

631.86
631.872

21676

ORGANISCHE STOF EN HUMUS

Ir. JAC. KORTLEVEN

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen

BIBLIOTHEEK
INSTITUUT VOOR
BODEMYRUCHTBAARHEID
GRONINGEN

ORGANISCHE STOF EN HUMUS

Ir. JAC. KORTLEVEN

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen

1. HET HUMUSGEHALTE IN NEDERLAND

Aan de hand van de talrijke analyses verricht door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (zie „Grondonderzoek” (8) pag. 25), blijkt dat als regel het humusgehalte zich beweegt rond 4 %. Uitzonderingen vormen dalgronden, esgronden en de in (8) niet vermelde tuinbouwgronden, die alle een hoger percentage te zien geven; het humusgehalte van de graslanden komt, als men de humusvoorraad in de zode betreft op een laag, overeenkomende met de bouwvoordikte bij de akkerbouw, op vrijwel hetzelfde bedrag. Zo komen recente gegevens van het Bedrijfslaboratorium (eind 1958), welwillend medegedeeld door ir. F. H. B. VERMEULEN, voor 0,82 mln. ha akkerbouwgrond op precies 4 % (zonder veen- en dalgrond).

Als gemiddelde bij de gangbare wijzen van bedrijfsvoering in Nederland zijn dus humusgehalten van ca. 4 % te verwachten.

2. DE PRODUKTIVITEIT ALS FUNCTIE VAN HET HUMUSGEHALTE

Het humusgehalte is variabel. Het gaat er nu maar om, of het zin heeft het humusgehalte te wijzigen, en zo ja, in welke richting, of m.a.w. wat het optimale humusgehalte is.

Twee voorbeelden zijn weergegeven in (3). Beide zijn verkregen met behulp van de polyfactoranalyse. In het eerste gegeven, dat van FERRARI bij rivierkleigronden, ziet men het optimum (wat opbrengst van aardappelen betreft) liggen bij 7 % humus.

In het tweede voorbeeld liggen de optima hoger. Dit laatste echter is er een uit een hele verzameling (in de jaren 1947-1952 opgenomen en bewerkt door de Afdeling Onderzoek van de Cultuurtechnische Dienst en welwillend afgestaan). In dit materiaal ligt het optimum voor bouwland gemiddeld op 8 %, variërende onder invloed van de dikte van de humushoudende laag, structuur, diepte van leem- of veenlagen, grondwaterstand en andere (doch *steeds vochtfactoren*) van 2 tot 17 %. Een zeer belangrijke functie van humus blijkt in dit materiaal een regulering van de vochtvoorziening te zijn, wanneer andere factoren daarin tekortschieten. Dit heeft tevens tot gevolg, dat er een *optimaal humusgehalte* bestaat en dat daarboven de produktiviteit daalt: dan is er teveel vocht.

Het optimum ligt dus in niet te extreme gevallen van vochtvoorziening anders dan door de humus zelf, in de buurt van 7 à 8 %, en vrij ver boven het bestaande niveau, zelfs ongeveer 2 × zo hoog.

Bij FERRARI bedroeg de hogere produktie 2,5 ton aardappelen bij een 3 % hoger humusgehalte. VISSER geeft in de weinige gevallen, waarin de werkelijke opbrengsten vermeld worden, meeropbrengsten van 480 kg rogge, 1000 kg haver en 12 ton bieten bij humusgehalten die resp. 4, 6 en 4 eenheden hoger liggen. Deze vier waarden (van FERRARI en VISSER) bedragen gemiddeld per % humus resp. 800 kg aardappelen,

120 kg rogge, 160 kg haver en 3 ton bieten*, of uitgedrukt in % van de opbrengst bij het optimale humusgehalte 2 - 5 - 6 - 5 %. Het gemiddelde van deze bedragen is 4,5 %.

Wij zijn ons er zeer wel van bewust, dat het onderzoek erop gericht zal moeten zijn om meer materiaal aan te dragen tot versteviging en zo nodig verbetering dan wel verfijning van dit gemiddelde. Niettemin is het het beste getal waarover wij thans beschikken, zodat wij ons gerechtigd achten het te hanteren. Hierbij wordt in het midden gelaten langs welke weg de opbrengstverhoging tot stand komt, of dit geschiedt door de functie van de humus als vochtreguleator, als ionenbuffer, als geleidelijk voedingsstoffen afstaand milieu, dan wel als een combinatie van deze en andere functies.

Het komt er nu op aan om te zien of het doelmatig en rendabel is ernaar te streven het humusgehalte te verhogen door intensievere voorziening met organische stof.

