

# DE INVLOED VAN ORGANISCHE STOF OP BODEM- STRUCTUUR EN WINDEROSIE

P. K. PEERLKAMP,

Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O., Groningen.

*The influence of organic matter on soil structure and wind erosion.*

*Summary see p. 610.*

## 1. INLEIDING.

Onder bodemstructuur wordt dikwijls verstaan de wijze, waarop de gronddeeltjes de bodem opbouwen. Bij deze definitie is de aggregatie het meest kenmerkende voor de structuur van de bovenste bodemlaag (bouwvoor of zode). Deze laag bestaat nl. uit een bouwsel van grotere en kleinere aggregaten, die elk, al dan niet met tussentrappen van telkens kleinere aggregaten, uit de elementaire bodemdeeltjes zijn samengesteld.

### *a. Het ontstaan van de aggregatie.*

In de bodem werken bindende en ontbindende krachten. De krachten, die de bodemdeeltjes onderling trachten te binden worden hoofdzakelijk uitgeoefend door organische kitmiddelen, kleimineralen, bodemvocht, plantenwortels, wortelharen en myceliumdraden. De krachten, die deze bindingen trachten te verstoren worden voornamelijk veroorzaakt door het klimaat (regenslag, afwisseling van nat en droog, van vorst en dooi, wind) de mens (ploegen, eggen, schoffelen, aardappelen- en bietenrooien, lopen, rijden e.d.), de bodemfauna (vormen, mollen enz.) en door de plant met haar groeiende wortels. De resultante van dit complex van bindende en ontbindende krachten bepaalt de bodemstructuur. Is deze resulterende kracht sterk bindend, zoals bv. bij een zware kleigrond, die arm is aan organische stof en kalk, dan ontstaat een structuur met overwegend grote aggregaten met diameters van vele centimeters. Hebben daarentegen de ontbindende krachten meer de overhand (zandgronden, die arm zijn aan organische stof), dan bestaat de bodem hoofdzakelijk uit zeer kleine aggregaten (bv.  $< 0.5$  mm) en losse deeltjes. Tussen deze uitersten in ligt een toestand, waarbij de bindende en ontbindende krachten elkaar in meer of mindere mate in evenwicht houden en de structuur voor de groei van onze cultuurgewassen ongeveer optimaal blijkt te zijn.

Kwantitatief is over de aard van de optimale structuur weinig bekend. Op de zeekeigronden in de omgeving van Klundert vonden wij bij een gehalte aan afslibbaar van 35%, een gehalte aan organische stof van 4% en een grondwaterstand van 135 cm ÷ m.v. de structuur van de bouwvoor in 1947 optimaal voor de opbrengst van aardappelen, indien 55% van de bodem bestond uit bestendige <sup>1)</sup> aggregaten met afmetingen tussen 1.1 en 4.8 mm. Er zijn aanwijzingen, dat ook in andere gevallen als dat van bovengenoemd voorbeeld, bij de meest gunstige structuur ongeveer 50% van de bodem uit bestendige aggregaten in de fractie 1.1—4.8 mm moet bestaan.

---

<sup>1)</sup> „Bestendige” aggregaten zijn bestand tegen het spoelen in water, toegepast bij de methode van de natte aggregaatanalyse (11).

### *b. Mogelijkheden tot verbetering van de bodemstructuur.*

Voor verbetering van de bodemstructuur dienen de bindende en ontbindende krachten te worden beïnvloed. Lichte gronden hebben in het algemeen te weinig binding, zodat voor structuurverbetering de bindende krachten versterkt moeten worden. Dit kan bv. door de hoeveelheid organische kitmiddelen in de bodem te vergroten. Daarnaast zal men moeten streven naar een verzwakking der ontbindende krachten (bodembedekking, weinig grondbewerking).

Bij zware gronden is, door de sterk bindende eigenschappen der kleimineralen, in het algemeen de binding te sterk, zodat men moet trachten de binding te verzwakken of de ontbinding te vergroten. Het verminderen van de binding in kleigronden is, zoals in het volgende zal worden besproken, dikwijls mogelijk door middel van organische stof. Het vergroten van de ontbindende krachten vindt bij zware gronden doorgaans plaats in de vorm van een intensieve grondbewerking.

Het voorgaande is meer een bruikbare werkhypothese dan een volledige verklaring. Het verschijnsel van het ontstaan en de beïnvloeding van de bodemstructuur is veel gecompliceerder dan hier werd voorgesteld. Het merendeel der genoemde krachten is niet constant in de loop van het jaar, sommige werken slechts op bepaalde ogenblikken. De structuur van de bouwvoor of zodelaag, waartoe wij ons hier beperken, wijzigt zich dan ook steeds met verloop van tijd. Hiermee dient bij het vergelijken van structuren rekening te worden gehouden. Alle factoren, die de plant beïnvloeden (voedingstoestand van de bodem, plantenziekten, klimaat), kunnen (op een nog nader uiteen te zetten wijze) invloed op de structuur uitoefenen. Er bestaan sterke wisselwerkingen tussen tal van factoren, die direct of indirect voor de structuur van betekenis zijn. In de volgende paragrafen, waarin wij ons beperken tot de factoren, die betrekking hebben op de organische stof in de bodem, zal dit nader worden behandeld.

Om bij het structuuronderzoek een maat te gebruiken, die minder wisselt dan de structuur in de betekenis van „wijze van opbouw van de bodem uit vaste deeltjes”, bepalen wij zowel bij de natte aggregaatanalyse (laboratoriummethode) als bij de visuele structuurbeoordeling (veldmethode) o.a. de verdeling der afmetingen van de „bestendige aggregaten”, d.w.z. de aggregatie van de bodem, nadat daarop een (voor beide methoden verschillende) standaard ontbindende kracht is uitgeoefend. Het blijkt daarbij noodzakelijk dichte, „zeer bestendige” aggregaten (zie bv. blz. 600) uit te sluiten. De verdeling der afmetingen van de bestendige aggregaten, die niet zeer bestendig zijn, zal in het volgende kortheidshalve „structuur” worden genoemd.

### 2. HOE BEINVLOEDT ORGANISCHE STOF IN DE BODEM DE STRUCTUUR ?

Een oppervlakkige beschouwing van verschillende gronden leert ons reeds, dat wij ter beantwoording van deze vraag niet alle organische stof in de bodem over één kam kunnen scheren. De organische stof in vele veenkoloniale dalgronden is grotendeels in de vorm van losse macroscopische deeltjes aanwezig, die weinig bijdragen tot de vorming van aggregaten en onder gunstige omstandigheden gemakkelijk wegstuiven. Een geheel andere indruk geeft het zeer fijn verdeelde organisch materiaal in een humeuze en goed geaggregeerde tuingrond. Verder blijkt in de practijk dikwijls, dat een geregelde organische bemesting op bouwland de structuur kan verbeteren, maar dat het gehalte aan organische stof daarbij vrijwel niet wordt verhoogd (zie bv. fig. 3, grafieken 3.

en 4). Blijkbaar moet ten aanzien van het structuurprobleem dus in het bijzonder aandacht worden besteed aan de aard van de organische stof (zie ook fig. 5).

Tijdens en na de laatste wereldoorlog heeft men vooral in Amerika (1, 7, 8, 10), Rusland (4) en Engeland (5) het structuurbeloop bestudeerd, nadat nog niet ontleed organisch materiaal in de bodem was gebracht. Men ziet dan eerst een snelle verbetering van de structuur optreden, die nadat deze een optimum heeft bereikt, overgaat in een langzame verslechtering (zie fig. 4 in (12)). Uit het onderzoek bleek, dat het organische materiaal door micro-organismen (vooral bacteriën van de soort *Bacillus subtilis* en de schimmel *Cladosporium*) wordt ontleed, waarbij organische kitstoffen (polysacchariden) ontstaan, terwijl ook de myceliumdraden van de schimmels en de bacteriën zelf nog een zekere binding veroorzaken. Bij *Cladosporium* is volgens MARTIN (9) de verhouding kit-binding : mycelium-binding gelijk 1 : 1 ; bij *Bacillus subtilis* is daarentegen de verhouding kit-binding : binding door bacteriële lichamen gelijk 4 : 1.

Al deze organische bindingen zijn echter niet bestendig en worden op hun beurt ontleed door micro-organismen en wel speciaal door actinomyeeten. Hierdoor krijgt na een zekere tijd, waarin door ontleding van het verse organische materiaal een grote hoeveelheid organische kitmiddelen ontstaat en de structuur daardoor verbetert, de ontleding van deze kitmiddelen de overhand op de vorming, hetgeen zich uit in een structuurverslechtering.

