

HET ORGANISCHE-STOFBELEID

Ir. S. de Haan

Bronnen van organische stof

Ook zonder een doelbewust organische-stofbeleid worden jaarlijks in de vorm van wortel-, stoppel-, blad- en oogstresten belangrijke hoeveelheden organische stof aan de grond toegevoegd. Voor de akkerbouw, waartoe we ons in deze inleiding zullen beperken, zijn deze hoeveelheden weergegeven in tabel 1. Het bouwland werd in Nederland in 1970 volgens het CBS (1970) voor ruim 90% ingenomen door granen, aardappelen en bieten. In tabel 1 is ervan uitgegaan, dat deze gewassen uit een oogpunt van organische-stofvoorziening van de grond door middel van wortelresten enz. representatief geacht kunnen worden voor het hele Nederlandse bouwland.

Tabel 1. Hoeveelheden organische stof in kg/ha, die achterblijven bij een gemiddeld bouwplan, bestaande uit granen, aardappelen en bieten

Gewas	Wortelresten	Andere resten	Totaal	Per ha bouwland	
				oppervl.	org. materiaal
w. tarwe	1600	3600	5200	16,5%	858
z. tarwe	1400	3800	5200	5,8	302
w. gerst	1400	3600	5000	1,4	70
z. gerst	1000	3200	4200	15,5	651
haver	1400	3600	5000	9,0	450
rogge	1200	3600	4800	8,9	427
Totaal granen				57,1	2758
aardappelen	500	3000	3500	24,8	868
suikerbieten	500	1000	1500	18,1	272
totaal granen + aardappelen + bieten				100,0	3898

De voor de verschillende gewassen genoemde hoeveelheden zijn de nieuwe, nog niet gepubliceerde normen, opgesteld door een commissie van deskundigen. Volgend deze normen blijft bij moderne oogstmethoden per ha graan gemiddeld ca 5000 kg organische stof achter, per ha aardappelen 3500 kg en per ha suikerbieten 1500 kg. Bij een bouwplan met overwegend graan dus aanzienlijk meer dan bij een bouwplan met veel hakvruchten.

Een tweede belangrijke bron van organische stof is de stalmest. Volgens De la Lande Cremer (pers. meded.) bedraagt de organische-stofproductie in de vorm van stalmest momenteel gemiddeld 1190 kg/ha landbouwgrond (bouwland + grasland). Deze is voor 73,6% afkomstig van rundvee, voor 16,2% van varkens en voor 10,2% van kippen en slachtkuikens. De verdeling van de stalmest over de oppervlakte cultuurgrond is niet gelijkmatig. Volgens gegevens van het indertijd gehouden produktieniveauonderzoek ontvangt een ha bouwland gemiddeld 700 kg organische stof in de vorm van stalmest (Koopmans, 1957).

Bedrijven die niet over stalmest beschikken, kunnen de organische-stofvoorziening van de grond verbeteren door het onderploegen van stro en eventueel van bietenloof + kop. Hiermee worden gemiddeld de volgende hoeveelheden organische stof aan de grond toegevoegd: wintertarwe 3300, zomertarwe 3200, wintergerst 2600, zomergerst 2100, haver 3000, rogge 3400, bieten 4500 kg/ha. Bij de normen voor granen is er, evenals bij de normen voor oogstresten, van uitgegaan dat met de combine geoogst wordt en dat de stoppellenlengte 25 cm bedraagt. Verder kunnen groenbemestingsgewassen verbouwd worden. Daarmee wordt eveneens per ha 3000-4000 kg organische stof aan de grond toegevoegd.

Volledigheidshalve zij nog gewezen op huisvuilcompost en zuiveringsslib als bronnen van organische stof. Gemiddeld wordt in Nederland per ha landbouwgrond 11 kg organische stof in de vorm van huisvuilcompost geproduceerd en 20 kg in de vorm van zuiveringsslib. Huisvuilcompost wordt in de landbouw praktisch niet meer gebruikt. Het zuiveringsslib vindt voor ongeveer 30% een landbouwkundige bestemming.

Korte-duureffecten van organische meststoffen

De effecten van organische meststoffen kan men onderscheiden in effecten van korte en lange duur. De eerste treden in het algemeen op in het jaar van toediening, de laatste, bij telkens herhaalde toediening, in latere jaren.

Het meest sprekende korte-duureffect is in de regel het stikstofeffect. In het algemeen is dit positief als het stikstofgehalte van het organisch materiaal, berekend op de droge stof, groter is dan 2% en negatief als het kleiner is dan 2% (Harmsen en Van Schreven, 1955). Voor stalmest met een organische-stofgehalte van 14% en een stikstofgehalte van 0,5% rekent men bij voorjaarstoediening met een werkingscoëfficiënt voor de stikstof van 40%. In een recent onderzoek van Ter Horst (1969a,b) werd dit voor aardappelen op lichte gronden weer bevestigd. Ter Horst adviseert echter niet op de kunstmeststikstofgift te bezuinigen, omdat bij bemesting met stalmest de stikstofbehoefte van het gewas groter is in verband met een verhoging van het opbrengstniveau. Uit de in deze publikatie nog te behandelen resultaten van veeljarige proeven blijkt, dat de verhoging van het opbrengstniveau niet altijd even duidelijk is.

Vaak is de stikstofwerking van organische meststoffen nogal wisselvallig. Dit kan een gevolg zijn van stikstofverlies tengevolge van denitrificatie. In dit verband vermelden we de resultaten van een onderzoek waarbij de volgende produkten in hoeveelheden van 0, 25, 50, 75 en 100 g droog produkt aan 5 kg in Mitscherlich-potten werd toegevoegd (de getallen tussen haakjes zijn de stikstofgehalten van de produkten): suiker (0,0), cullulose (0,0), roggestro (0,44), haverstro (0,61), roggemeel (1,87), havermeel (1,94), grasmeel (2,00), stalmest (2,11), weipoeder (2,19), lucernemeel (2,63), runderfaeces (2,84), lijnzaadschroot (6,00), sojaschroot (8,11), aardappelwit (13,60), bloedmeel (15,20). Er werd negen maal achter elkaar snijmoes verbouwd. De groeiduur van elk gewas was ca. 5 weken. In figuur 1 is de stikstofonttrekking door het eerste gewas en de gewassen 1 t/m 9 weergegeven en het stikstofverlies, dat aan het einde van de proef werd vastgesteld. Het stikstofverlies was zeer sterk bij de stikstofrijke produkten, die in hun stikstoflevering aan het gewas teleurstelden, maar ook bij produkten als stalmest en gras- en lucernemeel niet zonder betekenis. Dat de stikstof tengevolge van denitrificatie verloren is gegaan en niet in de vorm van ammoniak wordt afgeleid uit het feit dat de pH-KCl van de grond bij het begin van de proef 4,7 was en aan het eind 4,0 en bij de stikstofrijke organische produkten nog lager.

Vergeleken met de stikstofwerking zijn de andere effecten van organische bemesting meestal minder spectaculair. De fosfaat- en kaliwerking van organische meststoffen wordt gelijk gesteld aan die van kunstmeststoffen. Op löss en rivierklei vond Ris (1963) een verbetering van de beschikbaarheid van

bodemfosfaat door stalmest. Het fosfaat komt in de stalmest voor 30-60% in organische vorm voor (Kaila, 1949). Een versterkte uitspoeling van stalmestfosfaat in vergelijking met kunstmestfosfaat vindt volgens Riehm (1942) en Dhein en Mertens (1955) niet plaats. Bij herhaald gebruik van grote hoeveelheden drijfmest stelden Vetter (1972) en De la Lande Cremer (1972) wel een duidelijke verplaatsing van fosfaat naar diepere lagen vast.

Lange-duureffecten van organische bemesting

Humusvorming

Volgens Kortleven (1963) wordt van aan de grond toegevoegd organische materiaal jaarlijks 30-40% gehumificeerd. De gegevens waarover Kortleven toen beschikte gaven geen aanleiding om onderscheid te maken tussen verschillende soorten organische stof. In 1961 begon De la Lande Cremer (nog niet gepubliceerde gegevens) met een onderzoek naar de humusvorming voor stalmest, stro en groenbemesting (= lucernemeel) op een zware kleigrond en een zavelgrond die braak werden gehouden. De organische produkten worden jaarlijks toegediend. Stelt men de humusvorming door stalmest na 10 jaar op 100 dan is die door stro op een zware kleigrond 49 en op de zavelgrond 50 en door groenbemesting op de zware kleigrond 54 en op de zavelgrond 51. Bij toediening van grote hoeveelheden ineens verliep de afbraak op de zware kleigrond later dan op de zavelgrond, maar bleef uiteindelijk een gelijke hoeveelheid humus achter. In 1965 begon schrijver dezes met een onderzoek naar de humusvorming, waarbij gebruik gemaakt wordt van dezelfde produkten die gebruikt zijn voor het reeds genoemde onderzoek inzake de stikstoflevering. In de proef inzake de humusvorming worden de produkten jaarlijks in hoeveelheden van 100 g droog produkt aan 5,3 kg zandgrond resp. 4,7 kleigrond toegevoegd. Bij toevoeging van grotere hoeveelheden is een normale afbraak niet gewaarborgd (vgl. Jenkinson, 1971). Om meetbare verschillen te krijgen moet de toediening herhaald worden. Het is de bedoeling dat tien keer te doen. De grond wordt op 60-70% van de watercapaciteit gehouden en af en toe doorgewerkt. Er wordt geen gewas verbouwd. Figuur 2 geeft het resultaat van de humusvorming gedurende de eerste 5 jaar. De toename van de hoeveelheid humus is daarbij uitgedrukt per 100 g organische stof door rekening te houden met het asgehalte van de produkten. Gemiddeld is er op de zandgrond iets meer humus gevormd dan op de kleigrond, maar het verschil is niet erg duidelijk. Het verschil tussen de produkten is wel duidelijk.

Gemiddeld over de grondsoorten en de jaren van toediening zijn de volgende percentages van de organische stof gehumificeerd: suiker 4, cullulose 7, roggestro 23, haverstro 23, roggemeel 13, havermeel 18, grasmeel 27, stalmest 55, weipoeder 9, lucernemeel 18, runderfaeces 39, lijnzaadschroot 22, sojaschroot 10, aardappeleiwit 9 en bloedmeel 38. Waarschijnlijk hangt het percentage samen met het ligninegehalte, zoals reeds in de dertiger jaren door Waksman is gesteld, maar dat is hier nog niet nagegaan. Van produkten als suiker, cullulose, weipoeder, sojaschroot en aardappeleiwit, waarvan bekend is dat ze weinig lignine bevatten, blijft weinig over. Het hoge percentage voor bloedmeel wordt veroorzaakt door kleine harde korreltjes in dit produkt, die in de grond niet worden aangetast.

