke mest die toegestaan is op basis van het fosfaatgehalte, aan de aardappelen gegeven, dan mondt dat uit in 684 kg N ha^{-1} waarvan minstens 50% werkzaam is, en verder $280 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ en $856 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$. Dit zijn zeer grote hoeveelheden en uitspoeling van stikstof en kalium is daardoor niet denkbeeldig. Toediening van dunne varkensmest brengt respectievelijk de volgende hoeveelheden N, P, K op het veld: $328 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $280 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ en $300 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$. Dit zou vanuit milieu-oogpunt acceptabeler zijn en bovendien voldoende bemesting aan de aardappelen geven. Een aanvullende bemesting met kalium voor de suikerbieten is dan wel noodzakelijk. In alle gevallen zal de N-bemesting voor de beide granen en de suikerbieten via N-grondonderzoek moeten worden vastgesteld.

Behalve o.a. zware metalen kan ook het element chloor negatief werken op de opbrengst en kwaliteit van aardappelen en suikerbieten (tabel 9), vooral bij toepassing in het voorjaar.

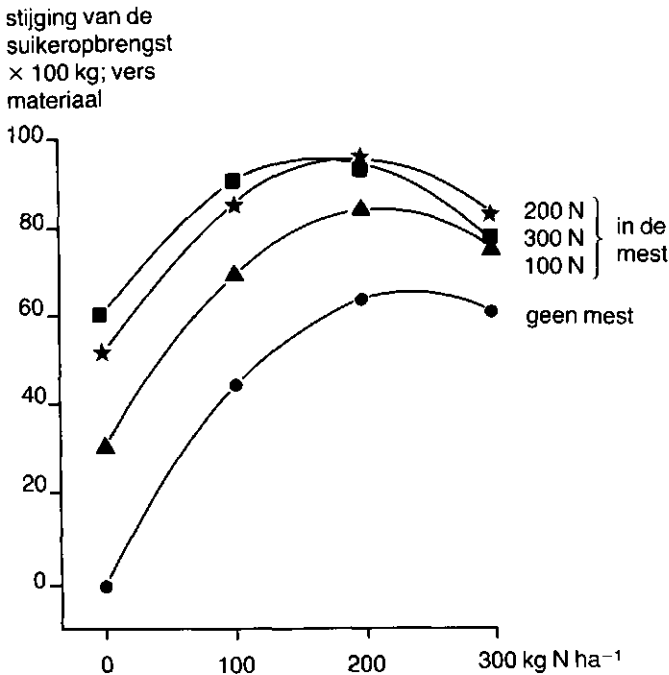
Tabel 9. De hoeveelheid chloor in kg ha^{-1} bij gebruik van dierlijke organische mest in het voorjaar op basis van een gift van $70 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ bij aardappelen en suikerbieten.

mestsoort	chloor kg ha^{-1}	opbrengstverlies in kg ha^{-1}		
		cons. aard.	fabrieksgew.	suiker
rundermest	117	880	3343	238
varkensmest	22	192	972	44
kippenmest	18	150	760	34

De hoeveelheid effectieve organische stof wordt verhoogd tot 2491 kg ha^{-1} of 2445 kg ha^{-1} per jaar als respectievelijk rundermest of champignonmest wordt toegediend bij weglating van een bemesting met een grasgroenbemester of stro. Toepassing van een grasgroenbemester voor de aardappelen brengt de jaarlijkse toevoer aan effectieve organische stof op ruim 2800 kg ha^{-1} . Dit is meer dan het dubbele van de minimaal vereiste hoeveelheid om het organische-stofgehalte op peil te houden. Het organische-stofgehalte van de grond zal dan ook stijgen, hetgeen ook blijkt uit de resultaten van het onderzoek op het Regionaal Onderzoek Centrum "Wijnandsrade" (Geelen en Titulaer, 1986). Na sinds 1972 elke twee jaar boven de oogstresten nog 20 ton champignonmest te hebben toegediend, is het organische-stofgehalte van de bouwvoor in 1982 gestegen tot 2,41% t.o.v. de 2,10% op het object waar alleen oogstresten werden ingewerkt. De aardappelopbrengst steeg met 17% (gemiddeld over 1978-1980), terwijl de suikeropbrengst per ha vrijwel gelijk bleef en de hoeveelheid winbare suiker daalde bij toediening van champignonmest.