Met deze invloed van bacteriën en schimmels op de bodemstructuur dient men bij het structuuronderzoek in het laboratorium terdege rekening te houden, daar zonder bijzondere voorzorgen de aggregatie verandert in de tijd, die verloopt tussen monstername en analyse. De fig. 1 en 2 lichten dit toe voor de zavelgrond (gehalte aan organische stof 1,3%, aan afslibbaar 20,4%) van een vakkenproef op het terrein van het Landbouwproefstation.

In deze en volgende sommatiegrafieken geeft voor een punt van de grafiek, dat loodrecht boven een diameter  $d$  op de horizontale as ligt, de afstand van het punt tot die as de hoeveelheid bestendige aggregaten (zie noot op blz. 594) aan, waarvan de diameter kleiner is dan  $d$ . Deze hoeveelheid is uitgedrukt in gewichtsprocenten van het monster, dat verkregen werd door uit het veldmonster aggregaten groter dan 8 mm te verwijderen. In de fractie kleiner dan 0,3 mm zijn tevens losse (niet geaggregeerde) deeltjes kleiner dan 0,3 mm begrepen.

Uit fig. 1 blijkt, dat de fractie  $< 0,3$  mm na 1 of 2 weken bewaren van het monster bij 12 à 15° C is afgenomen van 69,8% tot 62,7, resp. 48,3%, wat bij deze slempige zavelgrond als een successieve structuurverbetering is te beschouwen. Na 3 weken is de fractie  $< 0,3$  mm weer iets toegenomen (tot 51,4%). Dit kan een aanwijzing zijn, dat het structuuroptimum hier reeds gepasseerd is.

Maken we de milieu-omstandigheden voor de micro-organismen gunstiger door de monsters uitgespreid op glazen platen bij constant vochtgehalte van 12 of 20 gew. % en een temperatuur van 20° C enkele dagen in een thermostaat te bewaren, dan zien we (fig. 2) een snelle en grote structuurverbetering. Bij minder gunstige levensomstandigheden der microben krijgen we dus in een grondmonster een langzame en hoogstens matig grote structuurverandering, bij gunstiger omstandigheden een snelle en grote verandering. Van luchtdroog bewaarde monsters verandert de structuur dan ook vrijwel niet.

Soortgelijke verschijnselen, die nauw met bovengenoemde samenhangen, zijn gevonden door verschillende buitenlandse onderzoekers (5, 7, 8, 9, 10). Het bleek, dat gemakkelijk ontleedbaar organisch materiaal, in de bodem gebracht een snelle en grote structuurverbetering veroorzaakte, die echter slechts van korte duur was. Moeilijker aantastbaar organisch materiaal in de bodem gaf aanleiding tot een langzame structuurverbetering, gevolgd door een verslechter-

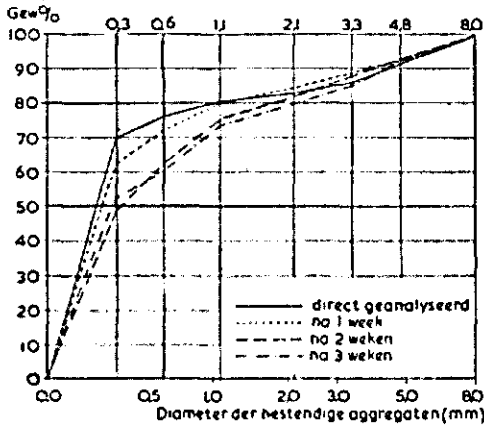


FIG. 1.

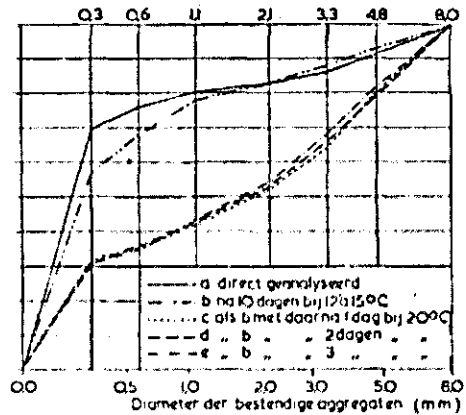


FIG. 2.

FIG. 1. STRUCTUURVERANDERINGEN IN EEN ZAVELGROND, DIE GEDURENDE VERSCHILLENDE TIJDEN IN VOCHTIGE TOESTAND BEWAARD WEIRD IN GESLOTEN POTTEN BIJ EEN TEMPERATUUR VAN ONG. 12 à 15° C. SOMMATEGRAFIEKEN.

Fig. 1. Change of soil structure in a moist sample of a sandy clay (clay content 20,4% <math>< 16 \mu</math>; humus 1,3%) which was kept in a closed glass jar at some 12 or 15° C. Cumulative diagrams with the percentages (on dry weight) of water stable aggregates with different sizes. Analysed (by wet sieving) immediately after sampling (.....) and after 1 (----), 2 (---) or 3 (.....) weeks in the jar.

FIG. 2. STRUCTUURVERANDERINGEN IN DEZELFDE GROND ALS DIE VAN FIG. 1, VERKRIEGEN DOOR DE MONSTERS 10 DAGEN IN GESLOTEN POTTEN BIJ 12 à 15° C EN DAARNA NOG 1, 2 OF 3 DAGEN UITGESPREID OP GLAZEN PLATEN IN EEN THERMOSTAAT BIJ 20° C EN CONSTANT VOCHTGEHALTE TE BEWAAREN. SOMMATEGRAFIEKEN.

Fig. 2. Size distribution of water stable aggregates in a sample of the same soil (see fig. 1), analysed immediately after sampling (a), after keeping the sample during 10 days in a closed jar at some 12 or 15° C (b) and when spread after these 10 days on a glass plate at 20° C and with a constant moisture content during one (c), two (d) or three days (e). Cumulative diagrams.

ring, waarbij de maximale verbetering veel geringer is dan in het geval van de gemakkelijk ontleedbare organische stof, maar waarbij gedurende veel langere tijd na toediening van het organische materiaal een structuurverbetering merkbaar is. Hieruit volgt, dat een groenbemesting en een bemesting met stalmest of compost de structuur op verschillende wijze zullen beïnvloeden.

MARTIN en CRAGGS (10) vonden dan ook, dat bij toediening van 40 ton/ha lucerne aan een onbegroeide leemgrond na 1½ maand (bij gem. 10° C) een optimale structuur werd bereikt. De structuurverbetering in dit optimum was bijna drie keer zo groot als de verbetering in het structuuroptimum, dat bij een bemesting met koemest naar 40 ton/ha pas na 3½ maand werd bereikt.

Uiteraard heeft ook de hoeveelheid organische stof, die in de bodem gebracht wordt, invloed op het structuurverloop daarna.

Zo vond Mc CALLA (7) bij laboratoriumproeven met een leemgrond, dat toevoeging hieraan van tarwestro naar 5, 10 en 20 ton/ha telkens ongeveer even vlug een optimale structuur gaf, maar dat de structuurverbeteringen in dit optimum zich ongeveer verhiielden als 1 : 2 : 3, terwijl de verhouding van de tijden, gedurende welke een betere structuur optrad,

ong. 1 : 2 : 4 bleek te zijn. Een gift van 40 ton/ha gaf een maximale structuurverbetering van ong. 1½ maal die bij 20 ton/ha ; de tijd, waarin de structuur echter weer op zijn oorspronkelijk niveau terugkwam, was gelijk aan die bij 20 ton/ha.

Wij beschikken nog over onvoldoende kwantitatieve gegevens van begroeide gronden onder Nederlandse omstandigheden om verschillende organische stoffen ten aanzien van hun structuurverbeterende eigenschappen te kunnen karakteriseren. Met dit onderzoek is echter een begin gemaakt.

Zoals we in het voorgaande zagen, veroorzaken bepaalde tussenproducten bij de ontleding van organische stoffen in de bodem een structuurverbetering. Hierbij werd geen onderscheid gemaakt tussen lichte en zware gronden, die toch tegenstrijdige eisen stellen ten aanzien van een voor structuurverbetering noodzakelijke verandering van bindende en ontbindende krachten. Men kan zich voorstellen, dat de binding van de deeltjes in een lichte grond bepaald wordt door de cohesie van de organische kitstof. Een vermeerdering van de hoeveelheid kitstof zal bij een lichte grond uiteraard een versterking van de binding en dus een verbetering van de structuur geven. Volgens electronenmicroscopisch onderzoek (6) van aggregaatjes van kleigronden zijn bij aanwezigheid van voldoende organische stof van de juiste hoedanigheid deze aggregaatjes als het ware geïmpregneerd met een organische kitstof. Dit wijst er op, dat dan de binding tussen de kleideeltjes, die bij afwezigheid van organische stof en vooral wanneer de (platte) deeltjes (bv. door kneden) gelijk gericht op elkaar liggen zeer sterk kan zijn, vervangen is door de zwakkere cohesie van het organisch kitmateriaal, dat de deeltjes scheidt. Op deze wijze kunnen bij zware gronden organische kitstoffen een verzwakking van de binding en daarmee een structuurverbetering geven.