Van de organische stof in de vorm van stalmest bleef in het eigen onderzoek gemiddeld 55% over. Daarbij moet rekening worden gehouden met het feit dat er ook weer afbraak optreedt van de nieuw gevormde humus, hoewel van een duidelijke afbuiging van de ophopingslijnen nog geen sprake is (fig.2). Kortleven vond in de enige proef waarin hij de humificatiecoëfficiënt voor organische stof in de vorm van stalmest rechtstreeks bepaald heeft, een waarde van 58%. Ook dit was een potproef. Waarschijnlijk liggen de waarden in potproeven aan de hoge kant, tenminste wanneer bij een vrij gelijkmatig vochtregime gewerkt wordt. Volgens Jager (1968) bevordert periodiek drogen en weer bevochtigen van de grond de afbraak van de organische stof. In het onderzoek van De la Lande Cremer, dat onder natuurlijke omstandigheden plaatsvindt, was van de toegediende organische stof in de vorm van stalmest na 10 jaar op de zavelgrond nog 29% over en op de zware kleigrond 33%. Uiteraard begint bij de langere duur van dit onderzoek de afbraak van de nieuw gevormde humus een rol te spelen. Delas (1971) vond na 6 jaar van de jaarlijks toegediende organische stof in de vorm van stalmest nog 30% terug.

Kolenbrander (1969) komt op grond van literatuurgegevens tot een humificatiecoëfficiënt voor de organische stof in de stalmest van 50%. Muller (1967) geeft voor Franse omstandigheden een "coefficient isohumique" van 30-50%. Het geheel overziende komt men tot de conclusie, dat voor de organische stof in de stalmest een humificatiecoëfficiënt van 50% een redelijke waarde is.

Voor stro hebben we de volgende waarden: De la Lande Cremer 15%, eigen onderzoek 23%, Kolenbrander 35%, Muller 8-15%, Delas 12%. Op grond van deze gegevens lijkt

voor de organische stof in de vorm van stro een humificatiecoëfficiënt van 20% een redelijke waarde. Voor wortel- en stoppelresten kan dezelfde waarde worden aangehouden. In een vakproef waarin nu 15 jaar lang plantenwortels als bron van organische stof aan de grond zijn toegevoegd, is hiervan nog 15% over. Uiteraard moet ook hier weer met afbraak van de uit de wortels gevormde humus rekening worden gehouden.

Voor groenbemesting zijn er de volgende waarden: De la Lande Cremer 16% (lucernemeel), eigen onderzoek 18 (lucernemeel) en 27% (grasmeel), Kolenbrander 20%, Muller 0%, Delas 11% (lucernemeel). Op grond van deze gegevens kan ook voor groenbemesting een humificatiecoëfficiënt van 20% worden aangehouden. Bij groenbemesting moet echter waarschijnlijk wel met de ouderdom (mate van verhouting) van het gewas rekening worden gehouden, hoewel Jenkinson (1971) dit op grond van onderzoeken met radioactief materiaal betwijfelt.

Afbraaksnelheid van nieuw gevormde humus

Kortleven (1963) maakt geen onderscheid in afbraaksnelheid tussen nieuw gevormde en reeds langer in de grond aanwezige humus. Volgens Kolenbrander (1970) breekt de nieuw gevormde humus sneller af. Onder humus dient in dit verband te worden verstaan, hetgeen na 1 jaar van aan de grond toegevoegde organische stof nog over is. De humificatiecoëfficiënt geeft aan hoeveel dat is in procenten van de toegevoegde hoeveelheid.

In figuur 3 is voor een aantal proefvelden de verhoging van het humusgehalte aangegeven als gevolg van een jaarlijkse toediening van 10 ton stalmest/ha gedurende een aantal jaren. De gegevens voor wat betreft de proefvelden te Askov, Halle, Hohenheim, Moskou, Nederling (bij München), Rothamsted, Ukraine en Woburn zijn ontleend aan resp. Iversen (1960), Kolbe en Stumpe (1969), Michael en Djurabi (1964), Yegorov en Lykov (1963), Springer (1949), Johnston (1969), Gorodniy (1961) en Russell (1937). De overige proefvelden zijn van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid. VP 896 is de reeds genoemde proef van De la Lande Cremer van VP 762/5 de eigen proef. De overige proeven komen verder nog ter sprake.

Uit figuur 3 blijkt dat de ophoping van humus van proefveld tot proefveld sterk verschilt. In deze figuur is een lijn getrokken die gebaseerd is op humificatiecoëfficiënt van 50% en een afbraakcoëfficiënt van de nieuw gevormde humus van 5%. De lijn stelt een meetkundige reeks voor met beginterm = 0,025 (10 ton stalmest =

1500 kg organische stof = 750 kg humus = 0,025% bij een bouwvoorgewicht van 3 000 000 kg) en reden = 1 - afbraakcoëfficiënt/100 = 1 - 0,005 = 0,995, terwijl n het aantal jaren van stalmesttoediening is. Het blijkt, dat op de meeste proefvelden de ophoping geringer is dan bij een afbraakcoëfficiënt van 5% gevonden wordt. Gemiddeld komt de ophoping overeen met een afbraakcoëfficiënt van 7%. Dat betekent, dat bij een aanvoer van 10 ton stalmest/ha/jaar de verhoging van het humusgehalte na 20 jaar gemiddeld 0,25% bedraagt en na 100 jaar 0,33%. In figuur 4 zijn de ophopingscurven getekend voor de proefvelden PrLov 2c en Pr 1255. Voor PrLov 2c is uitgegaan van een afbraakcoëfficiënt van 2% en voor Pr 1255 van 13%. Het blijkt dat met deze uitgangspunten de ophoping vrij goed kan worden beschreven.

Een verklaring voor het verschil in ophoping op de verschillende proefvelden kan niet worden gegeven. Sedert enkele jaren loopt er een proef met 36 verschillende grondsoorten, waarin de invloed van de grond op de vorming van humus uit grasmeel wordt nagegaan. Deze proef heeft nog geen duidelijke resultaten opgeleverd.

Het verloop van het humusgehalte van de grond zonder organische bemesting

Het is niet mogelijk een doelbewust organische -stofbeleid te voeren zonder kennis van het verloop van het humusgehalte van de grond zonder organische bemesting. Dus wanneer de grond alleen maar die organische stof ontvangt, die in de vorm van niet-oogstbare delen van het gewas in of op de grond achterblijft. In tabel 2 is voor een aantal proefvelden de verandering in humusgehalte aangegeven, die is opgetreden na een bepaald aantal jaren waarin geen organische bemesting is toegepast, maar wel een volledige bemesting met kunstmest.

Tabel 2. Verloop van het humusgehalte in de grond zonder organische bemesting op verschillende proefvelden.

Proefveld	Grondsoort	Begintoestand	Proefduur	Eindtoestand	Afname-coëfficiënt
Pr 1	zavel	2,0	40 j	2,0	0,0
Pr 3	dalgrond	4,6	30	6,9	-1,3
Pr 800	oude dalgrond	9,0	27	7,0	1,0
Pr 1040	zeeklei	3,45	23	2,80	1,0
Pr 1042	zandgrond	7,75	23	6,42	0,8
Pr 1051	dalgrond	4,88	23	10,26	-3,2
Pr 1255	rivierklei	3,20	20	2,25	2,0
Pr 1437	zandgrond	3,15	18	2,25	2,0
Pr 1614	lichte zavel	1,80	22	1,57	0,7
Pr 1752	esgrond	3,55	23	2,95	0,8
Pr 1754	rivierklei	6,70	22	3,75	2,6
PrLov 2	zware zavel	2,55	15	2,30	0,7
PO 168	esgrond	5,3	28	4,5	0,6
Halle	"lehmiger Sand"	2,12	83	2,28	-0,1
Rothamsted	"heavy loam"	1,90	122	1,90	0,0

Het blijkt, dat in slechts twee gevallen het humusgehalte duidelijk gestegen is. Het betreft hier jonge dalgronden, waar bij het ploegen veen uit de ondergrond in de bouwvoor terecht komt. Het humusgehalte bleef praktische constant op Pr 1 en de langlopende proefvelden Halle en Rothamsted. Op de beide laatste proefvelden wordt "eeuwige" roggebouw resp. tarwebouw bedreven en ontvangt de grond dus veel organische stof in de vorm van wortel- en stoppelresten, terwijl de weinige intensieve grondbewerking bij deze gewassen misschien ook een rol speelt. Op Pr 1 werd slechts in 9 van de 40 jaar een hakvrucht verbouwd, maar ook 9 maal lucerne of rode klaver. In de andere jaren werd graan of een daarmee gelijk te stellen gewas verbouwd.

Op alle andere proefvelden is een meer of minder duidelijke daling van het humusgehalte opgetreden. Er is uitgerekend met welk percentage het humusgehalte jaarlijks is afgenomen, waarbij is aangenomen, dat dit percentage in de tijd constant blijft. Het humusgehalte verloopt dan volgens een meetkundige reeks met als eerste term de begintoestand en als reden $1 - a/100$, waarbij a de dalings- of afnamecoëfficiënt in procenten is (men kan in dit verband beter niet van afbraakcoëfficiënt spreken, omdat er naast afbraak ook opbouw van humus plaats vindt). Als begin- en eindtoestand bekend zijn, kan de reden worden uitgerekend. Ook kan de eindtoestand worden berekend als begintoestand en reden bekend zijn. Schrijver dezes heeft tabellen laten opstellen, waaruit de gezochte waarden direct kunnen worden afgelezen. Ook voor de ophoping van organische stof zijn dergelijke tabellen opgesteld.

De afnamecoëfficiënt varieert voor de proefvelden van tabel 2 van 0 tot 2,6%. Er is geen verband met de hoogte van het humusgehalte in de begintoestand. In enkele gevallen (Pr 1255 en Pr 1754) kan de sterke daling verklaard worden uit het feit, dat deze gronden vóór de Tweede Wereldoorlog in gras lagen. In andere gevallen (Pr 800, Pr 1042, Pr 1754) heeft in het kader van de landbouwmechanisatie een verdieping van de bouwvoor plaats gehad, waarbij humusarme ondergrond door de bouwvoor is gemengd. In weer andere gevallen (Pr 1614, Pr 1752, PrLov 2, PO 168) kan dit echter geen rol gespeeld hebben, omdat de humusgehalten hier beneden de bouwvoor (laag 20-30 cm) niet of nauwelijks verschillen van die in de bouwvoor. Op deze proefvelden bedraagt de daling ca 0,7% per jaar. Een dergelijke daling moet op grond van de op dit ogenblik voorhanden gegevens wel als reëel beschouwd worden. Dit betekent, dat de op een bepaald moment aanwezige humus in 50 jaar

met 30% afneemt.