Welke effecten zijn over het algemeen te verwachten van de toediening van dierlijke mest op de opbrengsten van de gewassen? Hiernaar is in het verleden zeer veel onderzoek verricht, niet alleen in Nederland, maar ook in het buitenland (Van Dijk en Sturm, 1983). De vraagstelling was meestal: "Hoe kun je met dierlijke mest de hoogste opbrengst bereiken?" Om de stikstofbewerking van de mest te bepalen werden meestal stikstoftrappen aangelegd over de mesttrappen heen. De resultaten kwamen er op neer dat er een duidelijk positief effect was van de hoeveelheid organische mest op de opbrengst (fig. 4). Dit werd enerzijds veroorzaakt door een stikstofeffect, dat echter bij hogere mestgiften afnam, en anderzijds door een effect dat nu het resteffect genoemd wordt.

Bij dit soort onderzoek werd nauwelijks rekening gehouden met de kwaliteitsvermindering van het gewas of met de belasting van het milieu, alleen de maximalisering van de opbrengst aan vers produkt was belangrijk. De laatste jaren is hierin verandering gekomen. Tegenwoordig wordt er naar gestreefd om door het kiezen van een juiste combinatie van organische mest en kunstmest te komen tot een goede opbrengst van een kwalitatief goed produkt en een minimale belasting van het milieu.



Figuur 4. De opbrengststijging van suikerbieten (10 ton ha⁻¹) ten gevolge van een stikstofbemesting, bij toenemende organische-stoftrappen (Lehne, e.a. 1973, in Van Dijk en Sturm, 1983).

Conclusie

Door geen aandacht te besteden aan de toevoer van extra organische stof in een bouwplan met aardappelen, suikerbieten, en twee keer granen, zal het organische-stofgehalte van de grond langzaam maar zeker achteruit lopen.

Toepassing van groenbemesters zal op korte termijn de opbrengst en het organische-stofgehalte van de grond nauwelijks beïnvloeden. Alleen door toediening van extra stikstof is er bij aardappelen een meeropbrengst te halen t.o.v. het niet behandelde object.

Vlinderbloemige groenbemesters kunnen een besparing op de kunstmeststikstof geven, grasgroenbemesters niet.

De opbrengstverhogende werking van dierlijke mest is op de eerste plaats toe te schrijven aan een betere voorziening van het gewas met voedingsstoffen, met name stikstof. Naast de werking van andere voedingsstoffen (macro en micro) is er op de tweede plaats sprake van een zg. "resteffect".

Over een bouwplanbemesting met dierlijke mest is zeer weinig bekend. Door elke vier jaar de totale hoeveelheid dierlijke mest, gebaseerd op een fosfaatnorm van 70 kg ha⁻¹ per jaar aan een gewas te geven, zullen afhankelijk van de mestsoort grote verliezen aan andere voedingsstoffen kunnen optreden. Met name de uitspoeling van stikstof zal zeker in het onderzoek betrokken moeten worden. In het algemeen is het mogelijk om binnen de in Nederland voorkomende bouwplannen voldoende organische stof toe te dienen om het organische-stofgehalte van de grond op peil te houden, of waar nodig te verhogen. Voorwaarde is echter dat bij toepassing van een organische bemesting veel aandacht wordt besteed aan de wijze waarop deze plaats heeft.

Literatuur

- Bakermans, W. A. P. e.a.: Groenbemesting. *Bedrijfsontwikkeling* 4 (1973), 77-78.
- Dijk, T. A. van, en H. Sturm: Fertilizer value of animal manures on the continent. The Fertilizer Society, 1983. London.
- Geelen, P. M., en H. H. H. Titulaer: Verslag van de resultaten van een meerjarige organische-stofproef te Wijnandsrade. *PAGV* (1986), Lelystad.
- Grootenhuis, J. A. en H. A. te Velde: Groenbemesting en opbrengst van suikerbieten op zavelgrond. *Bedrijfsontwikkeling* 6 (1975), 621-626.
- Henkens, Ch. H.: Is fosfor het meest kritieke element bij de afzet van overtollige mest? *De Buffer*, 30 (1984), 199-203.
- Hoekstra, O.: Mogelijkheden toevoer organische stof door groenbemestingsgewassen. *Notitie PAGV* 1985, Lelystad.
- Hofman, G., en M. van Ruymbeke: Evolution of soil humus content and calculation of global humification coefficients on different organic matter treatments during a 12-year experiment with Belgian silt soils. *Soil Science*, 129 (1980), 92-94.
- Jonge, P. A. F. de: *Handboek PAGV*, 1981.
- Leenheer, L. de, e.a.: *Structure et fertilité de sols limoneux sur fermes mécanisées*. Université de Gand (1977), Deel I + II, pag. 817.
- Velde, H. A. te, e.a.: Invloed van grasgroenbemesting op het opbrengstniveau en de stikstofbehoefte van aardappelen en suikerbieten. *Stikstof* 67 (1971), 256-263.