Fig. 3 laat de gunstige werking van organische stof zien bij een lichte en een zware grond.

Op de zandgrond, die een slechte structuur heeft (graf. 3 in fig. 3), geeft een geregelde intensieve groenbemesting (onderspitten van elk gewas) een vermindering van de fractie < 0,3 mm van ong. 80 tot ong. 61% (graf. 4 in fig. 3), dus een structuurverbetering. Opmerkelijk is, dat hierbij het gehalte aan organische stof van de bodem in de loop van ong. 7 jaar maar weinig (0,2%) veranderd is. Het kleibouwland te Woltersum (graf. 1 in fig. 3), dat ontstaan was uit in 1940 gescheurd 16 jaar oud grasland, had in 1946 al een tamelijk slechte structuur (veel grote bestendige aggregaten). Op een perceel bouwland op hetzelfde bedrijf, ontstaan uit in 1912 gescheurd 60 jaar oud grasland, was in 1946 het gehalte organische stof 3,4% hoger en de structuur veel beter (graf. 2 in fig. 3) dan op eerstgenoemd perceel.

Ook de meer bestendige ontledingsproducten (humus) hebben invloed op de structuur. Of de werking van deze producten direct, dan wel geheel of gedeeltelijk indirect (via het gewas, zie blz. 603 e.v.) is en welk aandeel ze hebben in de totale invloed van het organisch materiaal is niet precies bekend. Enig idee over de grootte van de directe en/of indirecte invloed van het meer bestendige organische materiaal krijgt men door het verband te bestuderen tussen het humusgehalte, zoals dit bv. door het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek wordt bepaald en de structuur. Dit zal in de volgende paragraaf worden besproken.

Bij bepaalde combinaties van klei en organische stof schijnen buitengewoon bestendige aggregaten te ontstaan. Op rivierkleigraslanden en slibrijke veengronden treft men dikwijls een aggregatie aan, waarbij de verdeling van de afmetingen der aggregaten weliswaar gunstig is, maar de

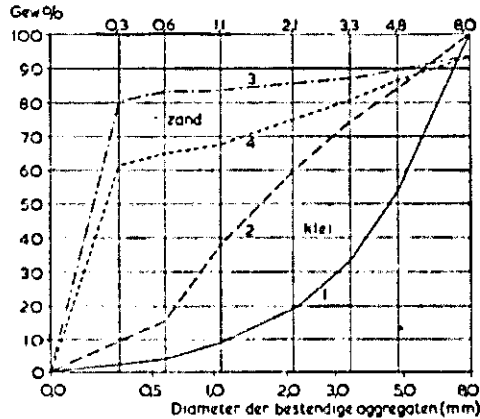


FIG. 3. STRUCTUURVERBETERENDE WERKING VAN ORGANISCHE STOF BIJ EEN ZWAAR EN EEN LICHTER GROND (BOUWVOOR).

1. Kleigrond (W. STRATING, Woltersum; afslibbaar 73,4%, organische stof 6,0%) met tamelijk slechte structuur; in 1940 gescheurd 16 jaar oud grasland; monsternamen Sept. 1946.
2. Kleigrond van hetzelfde bedrijf (afslibbaar 68,3%, organische stof 9,4%) met veel betere structuur; in 1942 gescheurd 60 jaar oud grasland; monsternamen Sept. 1946.
3. Zandgrond (VPr 22, L.P.S.) met slechte structuur; geen organische bemesting; onbegroeid; organische stof 6,2%; Oct. 1949.
4. Dezelfde zandgrond met betere structuur; geregelde groenbemesting; begroeid; organische stof 6,4%; Oct. 1949.

Fig. 3. Favourable influence of organic matter on soil structure in the top layer of a heavy and of a light soil.

1. Clay soil (clay content 73,4% < 16  $\mu$ ; humus content 6,0%) with a rather bad structure; the field has been ploughed up in 1940 as a 16 years old grassland and was sampled in Sept. 1946.
2. Clay soil on the same farm (clay content 68,3% < 16  $\mu$ ; humus content 9,4%) with a much better structure; the field has been ploughed up in 1942 as a 60 years old grassland and was sampled in Sept. 1946.
3. Sandy soil with a poor structure, without organic manure and crop, humus content 6,2%, sampled Oct. 1949.
4. The same sandy soil with a better structure, receives periodically green manure and is overgrown with crops, humus content 6,4%, sampled Oct. 1949.

aggregaten voor een deel zo stabiel en dicht zijn, dat de betekenis ervan voor het gewas niet veel groter zal zijn, dan die van steentjes van dezelfde afmetingen.

Een bijzonder voorbeeld van een dergelijke structuur geven de figuren 4a en 4b, die betrekking hebben op een onderzoek, in October 1948 uitgevoerd bij het sinds dien opgeheven ong. 50 jaar oude graslandproefveld WF 3 op Ameland. Op dit proefveld varieert het gehalte aan organische stof in de laag 0–20 cm met de diepte van ong. 33 tot 13%, terwijl het gehalte aan afslibbaar wisselt tussen 10 en 20%. Tussen beide gehalten bestond geen verband, waardoor de invloed van beide factoren afzonderlijk op de structuur kon worden bestudeerd. Een invloed van het gehalte aan organische stof kon niet worden aangetoond, wel een invloed van het gehalte aan afslibbaar. In fig. 4a is bij verschillende gehalten afslibbaar aangegeven, de hoeveelheid aggregaten in de fractie 1.0–4.6 mm, die bestand zijn tegen het normale spoelen met water bij de natte-aggregaatanalyse (bestendige aggregaten; (11)), alsmede de hoeveel-

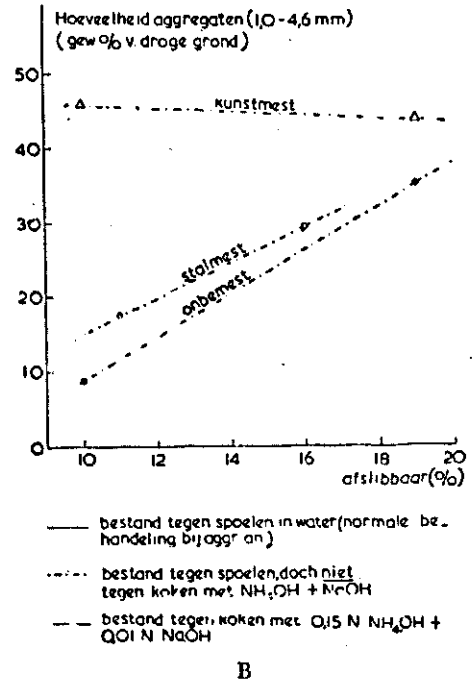
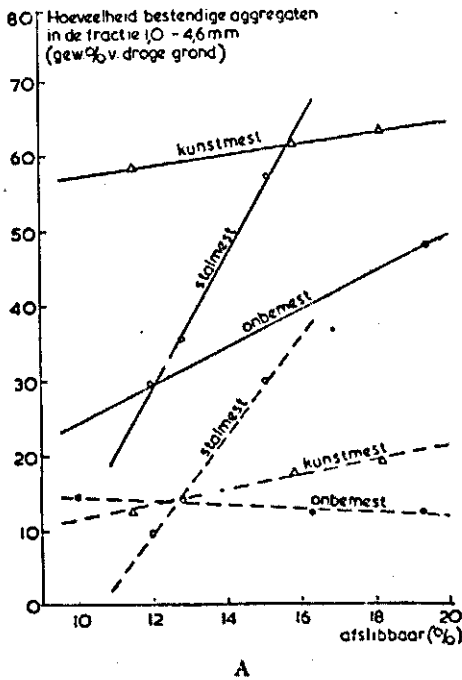


FIG. 4A. INVLOED VAN EEN ONG. 50 JAAR LONG VOORTGEZETTE BEMESTING MET STALMEST, IN VERGELIJKING MET KUNSTMEST EN ONBEMEST, OP DE HOEVEELHEDEN BESTENDIGE EN ZEER BESTENDIGE AGGREGATEN BIJ VERSCHILLENDE GEHALTEN AAN AFSLIBBAAR OP HET GRASLANDPROEFVELD WF 3 (NES, AMELAND).