In het bovenstaande is ervan uitgegaan, dat de afnamecoëfficiënt in de loop van de tijd constant blijft. Dat is niet zeker. Het is mogelijk en zelfs waarschijnlijk, dat hij afneemt naarmate het humusgehalte verder daalt. Op het ogenblik beschikken wij echter niet over voldoende gegevens om dat vermoeden te bevestigen. In figuur 5 is het verloop van het humusgehalte van een aantal proefvelden in de tijd weergegeven. Er is geen aanwijzing dat de daling afneemt. Het tegendeel is eerder waar.

Het verloop van het humusgehalte in braak gehouden grond

Van het proefveld Pr 1 van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid is vanaf 1911 een gedeelte braak gehouden. Dit gedeelte is vanaf 1950 als zelfstandige proef voortgezet (Pr 1265; vanaf 1967 VP 859). Het verloop van het humusgehalte in deze grond is t/m 1961 weergegeven in figuur 6. Na 1961 is een onregelmatigheid in het verloop opgetreden, waarvoor nog geen afdoende verklaring gevonden is.

Uit figuur 6 blijkt dat het humusgehalte in de loop van 50 jaar vrij sterk gedaald is. Gemiddeld bedraagt de afnamecoëfficiënt, of in dit geval de afbraakcoëfficiënt, 1%. Hiermee kan het verloop van de lijn echter niet beschreven worden. Wel als men voor de eerste helft een afbraakcoëfficiënt neemt van 1,8% (de waarde, die door Kortleven (1963) werd berekend) en voor de tweede helft één van 0,6%. De afbraakcoëfficiënt wordt hier dus in de loop van de tijd kleiner.

In het reeds genoemde onderzoek van De la Lande Cremer bedroeg de afbraakcoëfficiënt in de onbemeste grond voor een looptijd van 9 jaar voor de zware klei 2,5% en voor de zavel 4%. In het eigen onderzoek met de verschillende organische produkten bedroeg de afbraakcoëfficiënt in de onbemeste grond voor een looptijd van 6 jaar voor de zandgrond 1,3% en voor de kleigrond 1,0%. In de proef met de 36 verschillende grondsoorten varieerde de afbraakcoëfficiënt in de ongemeste gronden bij een looptijd van 5 jaar van 0 tot 2%. Yegorov en Lykov (1963) vonden in 50 jaren een daling van het humusgehalte van 47%, hetgeen overeenkomt met een afbraakcoëfficiënt van 1,3%. Een gemiddelde afbraakcoëfficiënt van 1% voor een braak gehouden grond is dus niet aan de hoge kant, gezien ook de afname van het humusgehalte in bebouwde grond zonder organische bemesting. Waarschijnlijk

is de afbraakcoëfficiënt in de eerste tijd (20 jaar) groter en wordt hij in de loop van de tijd kleiner.

Inerte humus

Het kleiner worden van de afbraakcoëfficiënt in de loop van de tijd impliceert, dat er uiteindelijk een hoeveelheid humus overblijft die niet afbreekt. Deze humus is door Kortleven (1963) inerte humus genoemd. Kortleven vond de inerte humus op grond van de door hem toegepaste vereffeningsmethodiek, uitgaande van gelijke en in de tijd gelijkblijvende afbraakcoëfficiënten voor oorspronkelijk in de grond aanwezige humus en uit toegevoegd organisch materiaal nieuw gevormde humus.

Wat onder inerte humus verstaan moet worden is niet precies bekend. Alleen voor PO 168 kon worden vastgesteld, dat deze bestond uit elementaire koolstof (Kortleven, 1963). De elementaire koolstof in stadsvuilcompost is echter volgens Kortleven (1970) niet inert.

De formule van Kortleven

In feite bestaat de formule van Kortleven (1963) uit een ophopings- en een afbraakkromme, beide weer te geven met behulp van een meetkundige reeks, bij Kortleven met dezelfde reden, en een term voor inerte humus. Het bleek, dat de parameters variabelere zijn dan oorspronkelijk was voorzien, terwijl het vragstuk van de inerte humus anders kan worden benaderd dan door Kortleven is gedaan.

Stand van de kennis t.a.v. het kwantitatieve aspect van de humushuishouding van de grond op dit ogenblik

Het is op dit moment niet mogelijk voor een bepaalde grond bij een bepaalde toevoer van organische stof het verloop van het humusgehalte te voorspellen. De spreiding in de waarden van de verschillende parameters is daarvoor te groot en er is onvoldoende kennis over de oorzaak van de spreiding. Er kan hoogstens met gemiddelde waarden worden gewerkt. De situatie voor een grond met een gemiddeld humusgehalte van 4% is dan als volgt. In de onbebouwde grond moet rekening worden gehouden met een afname van de aanwezige humus van 1% per jaar. Dat betekent, dat het humusgehalte in 35 jaar (ongeveer de maximale periode, waarvoor de ondernemer in de landbouw voorzieningen kan treffen) met 1,2% daalt. Deze daling wordt voor 0,4% weer teniet gedaan door bebouwing met een gemiddelde

aanvoer van organische stof van ca. 4000 kg/ha/jaar in de vorm van wortel- en stoppelresten met een humificatiecoëfficiënt van 20% en een afbraakcoëfficiënt van de nieuw gevormde humus van 7%. Om het tekort van 0,8% op te heffen moet dan nog jaarlijks 20 ton stalmest/ha gegeven worden. Het onderploegen van stro of het toepassen van groenbemesting kan gelijkgesteld worden met een stalmestgift van 10 ton/ha.

Deze situatie doet zich voor op PO 168. Daar lukt het met 110 ton stalmest/ha/3 jaar plus twee maal groenbemesting per 3 jaar het oorspronkelijk humusgehalte (5,6%) op peil te houden. Op alle andere objecten met een geringere organische stoftoevoer daalt het humusgehalte. Verdieping van de bouwvoor kan daarvoor, zoals reeds gezegd, niet verantwoordelijk gesteld worden.

Opgemerkt zij nog, dat het voor het voeren van een doelbewust organische-stofbeleid noodzakelijk is geregeld het humusgehalte te laten bepalen. De fout van de humusbepaling bedraagt ca 10%. Een bepaalde trend in het verloop van het humusgehalte kan alleen worden vastgesteld als men frequent, bij voorkeur jaarlijks, het humusgehalte laat bepalen

Andere lange-duureffecten van organische bemesting

In het algemeen neemt met het humusgehalte het stikstofgehalte van de grond toe. In de reeds genoemde proef met verschillende organische produkten is de toename van de hoeveelheid na 5 jaar met de verandering in pH en volume, die nog ter sprake komen, weergegeven in tabel 3.

Tabel 3. VP 762/5 - 1966/70. Toename van de hoeveelheid stikstof (mg/pot) en de pH na 5 en van het volume (%) na 7 jaarlijkse toedieningen van 100 g/pot van verschillende organische produkten aan een zand- en een kleigrond.

	Stikstof		pH-H ₂ O		Volume	
	zand	klei	zand	klei	zand	klei
suiker	534	62	0,66	0,26	11	0
cellulose	728	44	0,75	0,20	17	10
roggestro	2094	2320	0,94	-0,08	45	47
haverstro	2914	3062	1,91	0,24	40	30
roggemeel	4984	7162	-0,26	-0,95	23	14
havermeel	5473	6686	-0,32	-0,79	32	18
grasmeel	7070	7168	0,23	-0,60	29	26
stalmest	8732	9674	0,60	-0,69	48	38
weipoeder	6592	6388	-0,07	-0,55	15	4
lucernemeel	9118	8768	0,34	-0,41	30	14
runderfaeces	8444	8396	0,65	-0,49	35	22
lijnzaadschroot	7874	14624	-0,14	-1,80	21	18
sojaschroot	8960	17820	-0,06	-1,98	5	5
aardappeleiwit	13590	34722	-0,60	-1,94	3	6
bloedmeel	58434	49138	-0,80	-2,50	20	10

Voor de produkten suiker, cellulose, rogge- en haverstro is de hoeveelheid stikstof relatief minder sterk gestegen dan de hoeveelheid humus, voor de andere produkten sterker, Door suiker enz. is het stikstofgehalte van de humus verlaagd, door de andere produkten verhoogd. Het stikstofgehalte van de humus van de onbehandelde grond is voor de zandgrond 3,5 en voor de kleigrond 7,5%. De hoeveelheid stikstof is gemiddeld in de kleigrond sterker toegenomen dan in de zandgrond. Bij de humus was dat andersom.

Met het stikstofgehalte nemen vaak ook de gehalten aan andere plantenvoedende bestanddelen (P, K, Mg enz.) toe, voorzover hiervoor geen compensatie is toegepast. Door geregelde bemesting met stalmest stijgen ook de gehalten aan B, Mo, en Co (Nikishkina, 1963).

Uit tabel 3 blijkt dat organische meststoffen ook een verandering in de pH van de grond teweeg kunnen brengen. In de zandgrond hebben de produkten rogge- en havermeel, weipoeder en de stikstofrijke produkten te beginnen met lijnzaad-schroot, de pH doen dalen. In de kleigrond hebben alle produkten een daling tot stand gebracht met uitzondering van de meest stikstofarme. Dat roggestro wel een daling geeft en haverstro niet kan een gevolg zijn van het hogere basengehalte van haverstro. Verder is het wel duidelijk, dat de mate van daling samenhangt met het stikstofgehalte. De sterkere daling in de kleigrond hangt samen met het verschil in pH-niveau. In de onbehandelde gronden was de pH 4,52 voor de zandgrond en 6,82 voor de kleigrond. In de reeds genoemde proef, waarin de humusvorming door grasmael in de gronden met een pH lager dan 4,4 een pH-stijging, in de gronden met een pH hoger dan 4,4 een pH-daling. Het kalkgehalte van de grond speelt daarbij waarschijnlijk ook een rol. Dezelfde invloed als bij pH-H₂O werd ook bij pH-KCl vastgesteld.