Enkele bedrijfseconomische aspecten van de organische-stofvoorziening

Ing. H. Preuter, PAGV, Lelystad

Inleiding

De vraagstelling van dit hoofdstuk is: welke invloed heeft de organische-stofvoorziening op de arbeidsopbrengst van een bedrijf? Om deze invloed te kwantificeren zijn de volgende gegevens nodig:

- het meest voorkomende bouwplan per gebied;
- de geldelijke uitkomsten bij een normale bedrijfsvoering;
- gegevens over het effect van een grotere toevoeging van organische stof op de opbrengst van de gewassen;
- de samenstelling, prijzen en kosten van verspreiden van eventueel aan te kopen organische stof.

Op basis van deze gegevens is de betekenis van de organische stof voor de bedrijfsuitkomsten te berekenen. In de voorgaande hoofdstukken is aangegeven dat door verschillende oorzaken de effecten per perceel en per jaar kunnen verschillen. Daardoor kan de bedrijfseconomische benadering alleen maar een gemiddeld beeld over een aantal jaren per gebied geven.

Gebied, bouwplan en organische-stofvoorziening

Vanuit de gegevens van de meitelling 1981 heeft het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) per gebied de oppervlakten van de gewassen berekend. Hiervoor zijn alleen de bedrijven met overwegend vruchtwisselingsgewassen geselecteerd.

De gegevens van de bedrijven met 20 ha of meer cultuurgrond, 90 of meer standaardbedrijfseenheden en 60% of meer van het totaal aantal sbe per bedrijf uit vruchtwisselingsgewassen zijn nader verwerkt naar bedrijfsgrootteklassen en % knol-, wortel- en bolgewassen (rooivruchtenklassen).

Daarnaast is gebruik gemaakt van de gegevens van de bedrijfsuitkomsten in de landbouw (BUL) van het LEI (diverse boekjaren) en Kwantitatieve Informatie voor de akkerbouw en groenteteelt in de Vollegrond (Noordam en Van der Ham, 1985). Uitgegaan is van het bouwplan in enkele belangrijke akkerbouwgebieden. Deze zijn:

- Centrale bouwstreek in Groningen (CBG)
- Noordoostpolder (NOP)
- Zeeland (ZL)
- Veenkoloniën (Vk).

Het globaal meest voorkomende bouwplan in % van de oppervlakte cultuurgrond is in deze gebieden:

	CBG	NOP	ZL	Vk
granen/graszaad	50	22	50	25
pootaardappelen	15	17	—	—
cons. aardappelen	10	16	20	—
fabriksaardappelen	—	—	—	50
suikerbieten	25	33	20	25
zaaiuien	—	12	10	—
totaal	100	100	100	100
groenbemesting	14	34	19	2

De toevoer van de organische stof bestaat uit de resten van de gewassen, de suikerbietenkoppen en -blad en de groenbemesters. Op basis van normen is de toevoeging van effectieve organische stof in kg per ha per jaar (zie bijlage 1):

	CBG	NOP	ZL	Vk
resten van gewassen	1093	791	1015	935
suikerbietenkoppen- en blad	225	297	180	225
groenbemesting	162	393	219	24
totaal	1480	1481	1414	1184

Alle kleigebieden voldoen aan de norm van 1200-1500 kg effectieve organische stof per jaar. In de Veenkoloniën is de voorziening met effectieve organische stof aan de lage kant. In bijlage 2 is de hoeveelheid aan te wenden stikstof, fosfaat en kali per ha cultuurgrond gegeven.