Fig. 4A. Percentage (on dry weight) of stable aggregates with sizes between 1,0 and 4,6 mm in the top layer of old grassland on a sandy clay soil with a humus content of 13-33%, plotted against the clay (fraction < 16  $\mu$ ) content. Plot "kunstmest" received only fertilizers during a 50 years period, plot "stalmest" only stable dung, plot "onbemest" received nothing.  
 — "stable" aggregates resistant to the normal wet sieving.  
 - - - "very stable" aggregates resistant to boiling with 0,15 N NH<sub>4</sub>OH + 0,01 N NaOH.

FIG. 4B. INVLOED VAN EEN 50 JAAR VOORTGEZETTE BEMESTING MET STALMEST, RESP. KUNSTMEST EN ONBEMEST, OP DE STRUCTUUR VAN HET GRASLANDPROEFVELD WF 3 (NES, AMELAND).

Fig. 4B. Soil structure on the same 50 years old experimental field (see fig. 4A) as measured by the difference between the percentages "stable" and "very stable" aggregates, plotted against the clay content.

heid bestendige aggregaten in genoemde fractie, die zelfs bestand zijn tegen koken met een peptisator (zeer bestendige aggregaten). Uit fig. 4a volgt nu, dat bij gehalten aan afslibbaar boven 13% op dit proefveld het ontstaan van zeer bestendige, voor de plantengroei weinig betekenis hebbende aggregaten sterk wordt bevorderd door een bemesting met stalmest, veel meer dan door een bemesting met kunstmest.

De hoeveelheid bestendige aggregaten in de fractie 1,0-4,6 mm, die niet zeer bestendig zijn, kunnen we als maat voor de structuur beschouwen. In fig. 4b is deze hoeveelheid aangegeven als functie van het gehalte aan afslibbaar. Hieruit blijkt, dat stalmest de structuur op dit graslandproefveld maar weinig verbeterd heeft, in tegenstelling met kunstmest.

### 3. DE INVLOED VAN HET GEHALTE AAN ORGANISCHE STOF IN DE BODEM OP DE STRUCTUUR.

Onder „gehalte aan organische stof” zullen wij hier verstaan de hoeveelheid organisch materiaal in de grond, zoals deze door het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek wordt bepaald. Hieronder zijn dus niet begrepen wortels en andere grovere organische lichamen, die door zeven door een 2 mm-zeef uit het monster worden verwijderd.

Om na te gaan in hoeverre er verband bestaat tussen de structuur en het gehalte aan organische stof zijn uit het ter beschikking staande materiaal, voor zover dit betrekking had op bouwland en zowel de structuur als de gehalten aan organische stof en afslibbaar waren bepaald, een aantal grotere series uit bepaalde gebieden bijeengezoekt. De monsters zijn daarna in klassen van gehalten 0-10, 10-20, 20-30 % enz. aan afslibbaar ingedeeld en vervolgens zijn in eerste instantie voor elke klasse de structuur en het gehalte aan organische stof in een stippendiagram tegen elkaar uitgezet. Fig. 5 is een dergelijk diagram voor de klasse 0-10 % afslibbaar, waarin 37 percelen zandgrond uit Z. Groningen en 134 percelen dalgrond uit de Groninger en Drentse veenkolonien zijn verwerkt.

In fig. 6 zijn de klassen afslibbaar boven 40 % samen genomen (309 gevallen), daar de invloed van het gehalte aan afslibbaar op de structuur bij kleigronden niet zo groot is als bij lichtere gronden (zie fig. 11 in (II)).

Voor de zand- en dalgronden (fig. 5) is de fractie bestendige aggregaatjes en losse deeltjes < 0,3 mm als maat voor de structuur gebruikt. Hoe groter deze fractie, hoe slechter dus de structuur. Hetzelfde geldt voor de fractie bestendige aggregaten 4,6-8,0 mm, die bij de kleigronden (fig. 6) als structuurmaat is gekozen.

In beide figuren valt de grote variatie in structuur bij éénzelfde gehalte aan organische stof op. Deze grote spreiding wordt niet veroorzaakt door bemonsterings- en bepalingfouten bij het structuuronderzoek, welke als middelbare fout tezamen 3 à 4 gew. % bedragen. Ook kan bij nadere beschouwing van het materiaal de grote spreiding niet worden toegeschreven aan verschillen in gehalte aan afslibbaar. Hoewel het gehele materiaal van fig. 6 nog niet onderzocht is op een invloed van het gehalte aan koolzure kalk, liet de bewerking van een deel ervan reeds zien, dat maar een klein deel van de spreiding door verschillen in kalkgehalte wordt veroorzaakt. De grote verscheidenheid in structuur op percelen met dezelfde gehalten aan organische stof en afslibbaar zal dan ook voor een belangrijk deel toegeschreven moeten worden aan verschillen in vruchtwisseling, bemesting, groundbewerking, grondwaterstand e.d. Hierdoor zal in het bijzonder de aard van het organisch materiaal en vooral het minder bestendige deel worden beïnvloed, terwijl daarnaast van groundbewerking en gewassenkeuze ook een directe invloed op de ontbindende krachten uitgaat.

De stippenverdelingen in de fig. 5 en 6 wijzen er dus op, dat het voor het verkrijgen van een structuurverbetering niet strikt noodzakelijk is te trachten het gehalte aan organische stof te verhogen. Zou het echter gelukken dit gehalte aanzienlijk te vergroten, dan wordt blijkbaar ook de slechtste structuur, die bij een gegeven gehalte aan organische stof en aan afslibbaar mogelijk is, beter. Het verloop van deze structuur is door de streeplijnen in de fig. 5 en 6 zeer globaal aangegeven. Het steilere beloop van deze lijn bij de beschouwde zandgronden, in vergelijking met de dalgronden (fig. 5), wijst erop, dat de organische stof in deze zandgronden een grotere invloed heeft op de bodem-



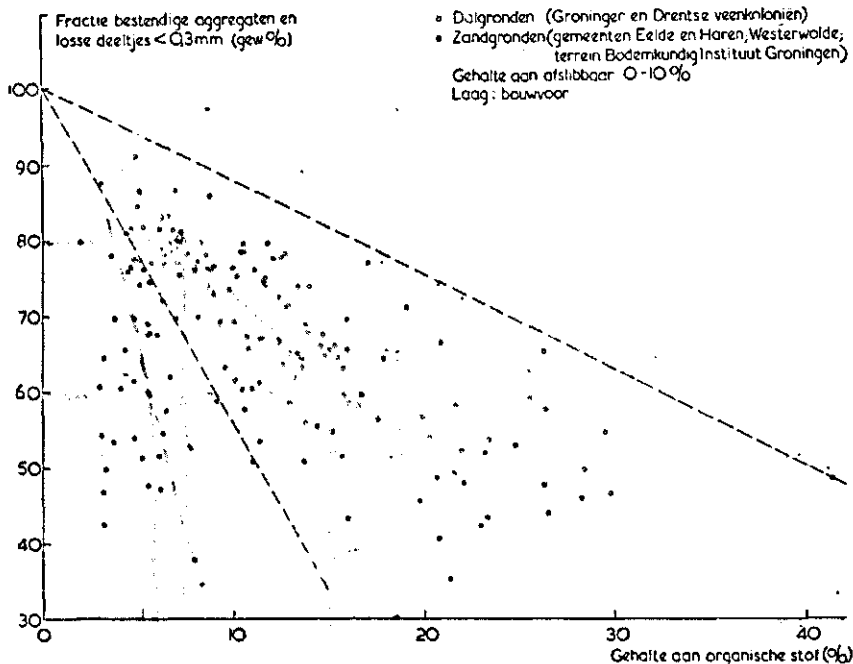


FIG. 5. INVLOED VAN HET GEHALTE AAN ORGANISCHE STOF (HUMUSGEHALTE) OP DE STRUCTUUR BIJ BOUWLAND OF ZAND- EN DALGRONDEN.

Fig. 5. Soil structure as measured by the wet sieving fraction < 0,3 mm (the smaller this fraction the better the structure) plotted against humus content for the top layer of 37 fields on sandy soils (dots) and 131 fields on reclaimed peat soils (circles). Arable land.

structuur dan het organisch materiaal in dalgronden, een verschil, waarop reeds eerder (blz. 595) werd gewezen. Opmerkelijk is verder, dat de bij een bepaald gehalte aan organische stof in dit materiaal voorkomende beste structuur op dalgrond vrijwel steeds slechter is dan de slechtste structuur op de beschouwde zandgronden bij hetzelfde gehalte aan organische stof.