De invloed van organische produkten op de structuur van de grond blijkt duidelijk uit de figuren 7 en 8. De foto's laten de toestand zien, zoals deze was aan het einde van het zevende proefjaar, nadat de grond was doorgewerkt en op 70% van de watercapaciteit gebracht en daarna weer opgedroogd. Figuur 7 geeft de invloed van stro op de structuur van de kleigrond, figuur 8 laat zien, dat er in hun invloed op de structuur tussen twee gelijksoortige produkten (rogge- en haverstro) nog verschil bestaat. Hoewel de invloed van de organische produkten op de structuur van de zandgrond niet zo duidelijk zichtbaar is als op de kleigrond, blijkt de invloed op het volume bij de zandgrond juist groter te zijn (tabel 3). In het algemeen neemt met het humusgehalte het volume toe. Bij

de stikstofrijke produkten is dat echter in mindere mate het geval. Bij deze produkten treedt kluitvorming op, zoals figuur 9 laat zien, die de invloed van sojaschroot op de structuur van kleigrond weergeeft.

Invloed van organische bemesting op het produktieniveau van de grond en de optimale kunstmeststikstofgift

Algemeen

Het doel van organische bemesting is, voorzover het niet gaat om afvalstoffen waaraan een zo nuttig mogelijke bestemming moet worden gegeven, een verhoging van het produktieniveau van de grond. Organische meststoffen zijn in de eerste plaats grondverbeteringsmiddelen. Hun werking als meststof is een bijkomend voordeel, dat vaak niet groot genoeg is om met kunstmeststoffen te kunnen concurreren.

Het is onder de gegeven omstandigheden niet mogelijk alleen aan de hand van bodemkundige veranderingen een uitspraak te doen over het nut van organische bemesting. De reactie van het gewas is daarvoor beslissend. Deze wordt in het volgende behandeld aan de hand van de resultaten verkregen op een aantal proefvelden van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid met een voldoende lange looptijd om de eerste conclusies te kunnen trekken. Op deze proefvelden worden verschillende organische meststoffen, soms in verschillende hoeveelheden en combinaties, met elkaar en met een object zonder organische bemesting vergeleken bij een optimale bemesting met kunstmest. Omdat de optimale kunstmeststikstofgift vooraf niet exact bepaald kan worden zijn er per organische meststof en eventueel per trap of combinatie daarvan verschillende kunstmeststikstoftrappen ingevoerd. Achteraf kan dan de optimale N-gift en de daarbij behorende maximale opbrengst bepaald worden. Voor het te behandelen materiaal is dat gebeurd door aan te nemen dat de reactie van het gewas op de stikstofgift kan worden weergegeven met behulp van een tweedegraadsvergelijking, waarvan gemakkelijk het maximum en de daarbij behorende N-gift en eventueel andere kenmerken berekend kunnen worden.

Proefveldgegevens

Resultaten van de volgende proefvelden worden behandeld: Pr 800 (oude dalgrond,

Borgercompagnie), PO 168 (esgrond, Heino), Pr 1437 (lichte zandgrond, Maarheeze), Pr Lov 2b en c (zware zavel, Noordoostpolder) en Pr 1255 (zware rivierklei, Bommelerwaard).

Op Pr 800 wordt vanaf 1944 om de twee jaar 0, 10, 20, 30 en 40 ton/ha stalmest gegeven aan hakvruchten. De vruchtopvolging is vanaf 1954 suikerbieten - rogge - aardappelen - rogge. Vóór 1954 was de proefopzet enigszins anders dan nu. De jaren vóór 1954 zijn daardoor voor ons doel slechts gedeeltelijk bruikbaar. Bij rogge wordt in de nawerkingsjaren een uniforme N-gift toegepast. Voor dit gewas kon de maximale opbrengst dus niet bepaald worden.

Op PO 168 worden vanaf 1940 verschillende vormen van organische bemesting gegeven in verschillende intensiteiten en combinaties. Hier worden alleen de resultaten behandeld van de objecten IX = stalmest aan de hoofdgewassen aardappelen, rogge en haver, resp. 30, 20 en 20 t/ha, en V = groenbemesting na rogge (stoppelknollen) en haver (snijrogge), die wordt ondergeploegd, in vergelijking met object X = geen organische bemesting. De vruchtopvolging op dit proefveld is aardappelen - rogge - haver. Voor het gewas aardappelen zijn de eerste drie proefjaren buiten beschouwing gelaten, omdat de stikstofgiften in die jaren zo laag waren, dat het niet mogelijk was de maximale opbrengst en daarbij behorende N-gift te bepalen.

Pr 1437 is een pendant van PO 168. Hier worden de resultaten van de objecten VIII = 30 ton stalmest/ha/3 jaar aan aardappelen, en V = 2 maal/3 jaar groenbemesting, vergeleken met die van het object I = geen organische bemesting. Deze proef loopt vanaf 1953.

Het proefveld PrLov 2 is in 1945 aangelegd en in 1954 door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid overgenomen. De resultaten van de volgende vormen van organische bemesting: b2 = onderploegen van het stro van de graangewassen (3-6 ton/ha/2 jaar) vanaf 1955, b3 = om de twee jaar groenbemesting met een niet-vlinderbloemig stoppelgewas vanaf 1955, b4 = idem met een vlinderbloemig groenbemestingsgewas, en c2 = 20 ton stalmest/ha/2 jaar aan hakvruchten vanaf 1945. De vruchtopvolging is op dit proefveld aardappelen - wintertarwe - suikerbieten - zomergerst. Op het proefgedeelte b wordt in de graanjaren een uniforme N-gift gegeven terwille van de ingezaaide groenbemestingsgewassen. Pr 1255 is aangelegd in 1952. De resultaten van de objecten I = geen organische bemesting, II = 30 ton stalmest/ha/2 jaar (vanaf 1968 15t/ha/jaar), en VII =

groenbemesting, worden hier behandeld. De vruchtopvolging is aardappelen - graan - suikerbieten. Op dit proefveld werden slechts in een deel van de proefjaren stikstoftrappen toegepast. In andere jaren werden kalitrappen toegepast of werd uniform bemest. Voor dit proefveld is daarom afgezien van het berekenen van maximale opbrengsten. Van alle jaren worden de opbrengsten gegeven bij één bepaalde of een gemiddelde N-gift.

Invloed van stalmest op de maximale opbrengst en de optimale N-gift

De invloed van stalmest op de maximale opbrengst (of de werkelijke opbrengst, voorzover het maximum niet kon worden bepaald) en op de optimale (werkelijke) N-gift is weergegeven in tabel 4. De opbrengsten zijn uitgedrukt in procenten van het object zonder organische bemesting. Onder opbrengst wordt bij aardappelen de knolopbrengst verstaan, bij bieten de bietenopbrengst en bij graan de korrelopbrengst. Het aantal proefjaren waarop een bepaalde waarde betrekking heeft, is tussen haakjes vermeld.

Tabel 4. Verhoging van de maximale opbrengst door stalmest, in procenten van de opbrengst bij optimale bemesting met kunstmest

	Aardappelen	Suikerbieten	Granen
Pr 800	2 (7)	23 (5)	4*(11)
PO 168	4 (7)	n.b.	2 (20)
Pr 1437	12 (6)	n.b.	2 (11)
PrLov 2c	16 (4)	8 (4)	-4 (8)
Pr 1255	0*(7)	6*(6)	-1*(7)
<u>Vermeerdering (vermindering) van de optimale N-gift, kg/ha</u>			
Pr 800	-18	11	0*
PO 168	-51	n.b.	-42
Pr 1437	-3	n.b.	-7
PrLov 2c	-31	-4	-50
Pr 1255	0*	0*	0*

*Werkelijke opbrengst resp. N-gift

Getallen tussen haakjes: aantal proefjaren

Uit tabel 4 blijkt dat stalmest de maximale opbrengst bij aardappelen op Pr 800 en PO 168 met enkele procenten, maar op Pr 1437 en PrLov 2c veel sterker

verhoogd heeft. Een oorzaak voor dit verschil kan op dit moment niet worden aangegeven. Op Pr 1255 is de invloed van de stalmest op de werkelijke opbrengst bij een suboptimale N-gift gemiddeld nihil. Een duidelijke trend in de ontwikkeling van de opbrengstverschillen, gezien in de loop van de tijd, is op geen van de proefvelden aanwezig. In het algemeen moest om de maximale opbrengst te bereiken op de N-gift bezuinigd worden, maar minder dan overeenkomt met de gegeven stalmeststikstof bij een werkingscoëfficiënt van 40%. Alleen op Pr 1437 hoefde met de stalmest-N geen rekening te worden gehouden.

Bij suikerbieten is de maximale opbrengst op Pr 800 door stalmest zeer belangrijk verhoogd. Zonder stalmest wordt op deze grond slechts een matig gewas bieten verkregen, in tegenstelling tot aardappelen en rogge. De oorzaak van het sterke effect bij suikerbieten is zonder meer niet aan te geven. Bieten zijn nogal pH-gevoelig en de pH is door stalmest op deze vrij zure grond verhoogd, maar volgens Sluijsmans en Boskma (1959) onvoldoende om het effect te kunnen verklaren. Het effect van stalmest bij bieten is in de loop van de jaren duidelijker geworden. Met enkel stalmest worden in de laatste jaren hogere opbrengsten verkregen dan met enkel kunstmest. Op PrLov 2c is de opbrengst bij bieten minder sterk verhoogd dan bij aardappelen, op Pr 1255 sterker. Ook op Pr 1255 heeft stalmest de pH van de grond verhoogd. Een verlaging van de optimale N-gift door stalmest trad niet op. Op Pr 800 was deze met stalmest eerder hoger.

Bij de granen werd geen duidelijke verhoging van de maximale opbrengst door stalmest verkregen. De verhoging van 4% op Pr 800 werd verkregen bij een suboptimale N-gift (80 kg/ha). Op PO 168 bedroeg de verhoging bij rogge 0 en bij haver 4% en op Pr 1437 bij rogge 4 en bij haver 1%. De verlaging van de optimale N-gift berust bij PO 168 op directe werking + nawerking van stalmest-N, bij Pr 1437 en PrLov 2c enkel op nawerking.

Invloed van groenbemesting op de maximale opbrengst en de optimale N-gift

De invloed van groenbemesting op de maximale, resp. werkelijke opbrengst en de optimale, resp. werkelijke N-gift is weergegeven in tabel 5.

Tabel 5. Verhoging van de maximale opbrengst door groenbemesting in procent van de opbrengst bij optimale bemesting met kunstmest

	Aardappelen	Suikerbieten	Granen
PO 168	4 (7)	n.b.	1 (20)
Pr 1437	2 (6)	n.b.	3 (11)
PrLov 2b (niet vl.bl.)	3 (4)	1 (4)	7* (7)
PrLov 2b (vl.bl.)	0 (4)	1 (4)	11* (7)
Pr 1255	3*(7)	5* (6)	0*

Vermeerdering (vermindering) van de optimale N-gift, kg/ha			
PO 168	-33	n.b.	-32
Pr 1437	0	n.b.	16*
PrLov 2b (niet vl.bl.)	-22	-23	0*
PrLov 2b (vl.bl.)	-19	-15*	0*
Pr 1255	0*	0*	0*

* Werkelijke opbrengst resp. N-gift.
 Getallen tussen haakjes: aantal proefjaren

De verhoging van de maximale opbrengst varieerde van 0-4%. De verhogingen van de werkelijke opbrengsten werden verkregen bij suboptimale N-giften. Ter verkrijging van de maximale opbrengst moest in het algemeen op de optimale N-gift bezuinigd worden.