Bedrijfsuitkomsten bij de bestaande situatie

Op basis van de gegevens in Kwantitatieve Informatie en gegevens van het LEI zijn de bedrijfsuitkomsten in guldens per ha bij de genoemde bouwplannen (bijlage 3):

	CBG	NOP	ZL	Vk
bruto geldopbrengst	6066	8837	6191	5027
toegerekende kosten	2005	2631	1880	2097
niet-toegerekende kosten	2900	3625	2695	2030
arbeidsopbrengst	1161	2581	1616	900

De opbrengsten van de gewassen zijn gebaseerd op de praktijksituatie van de bovengenoemde toevoeging van de organische stof. Een lagere toevoeging van organische stof dan in de huidige situatie is niet nader bestudeerd. Aangenomen is dat voor redelijke gewasopbrengsten aan de norm moet worden voldaan.

Voor de effecten van een grotere toevoeging van organische stof is het nodig om de plaats van de groenbemesters in het bouwplan aan te geven.

Bouwplan en groenbemesting

De mogelijkheden van de teelt van groenbemesters is in de volgende bouwplannen met een + aangegeven. Hierbij is geen rekening gehouden met een eventuele grondontsmetting. De grondontsmetting kan de mogelijkheden van de teelt van een groenbemester verminderen.

Centrale Bouwstreek Groningen

pootaardappelen+ – zomergerst+
 consumptie-aardappelen – wintertarwe+ – suikerbieten – wintertarwe+
 wintergerst+

Noordoostpolder

pootaardappelen+ – suikerbieten – wintertarwe+
 consumptie-aardappelen – zaaiuien

Zeeland

consumptie-aardappelen – wintertarwe – graszaad+ – suikerbieten – zaaiuien
 wintertarwe+ zaaiuien wintertarwe+

Veenkoloniën

fabriksaardappelen – suikerbieten – fabriks- aardappelen – wintertarwe+ haver+

De maximale ruimte voor groenbemesting in het bouwplan is voor:

Centrale bouwstreek Groningen	60% (14)
Noordoostpolder	39% (34)
Zeeland	35% (19)
Veenkoloniën	25% (2)

() huidige situatie.

De mogelijke uitbreiding van de oppervlakte groenbemesting leidt tot de volgende voorziening in kg effectieve organische stof per ha:

	CBG	NOP	ZL	Vk
huidige situatie	1480	1481	1414	1184
uitbreiding	532	58	185	266
totaal	2012	1539	1599	1450

Aangenomen is dat de kosten van de bewerkingen die nodig zijn voor de teelt van groenbemesters en de kosten van de bewerkingen die voor een goede stoppelbewerking nodig zijn elkaar compenseren.

Effect van meer groenbemesting

De toegerekende kosten (zaai-zaad, meststoffen, onkruidbestrijding en rente) voor de teelt van grasgroenbemesting (Engels raaigras) bedragen f 220,— per ha. Deze kosten moeten in principe worden terugverdiend door een meeropbrengst van de gewassen.

De meeropbrengst door de teelt van meer groenbemesters is gering. Op aardappelen is nog het meeste effect te verwachten. Indien men echter aanneemt dat de teelt van groenbemesters in de bestaande situatie vooral plaatsvindt voorafgaande aan de teelt van aardappelen, dan is een eventueel effect al gerealiseerd. Daarnaast kan een eventuele grondontsmetting moeilijker worden uitgevoerd als in een bouwplan het maximum aan groenbemesters wordt geteeld.

Op basis van deze uitgangspunten is het volgens berekeningen bij de genoemde bouwplannen niet rendabel om het maximum aan groenbemesters te telen. Ook bij de bedrijfseconomische evaluatie van de drie organische-stofbedrijven te Nagele gaf de kunstmestakker over de periode 1970 t/m 1976 ten opzichte van het klaverland de hoogste arbeidsopbrengst (Preuter, 1978).

Effect van meststoffen van dierlijke oorsprong

Het effect van meststoffen van dierlijke oorsprong kan groter zijn dan van groenbemesting. De meststoffen van dierlijke oorsprong geven gemiddeld een opbrengstverhoging bij bepaalde gewassen en geven een besparing op de kunstmestkosten. Deze meeropbrengst van de gewassen en de minderkosten door de besparing op de kunstmestkosten, moeten vergeleken worden met de meerkosten van aankoop en verspreiding.