Daar het zodanig verhogen van het gehalte aan organische stof in de grond (bv. met ong. 5%), dat alleen daardoor een flinke structuurverbetering ontstaat, nog het snelst mogelijk is langs de weg van oud grasland en dus, afgezien van andere bezwaren, vele jaren vergt, is het van belang na te gaan of de structuur niet op andere wijze even sterk, maar misschien minder duurzaam kan worden beïnvloed. In de volgende paragraaf zal hieraan aandacht worden besteed.

Naar aanleiding van de fig. 5 en 6 kan tenslotte nog het volgende worden opgemerkt. Zoals reeds op blz. 594 werd medegedeeld, is onze kwantitatieve kennis omtrent optimale structuren nog gering. Vermoedelijk zal echter bij een zeer goede structuur op een lichte grond de hoeveelheid bestendige aggregaatjes en losse deeltjes in de fractie < 0,3 mm globaal genomen 20 à 25 gew. % bedragen. Bij een dergelijke structuur op een zware grond zal de fractie 4,6-8,0 mm waarschijnlijk ongeveer 5 à 10 gew. % moeten zijn. Uitgaande van deze criteria blijkt uit de fig. 5 en 6, dat op de beschouwde lichte gronden de structuur over het algemeen nog verre van ideaal is, terwijl op de zware gronden een groot aantal van de beschouwde percelen een zeer goede structuur bezit.

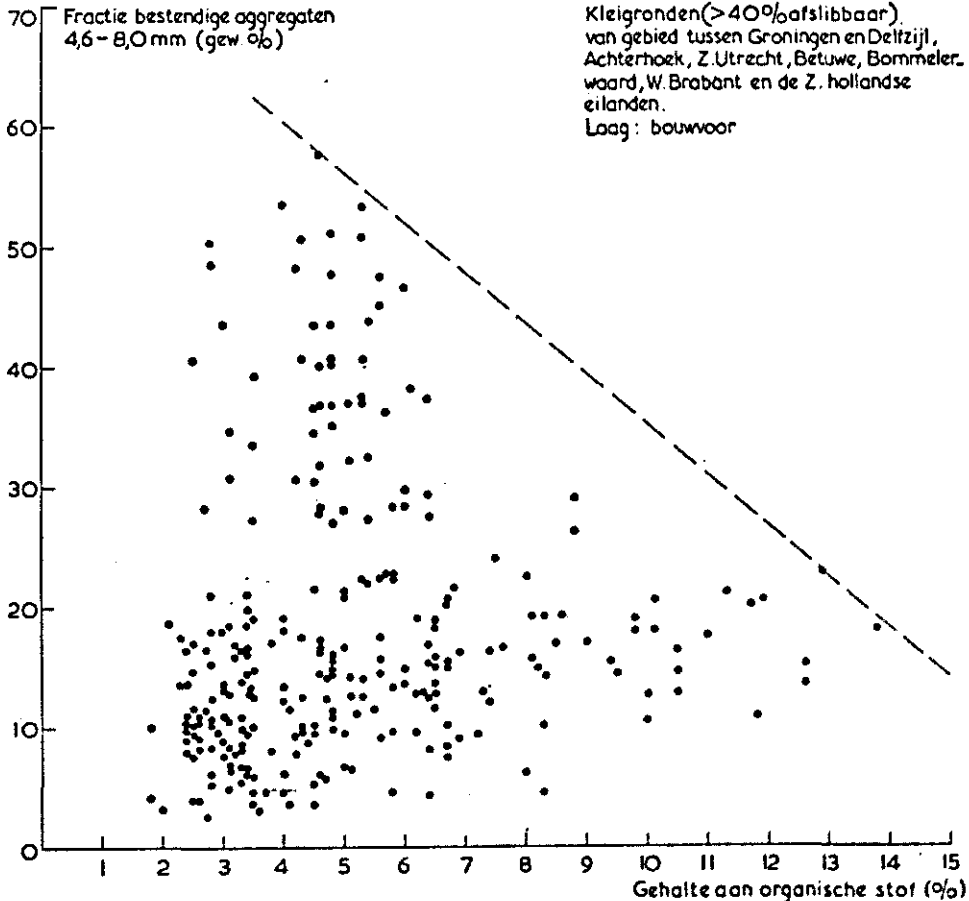


FIG. 6. INVLOED VAN HET GEHALTE AAN ORGANISCHE STOF (HUMUSGEHALTE) OP DE STRUCTUUR BIJ BOUWLAND OP KLEIGRONDEN.

Fig. 6. Soil structure as measured by the percentage of water stable aggregates with sizes between 4,6 and 8,0 mm (the smaller this fraction the better the structure) plotted against humus content for the top layer of 309 fields on clay soils (clay content > 40% fraction < 16  $\mu$ ). Arable land.

#### 4. DE INVLOED VAN VERSCHILLENDE BRONNEN VAN ORGANISCHE STOF OP DE STRUCTUUR.

Wij kunnen de volgende bronnen van organische stof, die voor de structuur van betekenis zijn, onderscheiden :

- a. plantenwortels en stoppels,
- b. organische meststoffen.

Elk van deze groepen heeft weer zeer vele aspecten. Daar het niet mogelijk is een enigszins volledig overzicht over het reeds door onderzoek gevondene te geven, moeten we ons tot een aantal voorbeelden beperken.

##### a. De invloed van plantenwortels en stoppels.

Op bouwland blijven na de oogst de wortels van het gewas geheel of gedeeltelijk in de bodem achter en vormen met eventueel ondergeploegde stoppels een jaarlijkse „natuurlijke” organische bemesting. Daar verschillende ge-

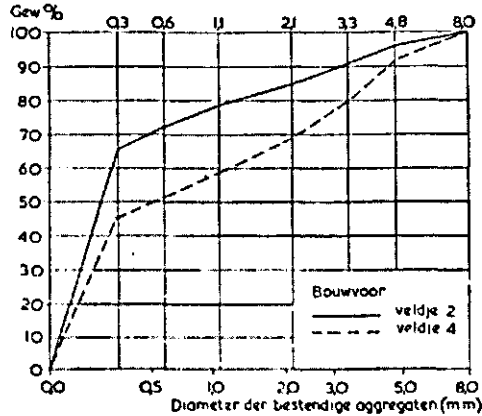


Fig. 7. INVLOED VAN DE VRUCHTWISSELING OP DE BODEMSTRUCTUUR (VOORMALIGE CENTRAAL KALIPROEFVELD, WEHE; JUNI 1947). GEWASSEN IN DE JAREN 1942/1947.

Veldje 2: zomertarwe, suikerbieten, kanariezaad, stekbieten, aardappelen en zomertarwe.

Veldje 4: witte klaver, stekbieten, zomertarwe, wierbonen, wintergerst, zomertarwe.

Fig. 7. Influence of two different crop rotations on soil structure in the top layer of a sandy clay soil. Crops during the period 1942/1947.

Plot (= veldje) 2: spring wheat, sugar beets, canary seed, seed-beets, potatoes, spring wheat.

Plot (= veldje) 4: white clover, seed-beets, spring wheat, beans, winter barley, spring wheat.

Cumulative diagrams of the percentages of water stable aggregates with different sizes.

wassen zeer verschillende wortelmassa's produceren<sup>1)</sup> zal de vruchtopvolging een invloed hebben op de bodemstructuur.

Fig. 7 geeft hiervan een voorbeeld.

Veldje 2, waarop in de jaren 1942/47 drie keer hakvruchten zijn verbouwd, heeft een aanmerkelijk slechtere structuur dan veldje 4, waarop in die periode slechts één maal (1943) een hakvrucht is geteeld.

Iets dergelijks werd gevonden bij het proefveld WF 411 in Pietersbierum, waarop o.a. verschillend intensief aardappelen worden verbouwd. De fractie bestendige aggregaten 0,6–4,8 mm, die we hier als maat voor de structuur kunnen beschouwen, bedroeg voor de veldjes met ieder jaar aardappelen, om het jaar aardappelen en nooit aardappelen resp. ong. 38, 46 en 54 gew. %. De structuur werd dus beter naarmate de aardappelteelt minder intensief werd.