Invloed van bemesting met stro op het opbrengstmaximum en de optimale N-gift

Stro werd alleen toegepast op PrLov 2b. Een verhoging van de maximale opbrengst werd hier bij geen van de gewassen verkregen. Bij aardappelen werd een verlaging van de optimale N-gift gevonden, bij suikerbieten een verhoging. Van jaar tot jaar wisselde het effect op de optimale N-gift sterk. Soortgelijke resultaten wat betreft verhoging van het opbrengstmaximum werden ook verkregen door Muller (1965) en Patterson (1960). De la Lande Cremer (1970) vond echter op een vrij groot aantal proefvelden verhogingen van de met enkel kunstmest bereikbare opbrengsten van 5 tot 12%.

Stand en perspectief van het onderzoek naar de invloed van geregelde organische bemesting op de opbrengst van de gewassen

Uit de resultaten van het onderzoek blijkt, dat in bepaalde gevallen met stalmest

en in het algemeen met groenbemesting en stro geen belangrijke verhoging van het opbrengstniveau is verkregen, hoewel de betekenis van een verhoging van het opbrengstmaximum met slechts enkele procenten niet onderschat moet worden. In bepaalde gevallen werd met stalmest een belangrijke verhoging van het opbrengstniveau verkregen. De unieke betekenis van stalmest als organische meststof komt hier naar voren. Vooral bij uitbreiding van de teelt van veel-eisende gewassen naar lichte gronden kan die van belang zijn. Het is mogelijk dat de sterke effecten van de stalmest te danken zijn aan het niet optimaal zijn van de bemestingstoestand van de grond, hoewel daar wel naar gestreefd is. Het is dan waarschijnlijk dat dergelijke effecten zich in de praktijk vaker zullen voordoen dan op proefvelden.

Het is mogelijk dat bepaalde effecten in de loop van de tijd nog duidelijker zullen worden dan nu het geval is. Volgens Barbier (cit. Muller, 1965) treedt een daling van het opbrengstniveau van de grond bij bemesting met enkel kunstmest de eerste 25 jaar niet op.

Samenvatting

De hoeveelheid organische stof die bij moderne oogstmethoden jaarlijks in de vorm van wortel-, stoppel-, blad- en oogstresten in of op de grond achterblijft, bedraagt voor graan ca 5000, aardappelen 3500 en suikerbieten 1500 kg/ha. Bij het gemiddelde Nederlandse bouwplan blijft jaarlijks ca 3800 kg organische stof per ha in de vorm van niet geoogste delen van het gewas achter. In de vorm van stalmest is per ha landbouwgrond gemiddeld ca 1200 kg organische stof beschikbaar. De afvalstoffen van de menselijke samenleving (huisvuil, zuiverings-slib) zijn landelijk gezien voor de organische stofvoorziening van de grond geen betekenis. Om deze verder te verbeteren kan stro of bietenloof worden ondergeploegd of groenbemesting worden bedreven. Met elk van deze handelingen wordt per ha 3000-4000 kg organische stof aan de grond toegevoegd.

Op korte termijn is het meest sprekende effect van organische bemesting het stikstofeffect. Per eenheid stikstof is dit gewoonlijk minder groot dan bij stikstof in de vorm van kunstmest, omdat bij de ontleding van de organische stof een deel van de stikstof wordt vastgelegd. Verder kan onder reducerende omstandigheden een deel van de stikstof door denitrificatie verloren gaan. Het soms wisselvallige stikstofeffect van organische meststoffen kan hierdoor verklaard worden.

Tenzij met extreme hoeveelheden gewerkt wordt, waarbij een normale afbraak

niet optreedt, kan pas bij herhaaldelijke toepassing van organische bemesting een verhoging van het humusgehalte van de grond worden vastgesteld. Van de organische stof in de vorm van stalmest wordt binnen een jaar na toediening ca 50% gehumificeerd. Voor stro, wortel- en stoppelresten en groenbemesting kan met een humificatiecoëfficiënt van 20% gerekend worden.

De als gevolg van organische bemesting nieuw gevormde humus breekt in het algemeen sneller af dan de reeds in de grond aanwezige humus. De afbraakcoëfficiënt varieert van grond tot grond zonder dat daar voor op dit moment een verklaring kan worden gegeven. Op grond van de op dit moment beschikbare gegevens moet met een gemiddelde afbraakcoëfficiënt voor nieuw gevormde humus van 7% rekening worden gehouden.

Zonder organische bemesting loopt het humusgehalte van de grond in het algemeen duidelijk terug. Nawerking van de periode waarin het betreffende perceel als grasland is gebruikt en en verdieping van de bouwvoor bij een humusarme ondergrond kunnen aanleiding zijn tot een vrij sterke daling. In een onbebouwde grond moet met een vermindering van de hoeveelheid humus met tenminste 1% per jaar rekening worden gehouden. Bij een gemiddeld humusgehalte van 4% betekent dat een daling van het humusgehalte tot 2,8% in de eerste 35 jaar. Bij een gemiddeld bouwplan vermindert deze daling van 1,2% tot 0,8% door de organische stof in de vorm van wortel- en stoppelresten. Om de resterende daling op te heffen moet dan jaarlijks nog 20 ton stalmest/ha gegeven worden. Er is echter gemiddeld slechts 10 ton beschikbaar. Het is dus onder de gegeven omstandigheden moeilijk het humusgehalte van het bouwland op peil te houden.

Met veranderingen in organische-stofgehalte gepaard gaan veranderingen in gehalten aan plantevoedende stoffen en in de pH (soms), en de structuur van de grond. Het is op dit moment niet mogelijk alleen bodemkundige analyses als basis te nemen voor het te voeren organische-stofbeleid. De reactie van het gewas moet daarbij ook betrokken worden. Op een aantal veeljarige organische-bemestingsproefvelden van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid werd het produktie niveau van de grond door stalmest met enkele procenten verhoogd. Groenbemesting heeft eenzelfde effect. In een aantal gevallen werd het produktieniveau door stalmest veel sterker verhoogd. De oorzaak daarvan kan nog niet worden aangegeven.

LITERATUUROPGAVE

- CBS, 1970. Statistiek van de land- en tuinbouw. Centraal Bureau voor de Statistiek, 's-Gravenhage.
- Delas, J., 1971. Evolution des propriétés d'un sol sableux sous l'influence d'apports massifs et répétés de matières organiques de différentes origines. Ann. Agron. (Paris) 22: 585-610.
- Dhein, A. und H. Mertens, 1955. Die chemischen, physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften des Dikopshofer Dauerdüngungsversuches nach 45-jähriger Versuchsdurchführung. Z. Acker-Pflanz. 100: 137-162.
- Gorodniy, N.G., 1961. Influence of prolonged systematic application of fertilizers on humus accumulation in soil, and the agricultural crop yields. Sov. Soil Sci. (Transl. Pochvoved.) 1961: 190-197.
- Harmsen, G.W. and D.A. van Schreven, 1955. Mineralization of organic nitrogen in soil. Advan. Agron. 7: 299-398.
- Horst, K. ter, 1969a. De stikstofconsumptie van late consumptie-aardappelen op lichte gronden in verband met de stalmestgift. Landbouwvoorlichting 26: 196-199.
- Horst, K. ter, 1969b. De stikstofbemesting van fabrieksaardappelen op lichte gronden in verband met de stalmestgift. Landbouwvoorlichting 26: 242-243.
- Iversen, K., 1960. Dänische Versuche mit Stalldünger und Kunstdünger. Z. Acker-Pflanz. 110:1-32.
- Jager, G., 1968. The influence of drying and freezing of soil on its organic matter decomposition. Stikstof, Dutch Nitrogenous Fertilizer Rev., No. 12: 75-88.
- Jenkinson, D.S., 1971. Studies on the decomposition of C¹⁴ labelled organic matter in soil. Soil Sci. 111: 64-70.
- Johnston, A.E., 1969. Plant nutrients in Broadbalk soils. Rothamsted Exp. Sta., Rep. 1968, Part 2: 50-62.
- Kaila, A., 1949. On phosphorus in farm manure. Maataloustieteellinen Aikak. 21: 67-82.
- Kolbe, G. und H. Stumpe, 1969. Neunzig Jahre "Ewiger Roggenbau". Albrecht-Thaer-Arch. 13: 933-949.
- Kolenbrander, G.J., 1969. De bepaling van de waarde van verschillende soorten organische stof ten aanzien van hun effect op het humusgehalte bij bouwland. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Intern Rapp.
- Kolenbrander, G.J., 1970. De verandering van het humusgehalte van bouwland onder invloed van organische bemesting. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Intern Rapp.

- Koopmans, J., 1957. De kalibemesting van grasland in de praktijk. Landbouwvoorlichting 14: 50-62.
- Kortleven, J., 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Versl. Landbouwk. Onderzoek 69.2.
- Kortleven, J., 1968. Verslag over de jaren 1952-1967 van een proef met zes organische meststoffen. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Stencil C6644.
- Kortleven, J., 1970a. Resultaten verkregen in een vijftientigjarige stalmeestproef op de proefboerderij te Borgercompagnie, met een overzicht van de humusgehalten in dalgronden. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Intern Rapp. 1970-1.
- Kortleven, J., 1970b. Proeven met stadsvuilcompost II. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. II-1970.
- 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. Sonderh. Z. Landw. Forsch. 25/II: 1-8.
- Lande Cremer, L.C.N. de la, 1972. Gebruik drijfmest, maar misbruik hem niet! Bedrijfsontwikkeling 3, ter perse.
- Michael, G. und M. Djurabi, 1964. Die Wirkung einer 30-jährigen Mineral- und Stallmistdüngung auf die Eigenschaften eines Filderlehm-Bodens. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk. 107: 40-50.
- Muller, J., 1965. Observations sur les effets à long terme des fumures organiques et minérales sous climat méditerranéen. I. Action sur les rendements. Ann. Agron. (Paris) 16: 301-321.
- Muller, H., 1967. La matière organique. Son bilan en zone méditerranéenne pour les cultures maraîchères de plein air. Potasse 41 (344): 89-96.
- Nikishkina, P.I., 1963. Effect of the prolonged use of organic and mineral fertilizers on the availability of micro-elements in the soil. Sov. Soil Sci. (Transl. Pochvoved.) 1963: 825-830.
- Patterson, H.D., 1960. An experiment on the effects of straw ploughed in or composted on a three-course rotation of crops. J. Agr. Sci. 54: 222-229.
- Riehm, H., 1942. Profilmässige Nährstoffuntersuchungen der Böden des "Ewigen Roggenbaues", Halle, mittels der Egnér-Methode. Bedenk. Pflanzenernähr. 28: 234-245.
- Ris, J., 1963. Verbetering van de beschikbaarheid van bodemfosfaat door stalmeest. Landbouwvoorlichting 20: 253-356.