De effectieve gehalten in kg per ton van de meststoffen van dierlijke oorsprong zijn gesteld op (zie Titulaer en Hoekstra):

	org. stof	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>drijfmest</i>				
rundvee	30	2,2	1,4	5,5
mestvarkens	32	2,7	3,5	5,0
pluimvee	48	6,3	6,0	5,0
<i>droog</i>				
pluimvee	185	9,5	18,8	20,0

Voor P₂O₅ is uitgegaan van een werking van 75%, omdat niet ieder jaar op hetzelfde perceel fosfaat wordt toegediend.

De meeropbrengst is gesteld op 5% voor consumptie-aardappelen, 3% voor suikerbieten en 5% voor zaaiuien. Deze percentages hebben betrekking op de bruto-geldopbrengst van de gewassen in de bestaande situatie.

De hoeveelheid van de meststoffen van dierlijke oorsprong is bepaald op basis van de behoefte aan P₂O₅. Alleen voor rundveedrijfmest is uitgegaan van de behoefte aan K₂O, omdat dit in bedrijfsverband het voordeligste is.

Voor de aanwending is aangenomen dat de N-norm voor de gewassen niet overschreden mag worden. De volgorde van aanwending is consumptie-aardappelen, zaaiuien, suikerbieten en overige gewassen. In sommige bouwplannen kan met de aanwending voor aardappelen worden volstaan.

De aangehouden aankooprijzen per ton zijn voor rundveedrijfmest f 5,—, voor varkensdrijfmest f 8,—, voor pluimveedrijfmest f 13,50 en voor droge pluimveemest f 40,—.

De kosten van verspreiding zijn per ton voor drijfmest f 4,— en voor droge mest f 9,—.

De resultaten in guldens per ha cultuurgrond van de berekeningen zijn:

	drijfmest			droge
	rundvee	varkens	pluimvee	pluimveemest
<i>CBG</i>				
ton per ha cultuurgrond	23,1(29) ¹	25,1(41)	14,7(56)	4,7(35)
meeropbrengst	72	82	82	82
minderkosten	219	324	323	264
meerkosten	208	302	257	230
extra arbeidsopbrengst	83	104	148	116
<i>NOP</i>				
ton per ha cultuurgrond	32,4(48)	28,9(53)	16,8(73)	5,4(44)
meeropbrengst	197	207	224	166
minderkosten	328	396	394	323
meerkosten	292	347	295	265
extra arbeidsopbrengst	233	256	323	224
<i>Zeeland</i>				
ton per ha cultuurgrond	26,4(27)	24,9(33)	14,5(48)	4,6(17)
meeropbrengst	122	143	170	77
minderkosten	253	331	325	266
meerkosten	238	299	254	225
extra arbeidsopbrengst	137	175	241	118
<i>Veenkoloniën</i>				
ton per ha cultuurgrond	28,2(26)	28,6(32)	16,7(44)	5,3(21)
meeropbrengst	76	94	128	61
minderkosten	374	475	449	379
meerkosten	254	344	292	260
extra arbeidsopbrengst	196	225	285	180

¹ ()bemeste oppervlakte in procenten

Met de toevoeging van meststoffen van dierlijke oorsprong wordt op basis van de genoemde uitgangspunten gemiddeld ca. 850 kg effectieve organische stof per ha cultuurgrond gegeven. Gezien de toevoer van organische stof via gewasresten is het in principe niet meer nodig om groenbemesters te telen. Met een besparing op deze kosten is geen rekening gehouden.

De aanwending van pluimveedrijfmest geeft bij de aangehouden uitgangspunten de hoogste extra arbeidsopbrengst.

Het positieve effect van de meststoffen van dierlijke oorsprong wordt vooral bepaald door de besparing op kunstmestkosten.