Blijkbaar zijn hakvruchten door de veel geringere wortelmassa, die ze in de bodem achterlaten dan bv. granen, uit het oogpunt van bodemstructuur minder goede voorvruchten. Dit lijkt in strijd met de praktijkervaring, die aardappelen en bieten meestal als goede voorvruchten beschouwd. De gemakkelijker onkruidbestrijding en de grondbewerking bij het oogsten spelen hierbij een rol, waardoor men minder vuil land en een zeer tijdelijke, doch geen wezenlijke, structuurverbetering kan krijgen.

Daar in het algemeen een slechter gewas een geringere wortelmassa heeft, is het begrijpelijk, dat alle factoren, die de plantengroei beïnvloeden, via het gewas een invloed op de structuur uitoefenen. Zo kan bij een niet opti-

<sup>1)</sup> Zie bv. M. A. J. GOEDEWAAGEN en J. J. SCHURMAN. Wortelproductie op bouw- en grasland. *Landbouwk. Tijdschr.* 62. 6 (1950), 469–482.

male bemestingstoestand een bemesting met kunstmest de structuur verbeteren en evenzo kan een parasitaire plantenziekte (bv. aardappelmoehheid) de structuur verslechteren. Een bemesting met kolenas, die dus zeker geen organische stof bevat, bleek op een proefveld (V.A.M. 4, Juni '47) op zandgrond de fractie bestendige aggregaten en losse deeltjes < 0,3 mm met ong. 10 gew. % te verminderen en bijgevolg de structuur te verbeteren, indien een gewas (haver) werd verbouwd. Gebourde dit laatste niet, dan kon geen structuurverandering door de bemesting met kolenas worden geconstateerd.

Ook een voor het gewas gunstiger grondwaterstand kan de bodemstructuur verbeteren. Dit bleek op het waterstandsproefveld Pr 657 te Nieuw Beerta, waar op eenzelfde perceel zware Dollardklei naast elkaar grondwaterstanden van 40, 60, 90, 120 en 150 cm  $\div$  m.v. verwezenlijkt zijn. Nadat dit in 1942 ingerichte proefveld aan het einde van de oorlog enige tijd buiten werking was geweest en daarna de grondwaterstanden weer waren ingesteld, openbaarden zich in 1947 structuurverschillen tussen de objecten. In tabel 1 zijn als maat voor de structuur de waarden van de fractie 3,3–8,0 mm weer gegeven. Hoe groter deze fractie, hoe slechter de structuur op deze zware grond.

Tabel 1. Pr. 657, Nw. Beerta. Hoeveelheid bestendige aggregaten (gew. %) in de fractie 3,3–8,0 mm, voorkomende in de bouwvoor bij verschillende grondwaterstanden.  
 Table 1. Percentages of water stable aggregates with sizes between 3,3 and 8,0 mm in the top layer of a heavy clay soil at different ground water tables.

Monstername Sampling date	Grondwaterstand (cm $\div$ m.v.) Ground water level in cm below surface				
	40	60	90	120	150
Mei May 1947 .....	52,4	37,6	28,7	31,6	33,6
Gem. van Dec. '47 en '48 .....	27,8	19,8	23,6	23,2	25,8
Mean for Dec. '47 and '48					

We zien, dat in Mei '47 de structuur iets beter wordt bij van 150 tot 90 cm  $\div$  m.v. stijgende grondwaterstanden, om daarna bij een verdere stijging van het grondwater tot 40 cm  $\div$  m.v. weer aanmerkelijk te verslechteren. In December, zowel van 1947 als van '48, was de structuur op het gehele proefveld beter en waren de verschillen tussen de objecten kleiner dan in Mei '47. December en Mei gaven echter globaal hetzelfde structuurverloop bij stijgende grondwaterstand; alleen ligt de optimale structuur resp. bij grondwaterstanden van 60 en 80 cm  $\div$  m.v.

Dit structuurverloop kan nu op de volgende wijze verklaard worden. Bij een hogere grondwaterstand kan het gewas slechts een dunnere bodemlaag doorwortelen, daar de wortels doorgaans niet in het grondwater doordringen. Hierdoor ontstaat een slechter gewas (de opbrengsten op het proefveld dalen met stijgende grondwaterstand!) met in het algemeen een kleinere totale wortel-massa. Daar tegenover staat echter een met stijgende grondwaterstand doorgaans toenemende relatieve worteldichtheid in de bouwvoor. Deze twee tegen-gestelde invloeden zullen dus bij stijgende grondwaterstand een stijging, gevolgd door een daling, van de wortelmassa in de bouwvoor doen verwachten. Door GOEDEWAAGEN werd in verschillende gevallen bij variatie van de dikte der doorwortelde laag (hetzij als gevolg van verschillen in grondwaterstand, hetzij door verschillen in bv. dikte van een kleilaag op zand) inderdaad een dergelijke

optimumkurve voor de wortelmasa in de bouwvoor gevonden met het optimum bij een laagdikte (g.w.st. ÷ m.v.) van ong. 60 cm. Er komen echter ook gevallen voor, waarbij de wortelmasa in de bouwvoor bij een van 40 cm af toenemende dikte der doorwortelde laag steeds afneemt. Het enige op het ogenblik ter beschikking staande bewortelingsonderzoek op het waterstandsproefveld (in 1944 bij Julianatarwe) gaf een mengsel van beide gevallen te zien. In elk geval zal de structuurverbetering, die men bij tot 90 cm stijgende grondwaterstand op het proefveld vindt, aan een toename van de „natuurlijke” organische bemesting van de bouwvoor toegeschreven moeten worden. De structuurverslechtering bij boven 60 cm ÷ m.v. stijgende grondwaterstand kan wellicht gedeeltelijk door een afname der beworteling in de bouwvoor en gedeeltelijk door minder gunstige omstandigheden voor de ontleding van organische stof worden verklaard.

Ook de pII blijkt van invloed te zijn op de structuur. Het onderzoek dien-aangaande is lopende, maar nog niet zover gevorderd, dat hier een algemene indruk van de pII-in v l o e d kan worden gegeven. Behalve met een invloed via het gewas hebben we bij de pII uiteraard te maken met een invloed via de micro-organismen.

Tenslotte moet nog als cultuur, waarbij afgestorven wortels en andere plantendelen de belangrijkste bron voor organische stof in de bodem vormen, het grasland worden genoemd. Uit een oogpunt van de bodemstructuur neemt dit een bijzondere plaats in. Door het ontbreken van grondbewerking en door de constante bodembedekking, die een bescherming vormt tegen verschillende destructieve klimaatsinvloeden is het in de inleiding besproken krachten-evenwicht verschoven naar de kant der bindende krachten. Dit is voor zwaardere gronden nadelig en men treft dan ook (bv. in de Beemster) kleigraslanden aan met zodanig slechte („kubische”) structuren, dat gemakkelijk verdroging kan optreden, terwijl oud bouwland op dezelfde grond een redelijke structuur heeft en geen moeilijkheden oplevert. Bij graslanden op zware gronden zullen dus aan de voorziening van de bodem met organische stof hogere eisen moeten worden gesteld (ter verkleining der bindende krachten) dan bij bouwland op dezelfde grond. Hetzelfde geldt om andere redenen voor lichte gronden. De aggregaten moeten nl. bij grasland op deze gronden voldoende mechanische stevigheid bezitten om een verdichten van de bovenste bodemlaag door belopen en berijden van het oppervlak te voorkomen.

Blijkbaar zijn na de aanleg van grasland 8 à 10 jaar nodig om het voor de structuur vereiste organische stofniveau op te bouwen.

Bij een nog niet afgesloten onderzoek voor het C.I.L.O. naar de structuur van een 29-tal zandgraslanden van verschillende ouderdom in Noordbrabant werd nl. gevonden, dat gedurende de eerste 9 jaren na aanleg de fractie < 0,3 mm bij de natte aggregaatanalyse toenam van ong. 36 tot 53 gew. % (verslechtering der aggregatie) om daarna langzaam weer toe te nemen. De eerste resultaten van een eveneens voor het C.I.L.O. lopend structuuronderzoek bij CI 521 (in 1946 aangelegd grasland op zand en klei) wijzen in dezelfde richting. Zoals uit tabel 2 blijkt vertonen de in 1946 ingezaaide zandgraslanden van Nov. '46 tot Mei '47 een kleine structuurverbetering, terwijl in het jaar daarna de structuur aanmerkelijk minder wordt. Bij de kleigraslanden verbetert de structuur in de laag 3–10 cm van Nov. '46 tot Mei '47, maar blijft het volgende jaar gelijk. De structuur van de laag 10–20 cm blijft aanvankelijk ongeveer gelijk, maar wordt in de periode Mei '47–Mei '48 iets beter.