3. VERHOOGING VAN HET HUMUSGEHALTE

Het verband tussen aanvoer van organische stof en humusgehalte wordt weergegeven door de formule

$$\log \frac{K_1 x - K_2 y_0}{K_1 x - K_2 y} = 0,4343 K_2 t$$

In deze formule betekent

- x de per jaar aangevoerde hoeveelheid droge organische stof
- y het humusgehalte na tijd t
- y₀ het aanvangshumusgehalte
- t de tijd in jaren
- K₁ de humificatiecoëfficiënt
- K₂ de afbraakcoëfficiënt
- e het grondtal der natuurlijke logaritmen.

De grootheden x, y en y₀ moeten alle zijn uitgedrukt in dezelfde maat, welke mag zijn gewichtsprocenten van de grond, of absolute gewichtshoeveelheden per ha.

De humificatiecoëfficiënt geeft aan welk gedeelte van de aangevoerde hoeveelheid organische stof binnen een jaar gehumificeerd wordt. De afbraakcoëfficiënt geeft de snelheid van afbraak van de humus in de grond aan.

Het is hier niet de plaats aan te geven hoe deze formule tot stand is gekomen. Dit zal in een toekomstige publikatie moeten geschieden. Haar globale juistheid is evenwel getoetst aan een grote hoeveelheid materiaal, ook van derden. Een voorbeeld daarvan is destijds weergegeven in (6). Ook WISSELINK geeft een fraaie illustratie in (9), fig. 10.

Voor Nederlandse omstandigheden is gevonden K₁ = 0,4 en K₂ = 0,02.

Een speciaal geval treedt op als t zeer groot wordt (in de limiet oneindig groot). Dan gaat de formule over in

$$y = \frac{K_1}{K_2} x = \frac{0,4}{0,02} x = 20 x$$

* Dit evenredigstellen is natuurlijk niet juist, gezien het feit, dat het verband wordt weergegeven door een kromme lijn. In feite is de opbrengstverhoging per % humus groter, naarmate het humusgehalte lager is, om ten slotte bij het optimum 0 te worden.

Dat wil zeggen dat, als men maar lang genoeg doorgaat met een zeker peil van organische-stofvoorziening, men uiteindelijk komt op een voorraad humus in de grond, die gelijk is aan $20 \times$ de jaarlijkse (of gemiddeld jaarlijkse) aanvoer van droge organische stof, en zulks ongeacht de uitgangstoestand.

Een ander speciaal geval is, dat de aanvoer $x = 0$. Dit kan alleen maar optreden bij onbebouwde grond. In dit geval gaat de formule over in

$$\log \frac{y_0}{y} = 0,4343 K_2 t$$

Is in dit geval bovendien t zeer groot, dan nadert y tot 0. Ook dit gebeurt asymptotisch.

Als men uitrekent hoe het humusgehalte van een grond met 4 % humus en een bouwvoorgewicht van 2 mln. kg zich wijzigt na gedurende 10 jaar voorzien te zijn met 20 ton stalmest per jaar, dan levert de formule 4,35 % op (onder aanname, dat er steeds een gemiddelde jaarlijkse aanvoer is van 3 ton droge organische stof in wortels en stoppels). Het is duidelijk dat een dergelijk klein verschil moeilijk analytisch aan te tonen is, wat dan ook geleid heeft tot de veel verbreide mening, dat stalmest geen humus vormt, maar restloos omgezet wordt. Intussen vertegenwoordigt de stijging met (0,35 %) 7000 kg humus, of 25 % van de in de 200 ton stalmest aanwezige organische stof. Deze 25 % vormen een getal, dat bij nauwkeuriger onderzoek steeds gevonden wordt, ook door WISSELINK b.v. in (9). Het is overigens duidelijk, dat dit getal slechts gevonden kan worden als men zich vrij ver beneden het optimale humusgehalte bevindt; bij het optimum moet het tot 0 naderen, daar er dan niets overblijft, omdat in de evenwichtstoestand aanvoer en afbraak elkaar in evenwicht houden.

Gaat men zeer lang door met bovengenoemde voorziening met 20 ton stalmest per jaar, dan wordt het humusgehalte uiteindelijk 6 %. De tijd, die hiervoor nodig is, is weliswaar wiskundig oneindig groot. Een gehalte van 5,9 % (even beneden het evenwicht) wordt volgens de formule bereikt in 150 jaar. Dit demonstreert de lange periode die met deze processen gemoeid is. Omgekeerd zijn even lange perioden nodig om na daling van de voorziening met organische stof op een nieuw en lager evenwicht te komen.