- Russell, E.J., 1937. Fünfzig Jahre Dauerfeldversuche in der Versuchsstation Woburn. Landwirt. Jahrb. 84: 161-261.
- Sluijsmans, C.M.J. en K. Boskma, 1959. Kalktoestand van de grond en opbrengst van bieten op zand- en dalgrond. Versl. Landbouwk. Onderz. 65.8.
- Springer, U., 1949. In welchem Ausmasz ist eine Humusvermehrung durch Mineraldüngung, Stallmist- und Kompostdüngung möglich? Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk. 46: 196-234.
- Vetter, H., 1972. Untersuchungen zum Thema: Wieviel Gülle darf man düngen? Sonderh. Z. Landwirt. Forsch. 27, im Druck.
- Yegorov, V.Ye. and A.M. Lykov, 1963. Changes in organic matter in sod-podzolic soil after fifty years of cultivation. Sov. Soil Sci. (Transl. Pochvoved.) 1963: 943-951.

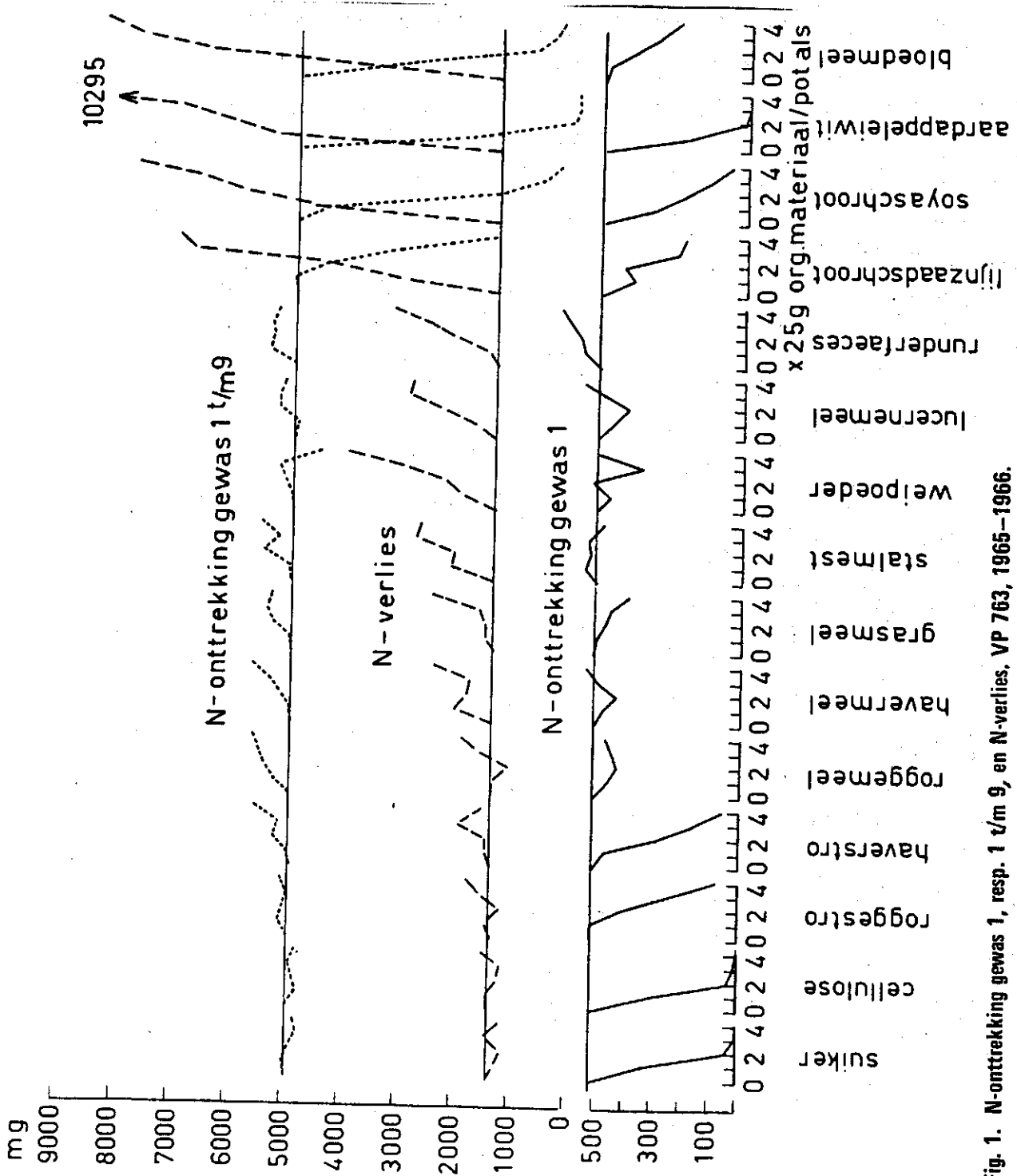


Fig. 1. N-onttrekking gewas 1, resp. 1 t/m 9, en N-verlies. VP 763, 1965-1966.

Toename humus g/pot, bij toediening van 100g organische stof / jaar

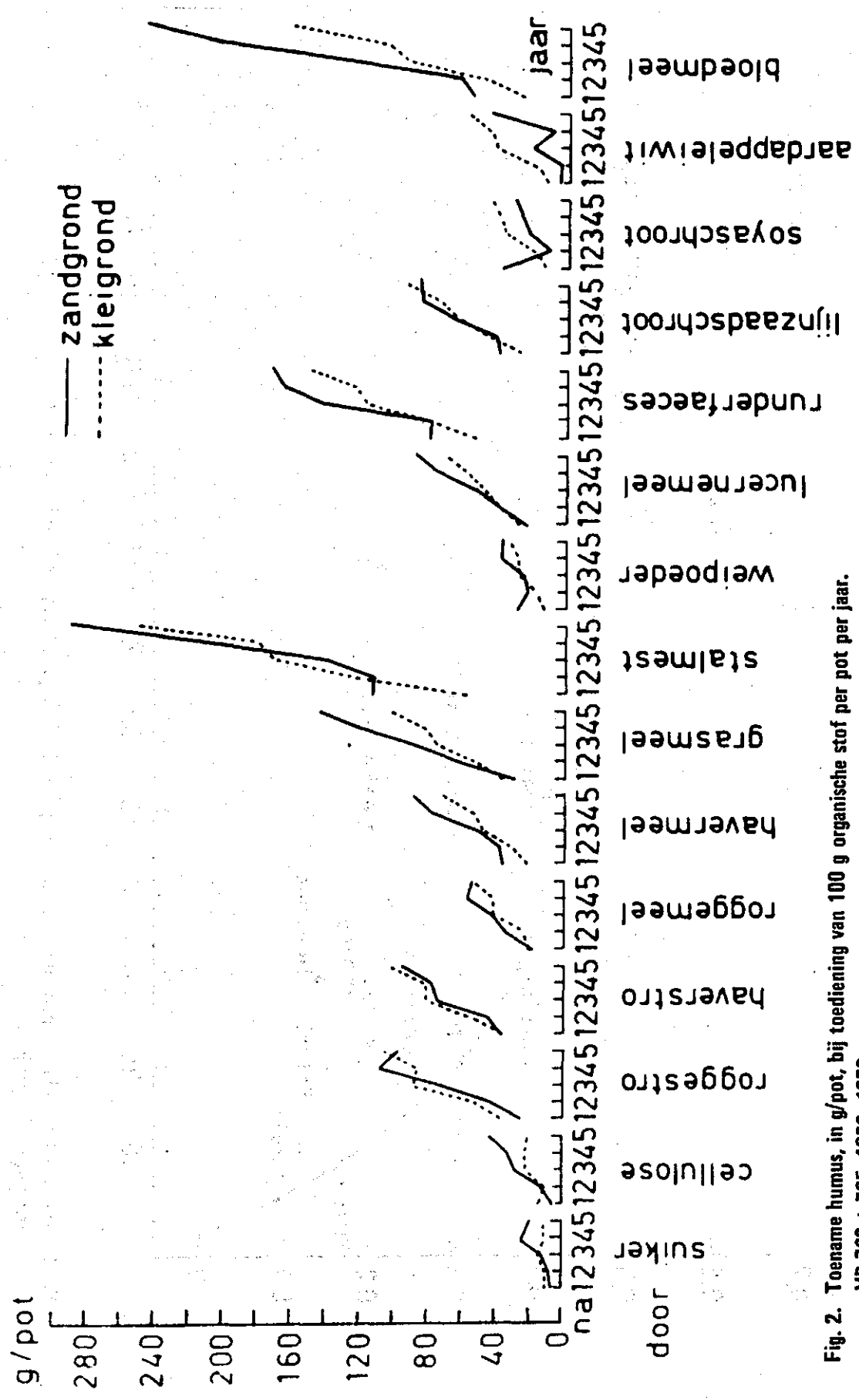


Fig. 2. Toename humus, in g/pot, bij toediening van 100 g organische stof per pot per jaar. VP 762 + 765, 1966-1970.