De meeropbrengst is in % van de bruto-geldopbrengst per ha cultuurgrond:

	drijfmest			droge
	rundvee	varkens	pluimvee	pluimveemest
Centrale bouwstreek G.	1,2	1,2	1,2	1,2
Noordoostpolder	2,2	2,3	2,5	1,9
Zeeland	2,0	2,3	2,7	1,2
Veenkoloniën	1,5	1,9	2,5	1,2

Samenvatting

De organische-stofvoorziening in de verschillende gebieden voldoet aan de norm van 1200 tot 1500 kg effectieve organische stof per ha cultuurgrond. Uitbreiding van de organische-stofvoorziening door de teelt van meer groenbemesters is niet of weinig rendabel omdat hierdoor geen opbrengstverhoging van de gewassen wordt bereikt.

Uitbreiding van de organische-stofvoorziening door meststoffen van dierlijke oorsprong is vooral belangrijk als er een meeropbrengst van de gewassen wordt bereikt. De belangrijkste factor van de extra arbeidsopbrengst is de besparing op kunstmestkosten.

Bijlage 1. Effectieve organische-stofvoorziening in kg per ha per jaar per gebied.

Omschrijving	eff. org. stof	Centrale bouwstreek		Noordoostpolder		Zeeland		Veenkoloniën	
		% van b.plan	eff. org. stof	% van b.plan	eff. org. stof	% van b.plan	eff. org. stof	% van b.plan	eff. org. stof
wintertarwe	1640	30	492	22	361	35	574	15	246
wintergerst	1570	10	157	—	—	—	—	—	—
zomergerst	1310	10	131	—	—	—	—	—	—
haver	1570	—	—	—	—	—	—	10	157
graszaad	1175	—	—	—	—	15	176	—	—
aardappelen	875	25	219	33	289	20	175	50	438
suikerbieten	375	25	94	33	124	20	75	25	94
zaaiuien	145	—	—	12	17	10	15	—	—
totaal		100	1093	100	791	100	1015	100	935
s. bietenkoppen en -blad	900	25	225	33	297	20	180	25	225
groenbemesting	1155	14	162	34	393	19	219	2	23
totaal			1480		1481		1414		1183

Bijlage 2. Meststoffen per ha cultuurgrond.

Omschrijving	Centrale bouwstreek			Noordoost-polder			Zeeland			Veenkoloniën		
	kg	prijs	bedrag	kg	prijs	bedrag	kg	prijs	bedrag	kg	prijs	bedrag
N	162	1,55	251	167	1,65	276	188	1,50	282	195	1,78	347
P ₂ O ₅	88	1,40	123	101	1,50	152	87	1,50	131	100	1,50	150
K ₂ O	127	0,75	95	178	0,80	142	145	0,75	109	155	1,32	205
totaal in gld.			469			570			522			702

Bijlage 3. Begroting van de bruto geldopbrengst (gld per ha) (1).

Omschrijving	Centrale bouwstreek			Noordoost-polder			Zeeland			Veenkoloniën		
	% van b.plan	per ha	to-taal	% van b.plan	per ha	to-taal	% van b.plan	per ha	to-taal	% van b.plan	per ha	to-taal
<i>Bruto-geldopbrengst</i>												
wintertarwe	30	3.895	1.169	22	4.256	936	35	4.239	1.484	15	3.308	496
wintergerst	10	3.467	347	—	—	—	—	—	—	—	—	—
zomergerst	10	2.740	274	—	—	—	—	—	—	—	—	—
haver	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	2.824	282
graszaad	—	—	—	—	—	—	15	4.837	726	—	—	—
poot-aardappelen	15	13.770	2.065	17	14.770	2.511	—	—	—	—	—	—
cons. aardappelen	10	7.830	783	16	11.360	1.818	20	8.970	1.794	—	—	—
fabrieks-aardappelen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	5.842	2.921
suikerbieten	25	5.712	1.428	33	6.930	2.287	20	6.050	1.210	25	5.311	1.328
zaaiuien	—	—	—	12	10.710	1.285	10	9.765	977	—	—	—
totaal	100		6.066	100		8.837	100		6.191	100		5.027

Bijlage 3. Begroting van de toegerekende kosten en saldo eigen mechanisatie (gld per ha) (2).