Op het ontginningsbedrijf van J. LUGTENAAU te Witteveen (Dr.) vonden we voor de fractie bestendige aggregaten 0,6–1,8 mm in de laag 0–20 cm op bouwland, op een éénjarige en op een tweejarige kunstweide resp. 4, 7 en 13 gew. %. Dezelfde fractie bleek bij een klein zavelproefvak, dat niet belopen werd (VPr 97, Mei '46) en waarvan de ene helft drie jaar tevoren in gras was gelegd, op de bouw- en graslandhelft (laag 5–15 cm) resp. 14 en 36 gew. % te zijn.

Tabel 2. Fractie bestendige aggregaten 0,6–4,8 mm in de lagen 3–10 en 10–20 cm bij in 1946 op zand en klei aangelegde graslanden (CI 521, gem. van 6, resp. 4 percelen).

Table 2. Water stable aggregates of the size fraction 0,6–4,8 mm in the layers 3–10 and 10–20 cm below surface on grassland sown in 1946 on sandy soils and on clay soils (means of 6 and 4 fields respectively).

Monstername Sampling date	Zand Sandy soil		Klei Clay soil	
	3–10 cm	10–20 cm	3–10 cm	10–20 cm
Nov. '46 .....	27	26	39	42
Mei May '47 .....	32	29	52	41
Mei May '48 .....	18	17	52	46

De ter beschikking staande resultaten wijzen er dus op, dat na de aanleg van grasland eerst een structuurverbetering optreedt, die al naar de omstandigheden 1 à 3 jaar duurt. Daarna verslechtert de structuur gedurende de sukkelperiode om omstreeks 9 jaar na aanleg van het grasland weer langzaam te verbeteren.

#### b. De invloed van organische meststoffen.

Op de betekenis van de ontledingstoestand van het organisch materiaal in een meststof werd reeds gewezen (blz. 596). Een moeilijkheid bij het gebruik van organische meststoffen op bouwland op zware gronden is het goed vermengen van de meststof met de bouwvoor. Bij grasland moet de vertering van de organische stof in de meststof grotendeels aan het bodemoppervlak gebeuren, waardoor voornamelijk het allerbovenste laagje van de bemesting voordeel heeft.

In het huidige stadium van het onderzoek is het nog niet mogelijk een enigszins volledig overzicht te geven over de invloed van verschillende organische meststoffen op de structuur, zodat met enkele algemene opmerkingen en een paar voorbeelden volstaan moet worden.

Groenbemesting geeft op lichte gronden doorgaans een structuurverbetering. Fig. 3 (grafieken 3 en 4) geeft hiervan een extreem voorbeeld (verschil in fractie 0,6–4,8 mm 16 gew. %), waarbij op het vak met de betere structuur uitsluitend groenbemesters worden verbouwd. In het algemeen zijn de verschillen kleiner en is van een groenbemesting na een jaar aan de structuur niet veel meer te merken. Op het bovengenoemde bedrijf te Witteveen gaf onderploegen van een gewas spurrie na ong. 4 maanden een verhoging van de fractie bestendige aggregaten 0,6–4,8 mm van slechts 5 gew. %.

Het scheuren van grasland is ook als een vorm van organische bemesting te beschouwen. Betreft het oud grasland, dan wordt, behalve het nog niet of weinig ontlede materiaal van wortels en andere plantendelen, het in de loop der jaren opgepotte meer bestendige organische materiaal door de bouwvoor gemengd. Dit kan grote structuurverbeteringen geven, die lange tijd merkbaar blijven.

Zo vonden wij bv. op het bedrijf van J. Ecess te Woltersum in 1946 op een perceel in 1941 gescheurd oud grasland (afslibbaar 63,4%, humus 10,1%) voor de fractie 3,3–8,0 mm (grote bestendige aggregaten) 38 gew. %. Op een perceel oud bouwland op hetzelfde bedrijf (afslibbaar 67,5%, humus 5,4%) was de structuur aanmerkelijk slechter (fractie 3,3–8,0 mm : 63 gew. %).

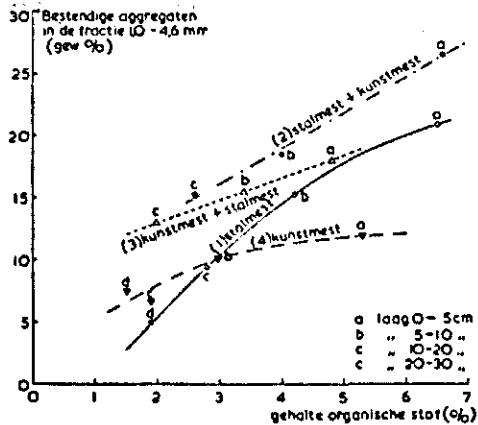


FIG. 8. BODEMSTRUCTUUR OP HET GRASLANDPROEFVELD WF 4 TE BUREN (AMELAND) IN AFHANKELIJKHEID VAN HET GEHALTE AAN ORGANISCHE STOF (OCTOBER 1948; ZANDGROND). Object 1: sinds 1899 alleen stalmest; Object 2: van 1899 tot 1943 alleen stalmest, daarna bovendien kunstmest; Object 3: van 1899 tot 1943 alleen kunstmest, daarna bovendien stalmest; Object 4: sinds 1899 alleen kunstmest.

Fig. 8. Influence of stable dung and fertilizers on the soil structure in the top layer of grassland on a sandy soil. Structure (as measured by the fraction water stable aggregates with sizes between 1,0 and 4,6 mm) plotted against humus content. Sampled Oct. '48.

Plot (1) received since 1899 only stable dung.

Plot (2) received from 1899 till 1943 only stable dung, since 1943 stable dung and fertilizers too.

Plot (3) received from 1899 till 1943 only fertilizers, since 1943 fertilizers and stable dung too.

Plot (4) received since 1899 only fertilizers.

The letters a, b, c and d are indicating the layers 0,5, 5-10, 10-20 and 20-30 cm below surface respectively.

Ook uit fig. 3 (grafieken 1 en 2) blijkt duidelijk de betekenis van de ouderdom van het gescheurde grasland voor de structuur.

Bij scheuren van een kunstweide krijgen wij ook een structuurverbetering, die echter hoofdzakelijk te danken is aan het inploegen van het min of meer vers organisch materiaal van de zoxle en daarom doorgaans slechts korte tijd merkbaar blijft. Deze vorm van organische bemesting is eigenlijk te beschouwen als een soort groenbemesting.

De invloed van het wisselbouwsysteem op de bodemstructuur wordt momenteel bestudeerd bij een aantal wisselbouwproefbedrijven van de Inspectie voor Weide- en Voederbouw.

Een bemesting met stalmest geeft doorgaans wel een structuurverbetering, die echter meestal niet groot is (verandering fractie < 0,3 mm ong. 5%). Ook de nawerking schijnt niet lang te zijn (ong. een jaar). Het gevolg is, dat de stalmestinvloed onder bijzondere omstandigheden door andere invloeden overheerst kan worden.

Zo vond FERWERDA op een serie proefvelden op zandgrond in de gemeenten Haren en Eelde (Pr 853-1947) hij van 0 tot 16 ton/ha toenemende gemiddelde jaarlijkse stalmestgiften een toename van de aggregaat-fractie < 0,3 mm van ong. 40 tot 80 gew. %, dus een

aanmerkelijke structuurverslechtering. Waarschijnlijk kan dit onverwachte resultaat grotendeels verklaard worden uit de met stijgende stalmestgift van ong. 5,8 tot 4,7 dalende pH.

In fig. 8 zijn de resultaten weergegeven van het structuuronderzoek op het nu opgeheven graslandproefveld WF 4 te Buren (Ameland), waarop bijna 50 jaar lang bemestingen met stalmest en kunstmest zijn vergeleken. Wij zien, dat op het stalmestveldje (object 1) de structuur in de laag 0-5 cm aanmerkelijk beter is dan op het kunstmestveldje (object 4), maar dat dit verschil naar grotere diepte afneemt en in de laag 20-30 cm zelfs omgekeerd is.

Zoals te verwachten is, vindt de structuurverbetering op grasland door stalmest vooral in de oppervlaktelaag plaats.