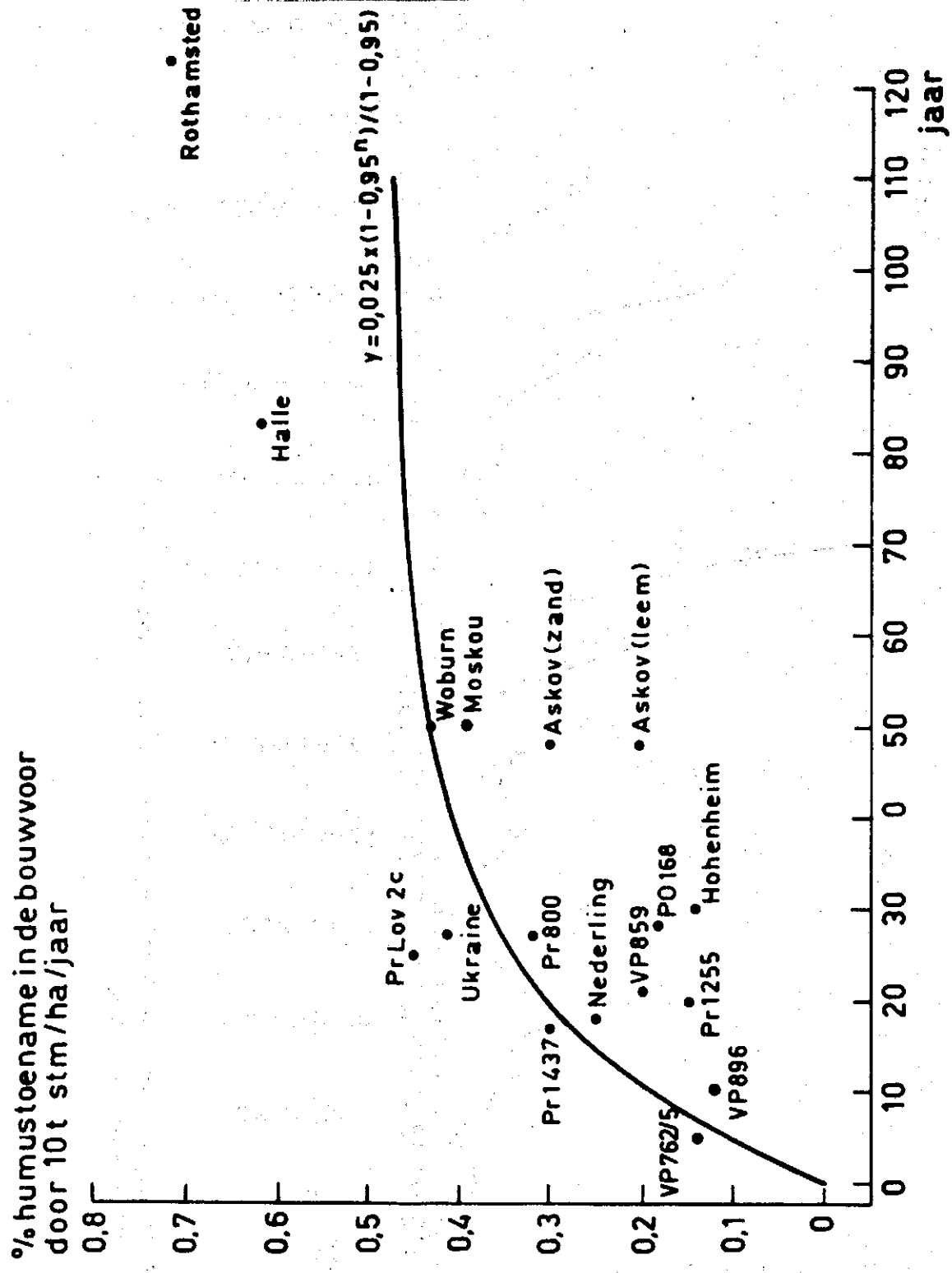


Fig. 3. Toename humus in de bouwvoor in procenten op verschillende proefvelden, bij toediening van 10 ton stalmest per ha per jaar.

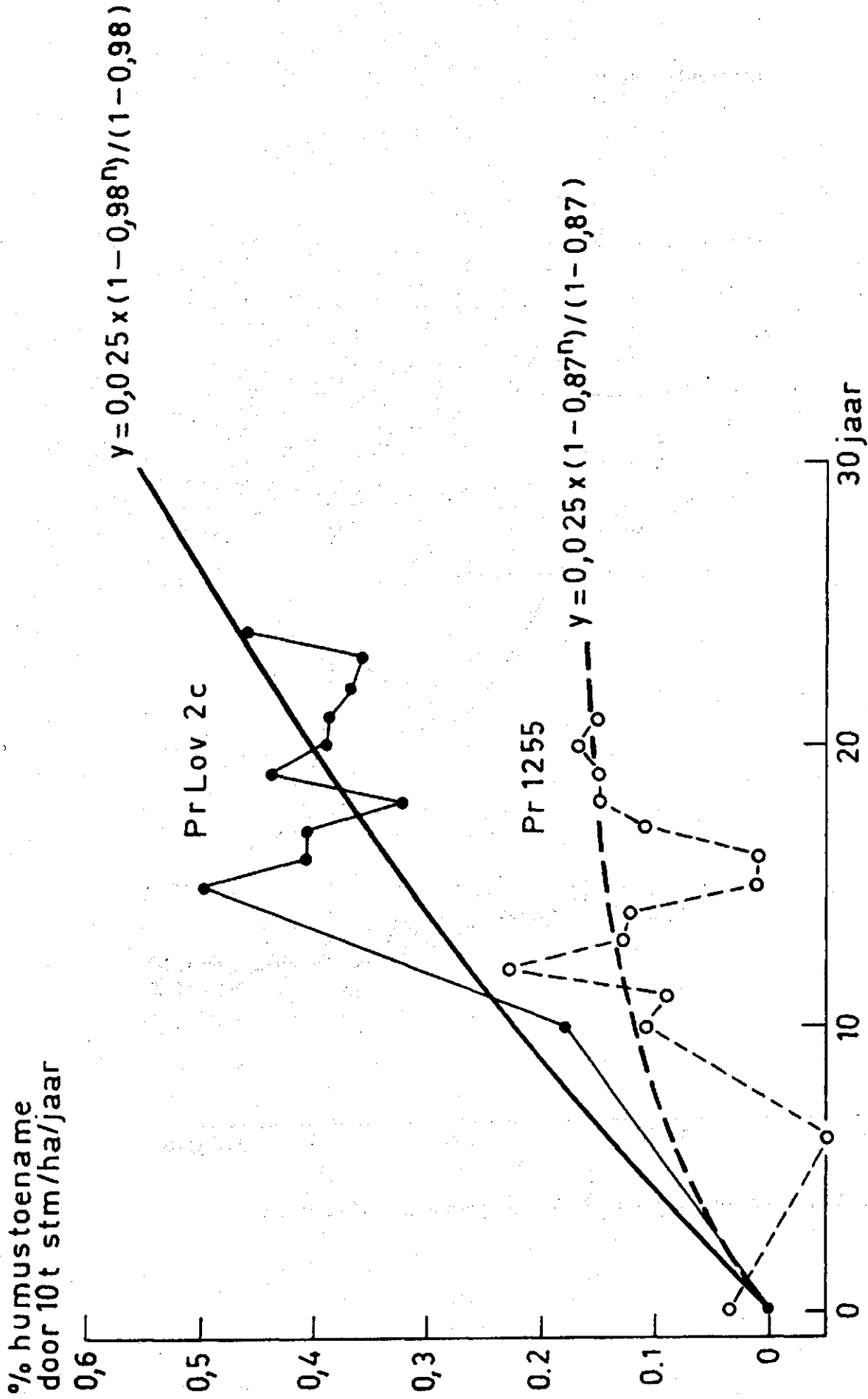


Fig. 4. Toename humus, in procenten, bij toediening van 10 ton stal mest per ha per jaar.

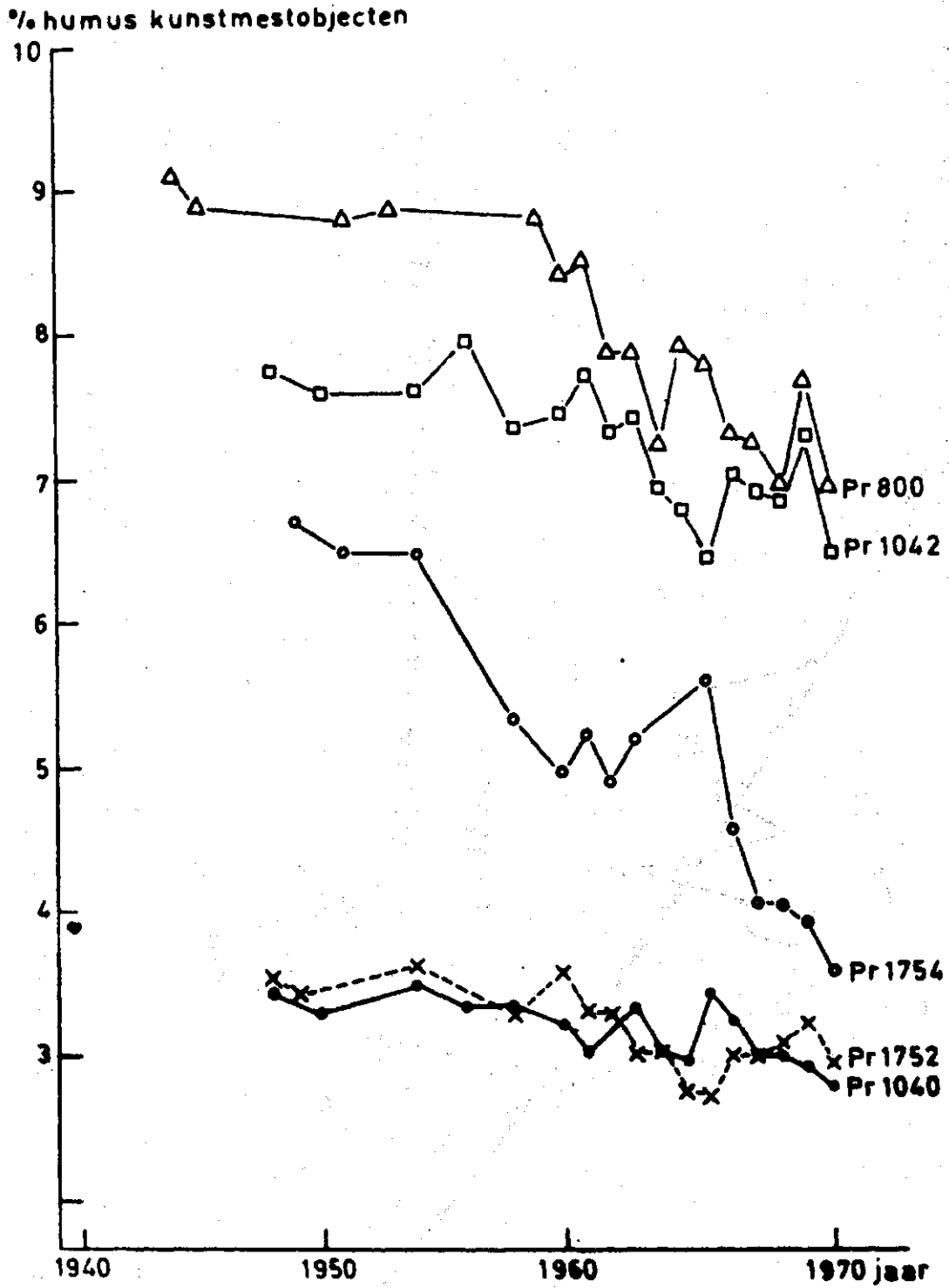


Fig. 5. Verloop van het humusgehalte bij bemesting met uitsluitend kunstmest.