Omschrijving	Centrale bouwstreek			Noordoost-polder			Zeeland			Veenkoloniën		
	% van b.plan	per ha	to-taal	% van b.plan	per ha	to-taal	% van b.plan	per ha	to-taal	% van b.plan	per ha	to-taal
<i>Toegerekende kosten</i>												
winterarwe	30	1.284	385	22	1.170	257	35	1.268	444	15	1.257	189
wintergerst	10	975	98	—	—	—	—	—	—	—	—	—
zomergerst	10	620	62	—	—	—	—	—	—	—	—	—
haver	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	831	83
graszaad	—	—	—	—	—	—	15	1.548	232	—	—	—
poot-aardappelen	15	5.226	784	17	5.650	961	—	—	—	—	—	—
cons.-aardappelen	10	2.777	278	16	3.457	553	20	2.914	583	—	—	—
fabrieks-aardappelen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	2.714	1.357
suikerbieten	25	1.469	367	33	1.341	443	20	1.469	294	25	1.855	464
zaaiuien	—	—	—	12	2.849	342	10	2.853	285	—	—	—
totaal	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—
groenbemesting	14	220	31	34	220	75	19	220	42	2	220	4
			2.005			2.631			1.880			2.097
<i>Saldo EM</i>												
winterarwe	30	2.611	783	22	3.086	679	35	2.971	1040	15	2.051	307
wintergerst	10	2.492	249	—	—	—	—	—	—	—	—	—
zomergerst	10	2.120	212	—	—	—	—	—	—	—	—	—
haver	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	1.993	199
graszaad	—	—	—	—	—	—	15	3.289	494	—	—	—
poot-aardappelen	15	8.544	1.282	17	9.120	1.550	—	—	—	—	—	—
cons.-aardappelen	10	5.053	505	16	7.903	1.265	20	6.056	1.211	—	—	—
fabrieks-aardappelen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	3.128	1.564
suikerbieten	25	4.243	1.061	33	5.589	1.844	20	4.581	916	25	3.456	864
zaaiuien	—	—	—	12	7.861	943	10	6.912	692	—	—	—
totaal	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—
groenbemesting	14	-220	-31	34	-220	-75	19	-220	-42	2	-220	-4
Totaal			4.061			6.206			4.311			2.930

Bijlage 3. Begroting van de arbeidsopbrengst (3).

	Centrale bouwstreek	Noordoost-polder	Zeeland	Veenkoloniën
Saldo EM	4.061	6.206	4.311	2.930
<i>Niet toegerekende kosten</i>				
werktuigen/loonwerk	1.610	2.035	1.605	1.130
grond + gebouwen	1.090	1.390	890	700
algemeen	200	200	200	200
totaal	2.900	3.625	2.695	2.030
arbeidsopbrengst	1.161	2.581	1.616	900

Literatuur

- Noordam, W. P. en M. van der Ham, 1985. Kwantitatieve Informatie voor de Akkerbouw en de Groente-
teelt in de Vollegrond. CAD-AGV en PAGV, publikatie nr. 29, Lelystad.
- Landbouw Economisch Instituut (diverse boekjaren). Bedrijfsuitkomsten in de landbouw (BUL). LEI Pe-
riodieke rapportage, Den Haag.
- Preuter, H., 1978. Bedrijfseconomische evaluatie van de drie organische-stofbedrijven te Nagele. PAGV
rapport nr. 19, Lelystad.

Verslagen (niet inbegrepen bij de donateurssomma)