4. MIDDELEN TER VERHOOGING VAN HET HUMUSGEHALTE

In het bovenstaande werd steeds stalmest genomen als voorbeeld van een bron van organische stof. Het is evenwel niet nodig en zelfs niet wenselijk, uitsluitend stalmest naast wortels en stoppels te gebruiken. Daar uitsluitend en jarenlang gebruik van eenzelfde organische meststof kan leiden tot schadelijke accumulaties is een zo groot mogelijke spreiding in de keuze der organische meststoffen in de loop der jaren gewenst. Dit brengt een meer universele aanvoer van voedings- en sporenelementen en andere groeifactoren mee.

Gebruik van uitsluitend stalmest zou trouwens ook al onmogelijk zijn vanwege de beperkte beschikbaarheid ervan.

Er zal dus gebruik gemaakt moeten worden van alle beschikbare middelen, zoals

stalmest, compost (van bedrijfsafval zowel als van stadsvuil), stro, groenbemesting, kunstweide, vruchtwisseling met veel gewassen die veel wortel- en andere plantenresten produceren e.d.

Van bijzonder belang zijn de middelen die binnen het bedrijf kunnen worden uitgevoerd (al zijn die, waarmee ingrijpende wijzigingen in de bedrijfsvoering gepaard gaan, zoals omschakeling van zuiver akkerbouw op gemengd bedrijf, vaak minder aantrekkelijk).

Een speciale plaats nemen die middelen in, welke van buiten het bedrijf kunnen worden aangekocht, zoals b.v. stadsvuilcompost, daar deze het minst storend inwerken op de bedrijfsvoering. Zij zijn evenwel relatief steeds duurder, daar zij niet tegen kostprijs gewaardeerd kunnen worden, doch tegen inkoopsprijs – waarin de winst der leveranciers is begrepen – en als regel zware transportkosten.

Alle middelen hebben nog dit bezwaar gemeen, dat het voordeel van een verhoogd humusgehalte eerst na tientallen jaren merkbaar wordt. In de aanloopperiode moeten de kosten goedge maakt worden door directe plantenvoedende werking („korte-termijneffecten”). Is dit niet het geval, dan zou een subsidie van overheidswege hun gebruik mogelijk kunnen maken, indien men prijs stelt op een verhoging van de produktiviteit onzer cultuurgronden. Immers, het is niet te verwachten dat vele ondernemers zich gedurende een groot aantal jaren uitgaven zullen willen of kunnen getroosten, die hun nuttig effect eerst na b.v. een halve eeuw zullen manifesteren.

Voortgezet onderzoek zal ertoe moeten bijdragen 1) de meest effectieve middelen tot verhoging der humusgehalten te vinden, en 2) vooral die welke direct, ook in de aanloopperiode, het meest rendabel zijn. Wat het eerste betreft zij opgemerkt, dat de formule met de daarin voorkomende grootheden toegepast is, alsof het reeds vaststond, dat zij voor alle middelen tot voorziening der gronden met organische stof (en voor alle gronden) gelijkelijk zouden gelden (evenals trouwens stilzwijgend aangenomen is, dat alle gewassen gelijkelijk op het humusgehalte zouden reageren).

Hier wordt m.a.w. de vraag gesteld of een ton organische stof, in welke vorm dan ook, op gelijke wijze zal bijdragen tot humusverrijking. Hoewel het voorhanden zijnde materiaal er wel duidelijk op wijst, dat dit, wat de orde van grootte betreft, voor de in zwang zijnde organische meststoffen en bij de organische stof aanvoerende werkwijzen wel het geval is, is het aannemelijk, dat verdere verfijning en differentiëringen mogelijk zullen zijn.

Wat het tweede punt betreft, aan deze kwestie is reeds veel gewerkt. Van verschillende organische meststoffen zijn gehalten aan en werkingscoëfficiënten van voedings-elementen bekend. De geleidelijke werking van organische meststoffen is voor de stikstofwerking van stalmest door KORTLEVEN aan een uitvoerig onderzoek onderworpen. Een viertal publikaties hierover is reeds verschenen (7) en enkele zullen spoedig volgen. Het geleidelijk ter beschikking komen van N werd hier aangetoond en vervolgd in zijn effect op de aardappel. Deze stikstof blijkt ondanks lage, absolute opname zeer effectief. Hiermede hangen samen verschijnselen op fysiologisch terrein als afsterving, vochtgehalte, verhouding korrel-stro, verhouding loof-knol enz.

Daar al deze werkingen, samengevat onder „werkingen op korte termijn”, het gebruik van organische bemesting mogelijk moeten maken in de aanloopperiode, dus

vóór het zuivere effect van een verhoogd humusgehalte als zodanig (de „werkingen op lange termijn”) zich ten volle kan uiten, is ook hun kennis van groot belang.

Dit soort onderzoekingen zou moeten worden uitgevoerd voor alle genoemde middelen tot verhoging van het humusgehalte, voor andere elementen dan stikstof en voor andere gewassen dan de aardappel. De door KORTLEVEN uitgewerkte methode is ook hiervoor bruikbaar.