Verloop van het humusgehalte in een onbebouwde grond.

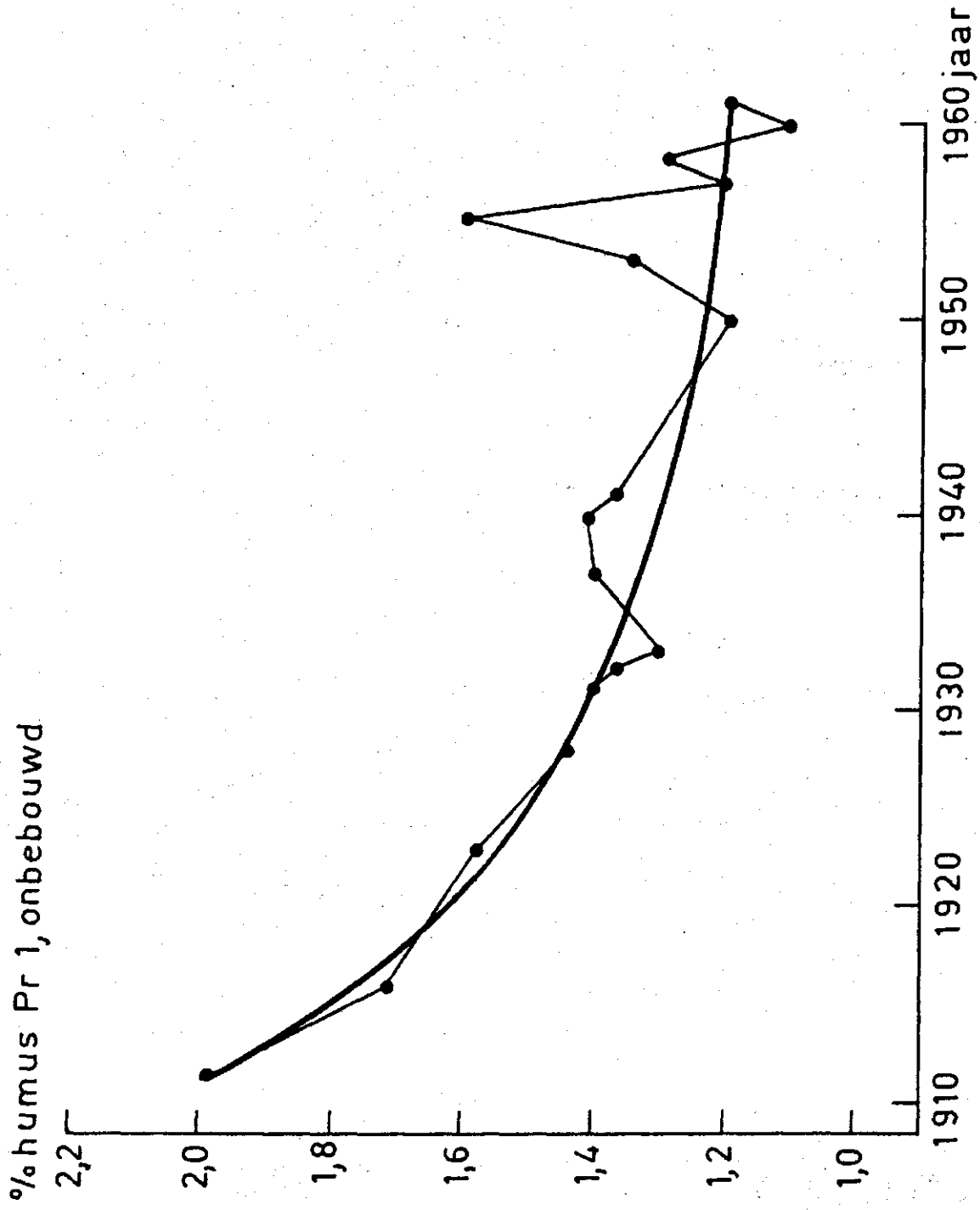


Fig. 6. Verloop van het humusgehalte in een onbebouwde grond.

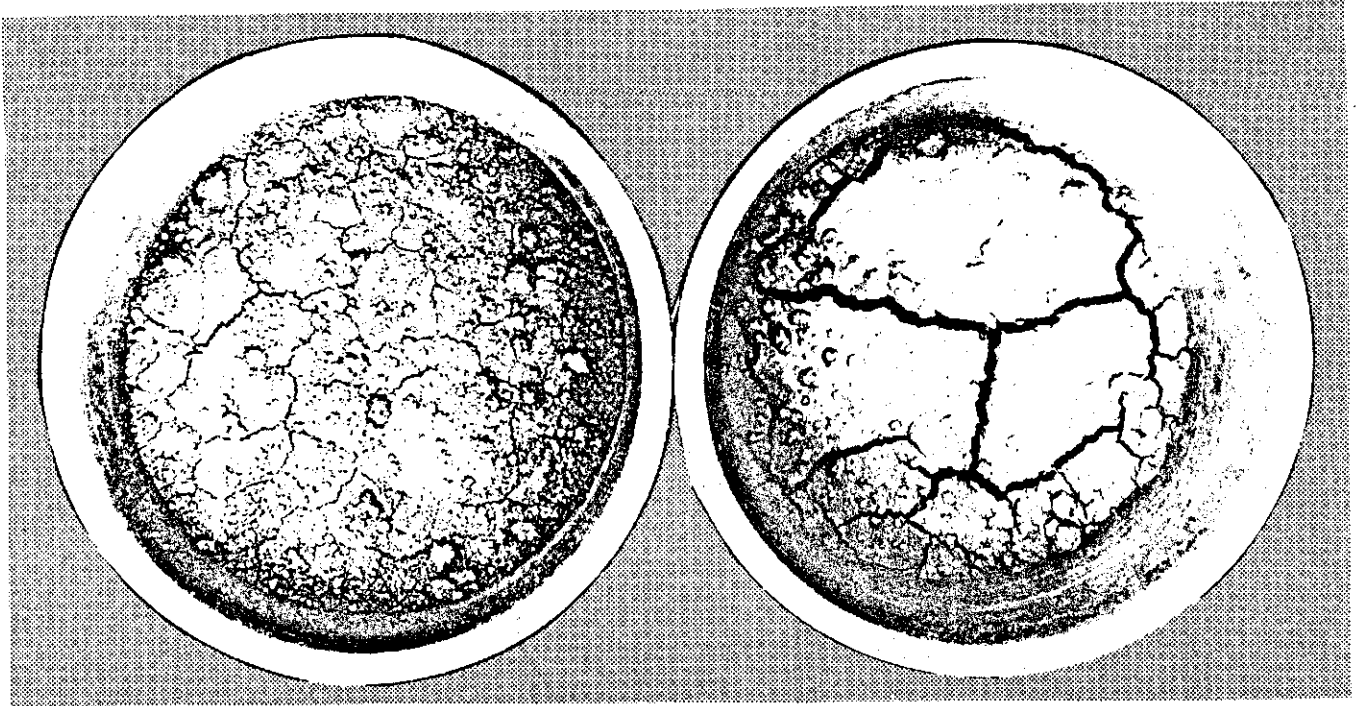


Fig. 7. Invloed van roggestro op de structuur van kleigrond.
Links met, rechts zonder stro.



Fig. 8. Invloed van roggestro (links) en haverstro (rechts) op de structuur van kleigrond.

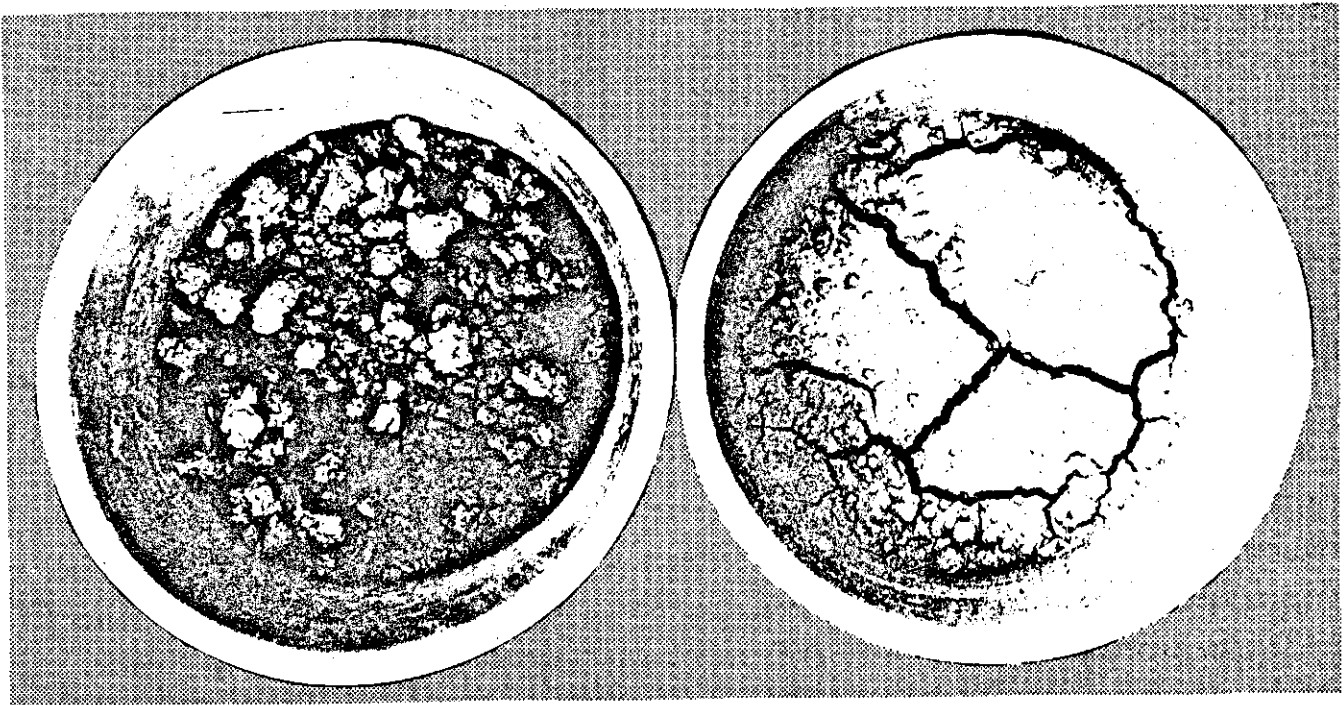


Fig. 9. Invloed van sojaschroot (links) op de structuur van kleigrond.