1. Epi-pré-achtergrondinformatie; ir. I. van Leeuwen-Pannekoek, ir. K. Reinink en ir. F. H. Rijdsdijk (LH), maart 1982.....	f 5,—
2. Epi-pré-instructiemap 1982; ir. I. van Leeuwen-Pannekoek en ir. K. Reinink, maart 1982....	f 5,—
3. Bedrijfseconomische evaluatie over 1975 t/m 1980 van de intensiteit van het grondgebruik op "De Schreef"; ing. H. Preuter, april 1982.....	f 5,—
4. Stikstofhoeveelheden op grasgroenbemesting en de invloed daarvan op het gewas suikerbieten; C. Mulder, augustus 1982.....	f 10,—
5. De invloed van het rooitijdstip op de stikstofbehoefte van drie suikerbietenrassen; ing. Th. Huiskamp, september 1982.....	f 10,—
6. De betekenis van vrijlevende wortelaaltjes bij maïs; ir. C. A. A. Maenhout et al, januari 1983.....	f 10,—
7. Epi-pré-evaluatieverslag 1982; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, december 1982.....	f 10,—
8. Onderzoek naar verschillen in opbrengst en kwaliteit van consumptie-aardappelen in het zuidwesten van Nederland; ir. C. B. Bus, ing. K. W. Bosma (CA-Barendrecht) en ir. D. W. de Hoop (LEI), februari 1983.....	f 10,—
9. Acht jaar grondbewerkingssystemenonderzoek te Westmaas; ing. L. M. Lumkes, ing. I. Ovaa (Stiboka) en ing. H. Preuter, april 1983.....	f 10,—
10. Epi-pré-instructieboekje 1983; ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, april 1983.....	f 10,—
11. Stomen van sorteergrond van aardappelen. Verslag van een praktijkproef; ir. C. D. van Loon en W. Th. Runia (Proefstation voor Tuinbouw onder Glas), augustus 1983.....	f 10,—
12. Een geautomatiseerd begeleidingssysteem voor de onkruidbestrijding in wintertarwe; achtergronden en instructie. Ir. H. F. M. Aarts en ing. H. Drenth, augustus 1983.....	**
13. Het effect van de intensiteit van de zaaibedbereiding op het kiembed en de opkomst, opbrengst en kwaliteit van suikerbieten; ing. Th. Huiskamp, september 1983.....	f 10,—
14. Verslag van een driejarig onderzoek naar de optimale stikstofgift voor bruine bonen; G. J. Bom, september 1983.....	f 10,—
15. Epi-pré-evaluatieverslag 1983; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, januari 1984.....	f 10,—
16. Factoranalyse-onderzoek in snijmaïs in Oost-Overijssel in 1981 en 1982. Ing. J. Boer, januari 1984.....	f 10,—
17. Contactdag conservenpeulvruchten 1984. Ir. P. H. M. Dekker, januari 1984.....	**
18. Rendabiliteit van continueelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten op het proefveld PAGV1 (1978 t/m 1982) Ing. H. Preuter, maart 1984.....	f 10,—
19. Biologie en ecologie van kleeftkruid (Galium aparine). Ir. W. G. M. van den Brand, april 1984.....	f 10,—
20. Pootafstanden en gebruik van Alar en Rovral bij de teelt van Alpha-pootgoed. Ing. J. Alblas en B. v.d. Spek, januari 1984.....	f 10,—
21. Epi-pré 1984 - instructieboekje. Ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, maart 1984.....	f 10,—
22. Resultaten van diep losmaken van zavelgronden in zuidwest-Nederland; 1978-1982. Ing. J. Alblas, april 1984.....	f 10,—
23. Resultaten kalibouwenplanproeven op zeelei. Ir. J. Prummel (IB) en dr. ir. J. Temme (Nederlands Kali Instituut), mei 1984.....	f 10,—
24. Oogstplanning van bloemkool in "De Streek". Ir. R. Booij, oktober 1984.....	f 10,—
25. Beregeningsonderzoek bij asperges op de proeftuin "Noord-Limburg". Ing. D. van der Schans en ir. A. J. Hellings, oktober 1984.....	f 10,—
26. Kalibemesting voor aardappelen in de Brabantse Biesbosch en het Land van Altena. Ing. J. Alblas, november 1984.....	f 10,—
27. Spruitkool bewaren aan de stam. Ing. J. A. Schoneveld, november 1984.....	f 10,—
28. Verslag Inventarisatie Graanziekten 1984. Ing. W. Stol, januari 1985.....	f 10,—
29. Epi-pré - evaluatieverslag 1984. Ir. K. Reinink, februari 1985.....	f 10,—
30. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Heino (zandgrond) 1972-1982. Ir. J. J. Schröder, maart 1985.....	f 10,—
31. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze 1974-1984. Ir. J. J. Schröder, maart 1985.....	f 10,—
32. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Lelystad 1976-1980. Ir. J. J. Schröder, maart 1985.....	f 10,—
33. Intensieve teeltsystemen bij wintertarwe. Dr. ir. A. Darwinkel, maart 1985.....	f 10,—
34. Bedrijfseconomische gevolgen van beperking van de stikstof-bemesting op het akkerbouwbedrijf. Ir. B. A. ten Hag, ing. S. R. M. Janssens, ir. H. H. H. Titulaer, april 1985.....	f 10,—