Door na 1943 de bemesting met alleen stalmest aan te vullen met een kunstmestgift blijft de structuur in de gehele laag 0-20 cm nog weer flink verbeterd te kunnen worden (object 2). Ook het geven van stalmest gedurende enkele jaren als aanvulling op een bemesting met uitsluitend kunstmest (object 3) geeft een structuurverbetering. Het structuurniveau van object 2 (stalmest + kunstmest) werd hierbij echter nog niet bereikt en in de laag 0-5 cm bleef de structuur nog iets minder dan die op het stalmestveldje (object 1).

De resultaten van tot dusver min of meer incidenteel verricht onderzoek over de invloed van V. A. M.-compost op de bodemstructuur zijn wisselend van geen invloed tot een flinke verbetering. De oorzaken hiervan zijn nog niet bekend. Mogelijk spelen de wisselende samenstelling van de compost en de structuurverbetering, die de minerale bestanddelen van de compost via het gewas kunnen veroorzaken een rol. Een uitvoerig en systematisch onderzoek over de invloed op de structuur van V.A.M.- en andere composten is gaande.

De structuur op een aantal overgebleven proefvelden van de interprovinciale serie met stabiele humus wordt geregeld vervolgd. Hoewel de verschillende percelen nog steeds zeer verschillend reageren, bestaat er, nu het preparaat langzamerhand beter door de (zware) grond gemengd wordt, de tendenz tot een structuurverbetering.

##### 5. DE BETEKENIS VAN ORGANISCHE STOF VOOR HET BESTRIJDEN VAN WINDEROSIE.

Een op de grond liggende losse zandkorrel van 0,5 mm diameter wordt juist in beweging gebracht bij een windsnelheid, die herleid op 10 m hoogte, ong. 16 km/uur bedraagt (3). Hieruit kan men afleiden (13), dat een op een vlak oppervlak liggend aggregaat van 3 mm diameter pas in beweging zou komen bij een (niet voorkomende) windsnelheid van ong. 400 km/uur op 10 m hoogte. Nu liggen om verschillende redenen, waarop hier niet nader kan worden ingegaan, de grenssnelheden voor deeltjes en aggregaten in een bodemoppervlak lager. CHEPIL (2) vond echter bij windtunnelproeven met verschillende aggregaatfracties, dat aggregaten van 3 mm diameter pas gaan stuiven bij een windsnelheid van 120 km/uur op 10 m hoogte, d.i. een orkaan. De in de grond voorkomende fijnere losse delen bleken aan het oppervlak eerst uit te stuiven, waarna de grotere aggregaten als het ware het oppervlak stabiliseerden.

Hieruit blijkt reeds de grote betekenis van de aanwezigheid in de bouwvoor van een voldoende hoeveelheid bestendige aggregaten van een paar mm diameter. Dit werd door het verstuiwingsonderzoek in Z.O.-Groningen (12) bevestigd. De niet stuivende percelen bleken daarbij gemiddeld 13 gew. % meer bestendige aggregaten in de fractie 0,3-8,0 mm te bezitten dan de stuivende. Ook bij een vergelijking van twee wel met twee niet stuivende percelen op de proefboerderij in Borgercompagnie werd een dergelijk verschil (11 gew. %) gevonden.



De betekenis van organische stof voor het bestrijden van winderosie is dus dezelfde als de betekenis van organisch materiaal voor de bodemstructuur, welke in het voorgaande reeds werd besproken. Daar bij de bestrijding van winderosie maatregelen ter structuurverbetering zowel de algemene bodemvruchtbaarheid verhogen als de verstuiving van het bodemoppervlak tegengaan, dient aan deze bestrijdingsmethoden in de eerste plaats aandacht te worden besteed. Zo nodig kunnen zij worden aangevuld met maatregelen ter beperking van de windsnelheid.

**SUMMARY : THE INFLUENCE OF ORGANIC MATTER ON SOIL STRUCTURE AND WIND EROSION.**

Soil structure can be considered as the result of a cooperation of binding forces (obtained by organic cements, clay minerals, roots, root hairs, mycelium) and resolving forces (obtained by climate, cultivation, soil fauna etc.) acting on the soil. Organic matter in the soil strengthens the binding forces in light soils and weakens them in heavy soils (fig. 3), thus ameliorating soil structure in both cases.

Among the manifold kinds of soil organic matter two groups are important in genesis of soil structure: the unstable binding agents (gums formed by microbiological activities, bacteria and fungi) and the more stable organic cements (humus). This is illustrated by fig.'s 5 and 6. At one and the same humus content a whole range of different soil structures was obtained. The humus content determines the lower limit (poorest structure which is possible) of this range and this limit rises with increasing humus content. Besides fig. 5 shows the difference between the binding actions of the organic matter in sandy soils and reclaimed peat soils.

As is shown by several scientists the increase of unstable binding agents during the decay of organic materials in the soil, followed by a decrease of these agents in consequence of their microbiological decomposition induces an amelioration, followed by a deterioration of soil structure. The influence of this process on the results of a wet sieving analysis is shown by fig.'s 1 and 2. The course of soil structure after an organic manuring depends on the state of decay of the organic material brought into the soil and on its mass. Green manuring gives in a few months a considerable amelioration of soil structure, which however disappears in about a year. The favourable influence of stable dung can be observed during rather more than one year. The chances are that a good compost ameliorates soil structure during some years.

To stabilize or to raise a structure level the soil needs a periodical organic manuring. Nature gives such a manuring by means of the roots and stubbles of yielded crops on arable land and by means of the died parts of plants on grassland. Thus a rotation with a great frequency of crops which leave only little organic matter in the soil (potatoes, beets) yield a poorer structure than rotations with a smaller number of these crops (fig. 7). All factors influencing plant growth affect indirectly soil structure, e.g. depth of the ground water level (table 1), soil acidity, fertilizing on poor soils, plant diseases etc. Soil structure of grassland seems to ameliorate during the first and sometimes during the second and third year after sowing, then it seems to deteriorate and after about the ninth year again to ameliorate (see for the first phase table 2).

Manuring only with stable dung on grassland (sandy soil) during a 50 years period gives rise to a better soil structure in the layer 0-20 cm below surface than use of only fertilizers (fig. 8). Much better structures were obtained however by manuring with stable dung and fertilizers too. As contrasted with this common result fig.'s 4a and 4b show the favourable influence of a manuring with only fertilizers on grassland during a 50 years period in comparison with the use of only stable dung. On the concerning sandy clay soil (rich in humus) the stable dung seems to advance the forming of very stable aggregates, which are only of little importance for plant growth.

It is pointed out that amelioration of soil structure (increase of the sizes of water stable aggregates on light soils) is an important weapon in the battle against wind erosion.

**LITERATUUR.**

1. BROWNING, G. M. and F. N. MILAM: Effect of different types of organic materials and lime on soil aggregation. *Soil Sci.* 57 (1944) 91-106.
2. CHEPIL, W. S.: Relation of winderosion to the dry aggregate structure of a soil. *Sci. Agric.* 21 (1940/'41) 488-507.

3. — — and R. A. MILNE : Comparative study of soil drifting in the field and in a wind tunnel. *Sci. Agric.* 19 (1938/'39) 249-257.
4. GEL'TSER, F. YU. : The formation of a stable soil structure. *Dokl. Akad. S.-Kh. Nauk.* 3 (1943) 38-40.
5. GEOGHEGAN, M. J. and R. C. BRIAN : Aggregate formation in soil. *Biochem. Journ.* 43 (1948) 5-14.
6. KROTH, E. M. and J. B. PAGE : Aggregate formation in soils with special reference to cementing substances. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 11 (1946) 27-34.
7. Mc CALLA, T. M. : Influence of micro-organisms and some organic substances on soil structure. *Soil Sci.* 59 (1945) 287-297.
8. Mc HENRY, J. R. and M. B. RUSSELL : Microbial activity and aggregation of mixtures of bentonite and sand. *Soil Sci.* 57 (1944) 351-357.
9. MARTIN, J. P. : Micro-organisms and soil aggregation. *Soil Sci.* 59 (1945) 163-174 en 61 (1946) 157-166.
10. — — and B. A. CRAGGS : Influence of temperature and moisture on the soil aggregating effect of organic residues. *Journ. Amer. Soc. Agron.* 38 (1946) 332-339.
11. PEERLKAMP, P. K. : Het meten van de bodenstructuur. *Landbouwk. Tijdschr.* 60 (1948) 321-338.
12. — — : Bodestructuur en winderosie in Z.O.-Groningen. *Maandbl. Landbouwoorld.* 5 (1948) 512-518.
13. — — : Onderzoekingen over de betrekking tussen behandeling en eigenschappen van de grond en het verstuiven. *Notulen vergadering „Stuivende gronden”, Utrecht, 11 Mei 1949 (stencil).*