5. DE RENTABILITEIT

Teneinde enig inzicht te krijgen in de rentabiliteit zij een ruwe berekening opgesteld aan de hand van het in par. 4 gegeven voorbeeld, waarin in 50 jaar het humusgehalte werd verhoogd van 4 tot 8 % door stalmestgiften van gemiddeld 50 ton per jaar.

Gemiddeld over deze 50 jaar is de opbrengstverhoging 12 % per jaar (lopende van 0 % bij het begin tot 18 % na 50 jaar). Zij de bruto-opbrengst der gewassen f 1500,— per ha per jaar, dan bedraagt de waardevermeerdering f 180,— per jaar of f 3,60 per ton stalmest (d.i. 2½ cent per kg droge organische stof). Vermeerderd met de waarde der plantenvoedende bestanddelen in stalmest ad f 5,— per ton, komt het totaal op f 8,60 (N.B. WISSELINK (9) kwam in een 20-jarige proef hiervoor op f 10,—).

Als de 50 jaar om zijn en het optimum is bereikt — waarna men evenwel met dezelfde giften moet doorgaan om het optimum te handhaven — is de opbrengstverhoging 18 % of f 270,—, d.i. f 5,40 per ton. Daar inmiddels de grootte der korte-duur-effecten wel zal zijn verminderd, zal men ook dan iets beneden de f 10,— blijven. Een ander, dichter bij de praktijk staand voorbeeld is het eveneens in par. 4 vermelde geval, waar naast gem. 3 ton wortels en stoppels toegediend wordt 20 ton stalmest gemiddeld per jaar (of de daarin aanwezige 3 ton org. stof in de vorm van een andere organische meststof of voorziening met org. stof) en waarbij wederom is uitgegaan van 4 % humus.

In 150 jaar is een humusgehalte bereikt van (bijna) 6 %, of een opbrengstverhoging van 9 %. Gemiddeld over deze 150 jaar bedraagt de verhoging van de opbrengst 6 %. Evenals in het vorige voorbeeld de bruto-opbrengst der gewassen stellende op f 1500,—, vertegenwoordigden de 6 % een waarde van f 9,— per jaar, of f 4,50 per ton indien stalmest wordt gebruikt (= 3 cent per kg organische stof). Tezamen met f 5,— voor minerale bestanddelen in de stalmest komen wij thans op f 9,50 per ton stalmest.

In beide voorbeelden zit in de berekende waarden nog een ruime veiligheidsmarge, doordat de vruchtbaarheid, dus de waarde van de grond, is gestegen; dit kan zich b.v. daarin uiten, dat als men na de 50 resp. 150 jaren plotseling ophoudt met de toevoeging van de extra organische stof, toch nog vele jaren een verhoogde opbrengst verkregen zal worden, maar dan zonder enige extra uitgave (slechts enkele kosten voor het oogsten en verwerken van méér produkt).

Deze beide voorbeelden zijn uiteraard slechts bedoeld om aan te geven hoe de rentabiliteit der verschillende middelen te beoordelen valt; zij zijn niet bedoeld als advies tot bemesting met stalmest.

Wij hopen echter duidelijk te hebben gemaakt, dat langs deze weg zowel het onderzoek inzake de organische stof als de adviesbasis voor de praktijk een stevig fundament heeft verkregen.

ORGANISCHE STOF EN HUMUS

LITERATUUR

1. DIVERSE AUTEURS, Bulletin du Centre International des Engrais Chimiques. Numero Special, oct. 1954.
2. KORTLEVEN, JAC., Richtlijnen van het compostonderzoek. *T.N.O.-Nieuws* (1949).
3. ———, Soil Organic Matter and Plant Growth. Trans. V Int. Congr. Soil Sci. Leopoldstad (1954) III, 160-165.
4. ———, De voorziening van de grond met organische stof voorheen en thans. *Landbouwk. Tijdschr.* 66 (1954) 2.
5. ———, De invloed van bekalking op het humusgehalte. *Landbouwk. Tijdschr.* 67 (1955) 1.
6. ———, Verbetering van droge gronden zonder wateraanvoer door middel van humusvoorziening. *Landbouwk. Tijdschr.* 66 (1954) 9.
7. ———, De stikstofvoeding van de aardappel door middel van stalmest en van kunstmest. I. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 63. 19 (1957). II. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 65. 1 (1959). III. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 65. 17 (1959). IV. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 65. 19 (1959).
8. VRIES, O. DE en F. J. A. DECHERING, Grondonderzoek, 1948.
9. WISSELINK, G. J., Verslag van een vijftienjarige proef met stalmest en stoppelgewassen op een oude esgrond te Heino. Rapport V - 1958 I.B.

Groningen, januari 1961